

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

*Посвящается
100-летию гражданской авиации России*

ЗАВАЛИШИНСКИЕ ЧТЕНИЯ'23

XVIII Международная конференция
по электромеханике и робототехнике
18–19 апреля 2023 г.

Молодежная секция

Сборник докладов



Санкт-Петербург
2023

- 3-13 Завалишинские чтения'23: XVIII Международная конференция по электромеханике и робототехнике (СПб., 18–19 апреля 2023 г.). Молодежная секция: сб. докл. СПб.: ГУАП, 2023. 271 с.

ISBN 978-5-8088-1851-4

Помещенные в сборник доклады отражают весь спектр направлений научных работ, проводимых институтом киберфизических систем: от проектирования отдельных элементов и устройств, технологий их создания, решения вопросов диагностики и разработки прикладного программного обеспечения до построения сложных систем и комплексов, различных по своему функциональному назначению.

Оргкомитет конференции

Председатель оргкомитета конференции

Ю. А. Антохина – доктор экономических наук, профессор, ректор ГУАП

Председатель программного комитета

В. Ф. Шишляков – доктор технических наук, профессор, проректор по образовательным технологиям и инновационной деятельности ГУАП

Члены программного комитета:

С. В. Беззатеев – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой информационной безопасности ГУАП

М. Б. Сергеев – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой вычислительных систем и сетей ГУАП

С. В. Солёный – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой электромеханики и робототехники, директор Инженерной школы ГУАП

А. Ф. Супрун – кандидат технических наук, доцент, заместитель директора института кибербезопасности и защиты информации СПбПУ

Д. В. Титов – доктор технических наук, доцент, проректор по науке и международной деятельности ЮЗГУ

Н. Б. Филимонов – доктор технических наук, главный научный сотрудник Института проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, заместитель заведующего кафедрой, профессор МГУ им. М. В. Ломоносова, профессор МГТУ им. Н. Э. Баумана

Е. А. Фролова – доктор технических наук, доцент, директор института фундаментальной подготовки и технологических инноваций, главный редактор научного журнала «Инновационное приборостроение» ГУАП

М. И. Хакимьянов – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой электротехники и электрооборудования предприятий, главный редактор научного журнала «Электротехнические и информационные комплексы и системы» УГНТУ

Л. И. Чубраева – доктор технических наук, член-корреспондент РАН, заведующая лабораторией электроэнергетики ИЭЭ РАН, главный научный сотрудник Института химии силикатов им. И. В. Гребенщикова РАН

В. А. Ямищikov – доктор технических наук, член-корреспондент РАН, руководитель научного направления электроразрядной лазерной техники ИЭЭ РАН

С. Ф. Яцун – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой механики, мехатроники и робототехники ЮЗГУ

УДК 001.08
ББК я73

ISBN 978-5-8088-1851-4

© Санкт-Петербургский государственный
университет аэрокосмического
приборостроения, 2023

УДК 658.512.2

С. И. Антоненко

ученица 11-го класса школы № 47

Р. В. Дынник, А. А. Петров – студенты кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители

ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Введение

Поясняется понятие и раскрываются задачи топологической оптимизации, применение этого метода в концепции аддитивного производства, роль последней в решении современных технологических задач. Рассматривается несколько частных случаев топологической оптимизации, прогнозируется развитие данного метода.

Топологическая оптимизация является одним из основополагающих компонентов аддитивного производства (рис. 1) [1]. Аддитивные технологии – актуальное направление промышленности, это метод создания объекта путем послойного наращивания исходного материала. Аддитивное производство осуществляется на основании трехмерной модели, созданной с помощью программных алгоритмов, и имеет различные технологии изготовления.

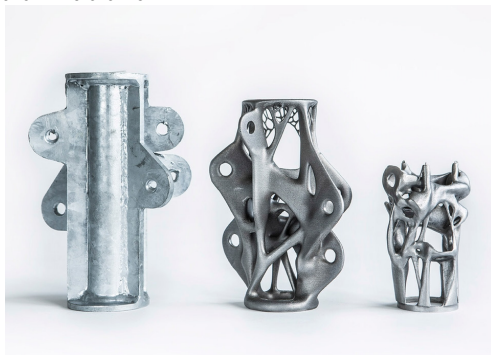


Рис. 1. Традиционный узел и его дальнейшее усовершенствование путём топологической оптимизации и 3D-печати металлом

Определение терминов

Топология – раздел математики, изучающий параметры геометрических тел при непрерывных обратимых деформациях. Непрерывными называются деформации, не нарушающие целостности первоначального тела.

Топологическая оптимизация – математический метод, реализуемый в программных пакетах, посредством которого осуществляется оптимизация детали для дальнейшего производства с применением аддитивных технологий. Задача топологической оптимизации заключается в распределении материала таким образом, чтобы увеличить прочность конечной модели и уменьшить ее массу [2].

Историческая справка

Первые идеи о предмете топологии появились в начале XIX в. Предпосылки развития нового раздела математики обосновал в своих записях великий немецкий математик Карл Фридрих Гаусс. В 1847 г. его ученик Иоганн Листинг впервые ввел термин «топология» [3]. В 1960-х гг. впервые появился термин «топологическая оптимизация». [4] Но интерес к этой теме возник в лишь в 2000–2010-х гг., когда аддитивные технологии стали постепенно внедряться в производство [5].

Виды топологической оптимизации

1. Генеративный дизайн – частный случай топологической оптимизации (рис. 2). Его технология основана на применении программного обеспечения, способного самостоятельно без участия конструктора генерировать трехмерные модели, отвечающие заданным условиям [6].

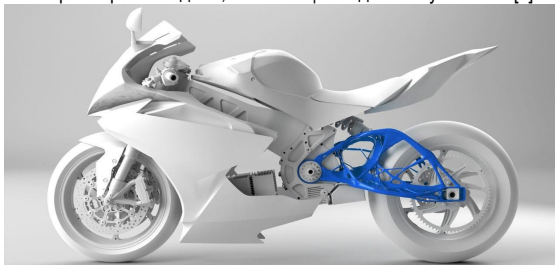


Рис. 2. Деталь мотоцикла, изготовленная с помощью генеративного дизайна

2. Естественная оптимизация [7]. При ряде физически значимых условий естественная эрозия работает как жесткий метод оптимизации формы (рис. 3). На сегодняшний день существуют инструменты для реалистичного моделирования физически допустимых эрозионных форм.



Рис. 3. Естественная оптимизация камня

Методы топологической оптимизации

1. Двухнаправленная эволюционная структурная оптимизация.

Метод позволяет не только удалять материал, но и добавлять его там, где это необходимо, что позволяет добиться наиболее эффективной структуры [8]. Но есть некоторые ограничения: нельзя применять для оптимизации формы тех деталей, на которые действуют тепловые нагрузки [9].

2. Эволюционная оптимизация конструкций.

Метод основан на определении уровня напряжений в конструкции и удалении материала из мест с наименьшим напряжением. После удаления снова происходит анализ, по результатам которого решается оставить изменение в силе или отменить вырезание. Данный метод относительно прост в реализации, что является преимуществом для задач оптимизации топологии с участием сложных физических процессов, например для создания оптимальной конструкции материалов на микро- и наномасштабах [8]. Однако удаленный на ранних итерациях материал может быть полезен на последующих, но данный метод не подразумевает его восстановления [10].

Программы для топологической оптимизации

С точки зрения реализации программного обеспечения оптимизация топологии была встроена в модуль большинства коммерческих CAD/CAE-систем (компьютерное проектирование и инженерный расчет соответственно). К таким системам относятся OptiStruct от Altair Hyper-Works, ANSYS, MSC Nas-

tran, Altair Inspire (рис. 4). В этих программах создается модель и задаются ее характеристики для дальнейшего изготовления с помощью различных методов аддитивного производства.

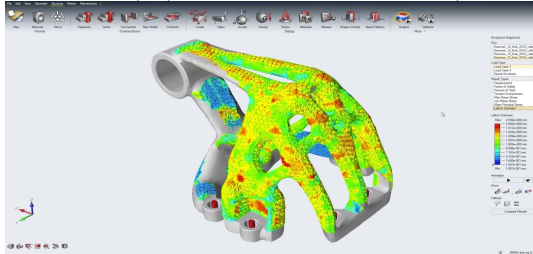


Рис. 4. Оптимизация топологии в программе Altair Inspire

Технология топологической оптимизации. Методы производства

Продукт топологической оптимизации может быть изготовлен с использованием аддитивных производственных процессов. Методы аддитивного производства на данный момент постоянно совершенствуются и могут создавать детали из разных материалов со сложной геометрией. Каждый метод будет налагать различные производственные ограничения на топологию и геометрию элементов, а также на то, как будет происходить производственный процесс при их создании.

1. 3D-печать.

Это процесс создания объекта на основе цифровых моделей путем послойного наращивания материала (рис. 5). 3D-печать сыграла важную роль в развитии оптимизации топологии. Без аддитивных технологий практически невозможно создавать сложные структуры, она предлагает эффективный способ создания топологически оптимизированных продуктов с минимальными потерями или без них. Помимо пластиков (PLA, PETG, ABC), используется множество различных материалов, включая прочные и тугоплавкие, например нейлон, титан и сталь. У 3D-печати много преимуществ, но технология не обходится без ограничений, например низкая скорость создания моделей, высокая стоимость самого принтера.

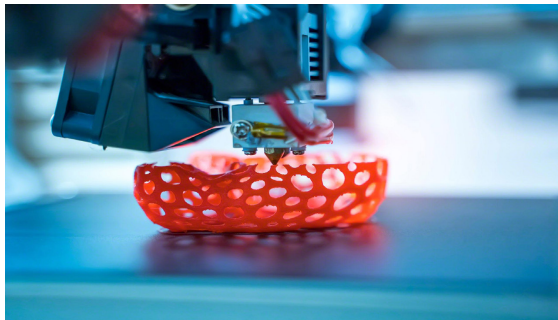


Рис. 5. Процесс создания объекта путем 3D-печати пластиком

2. Метод послойного селективного лазерного спекания объемных изделий из порошков (рис. 6).

Селективное лазерное спекание порошков позволяет изготавливать изделия из достаточно широкого спектра материалов (металлы, керамика, порошкообразные пластики и др.). Сейчас технология спекания лазером порошка доступна в двух вариациях. В первом случае лазер спекает пластиковый порошок, во втором – металлический порошок. Принцип производства один: лазер спекает или сплавляет материал. Разница заключается в мощности используемого лазера, а также в том, что металлы при нагреве окисляются под действием кислорода, поэтому требуется создание особой среды (инерт-

ный газ, вакуум), предотвращающей это окисление и, соответственно, снижение прочностных характеристик [11].

При данном методе возможно одновременное спекание нескольких видов порошков, так варьируются характеристики конечного продукта. Эта технология применяется как в машиностроении, так и в медицине: возможно создание структуры, приближенной к структуре кости.



Рис. 6. Имплантат, созданный методом лазерного спекания порошков

3. Лазерная резка.

Также может использоваться в качестве производственного процесса для продуктов топологической оптимизации (рис. 7). Осуществляется на станках с ЧПУ (числовым программным управлением). Это автоматизированные станки-роботы, которые могут производить операции по заданной программе без непосредственного участия человека. С помощью этого метода возможно вырезать сложные формы с предельной точностью. Лазерная резка может использоваться для нескольких различных материалов (металлы, дерево, акрил, МДФ) [12].



Рис. 7. Процесс лазерной резки по металлу

Топологическая оптимизация в производстве

Аэрокосмическая, медицинская и автомобильная отрасли промышленности активно используют методы топологической оптимизации. Хотя в этом случае производство деталей может быть более дорогостоящим, у них есть важные преимущества. Например, протезы, созданные по индивидуальным особенностям строения кости пациента, в тех случаях, где невозможно применить традиционные методы протезирования.

1. Аэрокосмическая промышленность.

Топологическая оптимизация помогает детально проанализировать компоненты самолета, чтобы отсечь лишнюю массу компонентов (рис. 8). Те же преимущества применимы к спутникам и ракетам.



Рис. 8. Деталь турбины самолета, созданная методом аддитивных технологий

2. Медицина.

Топологическая оптимизация позволяет создавать высокоэффективные имплантаты и протезы (рис. 9), детали, имитирующие плотность и жесткость костей пациента. Кроме того, с помощью данного метода учитывается анатомия пациента, уровень активности спроектированной части и приложенная нагрузка. Оптимизация улучшает предел выносливости детали. Там, где это возможно, алгоритм заменяет сплошную структуру решеткой. Это снижение веса является огромным преимуществом для имплантатов и протезов. Но на 2023 г. продукты аддитивного производства в этой области редки, так как дороги и сложны в изготовлении.



Рис. 9. Имплант тазовой кости, созданный путем топологической оптимизации

3. Автомобильное производство.

Аддитивное производство изделий из стали позволило проектировать облегченные конструкции различных компонентов автомобилей, например шасси (рис. 10) [12].

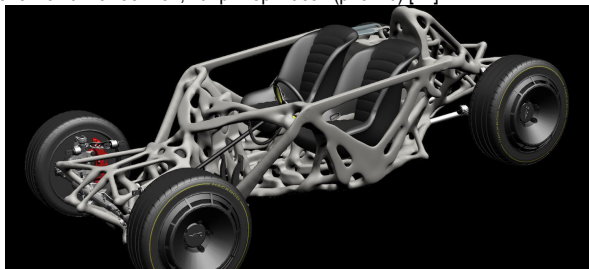


Рис. 10. Топологическая оптимизация шасси автомобиля

Генеративный дизайн используется инженерами и дизайнерами в автомобилестроении как способ поэкспериментировать с привычными компонентами автомобиля (рис. 11).



Рис. 11. Руль автомобиля в технологии генеративного дизайна

Проблемы топологической оптимизации

1. Производственные ограничения.

Конструкции, которые предлагает топологическая оптимизация, сложны в изготовлении. Учитывая, что аддитивное производство достаточно разнообразно с точки зрения того, что оно может производить, все же необходимо проверить технологичность до окончательной доработки конструкции.

2. Высокая стоимость.

В последнее время стоимость аддитивного производства снизилась, но она по-прежнему на ступеньку выше традиционных методов производства, таких как литье под давлением. Обслуживание оборудования для аддитивного производства требует средств и квалифицированных работников. Поэтому стоит рассматривать соотношение затрат и выгод в каждом конкретном случае [12].

Перспективы

Интерес к топологической оптимизации растет по мере инноваций аддитивного производства. Наибольшее распространение она получила в аэрокосмической промышленности, самолетостроении и машиностроении. Именно в этих областях промышленности применяются разнообразные методы оптимизации. Ведутся исследования по упрощению технологии топологической оптимизации и ее широ-

кому внедрению в другие отрасли, например медицинскую, так как путем 3D-печати несколькими видами порошков возможно создание нового материала, максимально приближенного к структуре кости [13].

Заключение

Аддитивное производство – перспективное направление промышленности, благодаря которому инженеров и дизайнеров появилась возможность создавать уникальные конструкции разной степени сложности. Методы топологической оптимизации позволяют облегчить эту конструкцию, сделать производство более выгодным. Тем не менее такая технология ограничивается габаритами 3D-принтера, высокой стоимостью оборудования и длительностью изготовления продукта и поэтому не подразумевает массового производства.

Библиографический список

1. Обзор и анализ аддитивных технологий. Часть 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-i-analiz-additivnyh-tehnologiy-chast-1/viewer> (дата обращения: 10.03.2023).
2. Что такое топология. URL: <https://studfile.net/preview/2281130/> (дата обращения: 11.03.2023).
3. O'Connor J. J., Robertson E. F. The life of Johann Benedict Listing // *Strabismus*. 2003. Т. 11, № 4. P. 247–250.
4. Michell A. G. M. The limits of economy of material in frame-structures // *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*. 1904. Vol. 8, № 47. P. 589–597.
5. Chi H., Yuyu Z., Tang L. E., Mirabella L. Universal machine learning for topology optimization // *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*. 2021. Vol. 375. P. 112739.
6. Кочеткова А. А., Каримова А. О., Поех И. В. Сопротивление материалов: генеративный дизайн // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2020. Т. 2. С. 342–344.
7. Ostanin I., Safonov A., Oseledets I. Natural Erosion of Sandstone as Shape Optimisation // *Scientific Reports*. 2017. № 7. P. 17301.
8. Грузков А. А., Солянный П. Е., Вернин Н. А. Оптимизация процесса проектирования в строительстве // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 60-1. С. 70–73.
9. Мягков Л. Л., Чирский С. П. Реализация топологической оптимизации методом beso в среде ANSYS APDL и ее применение для оптимизации формы шатуна тепловозного дизеля // *Известия вузов. Машиностроение*. 2018. № 11 (704). С. 38–40.
10. Башин К. А., Торсунов Р. А., Семенов С. В. Методы топологической оптимизации конструкций, применяющиеся в аэрокосмической отрасли // *Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника*. 2017. № 4 (51). С. 51–61.
11. 3D-печать по технологии SLS: селективное лазерное спекание порошка. URL: <https://3d-services.ru/sfery-primeneniya/sls-selektivnoe-lazernoe-spekanie-poroshka/> (дата обращения: 15.03.2023).
12. Topology Optimisation. URL: <https://fractory.com/topology-optimisation/> (дата обращения: 19.03.2023).
13. Meng L., Zhang W., Quan D., Shi G. From topology optimization design to additive manufacturing: Today's success and tomorrow's roadmap // *Archives of Computational Methods in Engineering*. 2020. Vol. 27. P. 805–830.

УДК 004.942

С. Г. Бабчинецкий

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

В. А. Басков

студент кафедры прикладной математики

С. В. Солёный – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Несмотря на автоматизацию производственных процессов, индивидуальные показатели каждого этапа производства остаются важным критерием производства и часто главным источником производственных издержек. Использование технологии цифровых двойников и глубокого обучения может помочь решить задачу оптимизации производственного процесса (уменьшения издержек, вызванных субъективными причинами, до минимума). Цифровые двойники решают задачу «точного моделирования продукта и его производственной технологии с целью экономии ресурсов и сохранения рентабельности производства в современных условиях» [1]. А машинное обучение используется для «определения того, какой алгоритм является лучшим для создания результатов, основанных на количестве данных, качестве и характере данных» [2]. С помощью этих средств возможно определение оптимальных параметров работы цифрового двойника производственного процесса и, соответственно, реального процесса. Обеспечив их, можно достичь минимизации издержек в процессе производства.

Основные задачи

В таблице представлены основные задачи оптимизации производства.

Основные задачи оптимизации производства

Решаемая задача	Цель решения задачи
Сбор данных по объекту оптимизации	Сбор информации об объекте для создания его цифрового двойника и обучения нейронной сети
Построение цифрового двойника объекта и процесса	Цифровой двойник необходим для запуска симуляции сценариев работы при разных входных параметрах
Определение оптимальных параметров работы объекта средствами машинного обучения	Основываясь на полученных данных, нейронная сеть сможет научиться определять выходные параметры объекта из входных, тем самым сможет найти такие входные параметры объекта, при которых выходные будут максимальны
Симуляция производственного процесса	Использование цифрового двойника процесса позволит запустить его симуляцию с оптимальными входными параметрами
Снижение производственных издержек, вызванных субъективными причинами	Применив оптимальные параметры из цифрового двойника на реальный объект, можно значительно повысить эффективность его работы

Этапы и методы решения поставленных задач

Датчики для сбора информации по объекту оптимизации. Информация об объекте необходима для создания его цифрового двойника, а также формирования набора данных для тренировки модели машинного обучения. В случае если объект оптимизации – человек, будут использованы датчики, отслеживающие движение, в остальных случаях это могут быть внутренние датчики, как, например, спидометр в автомобиле или шкала вольтметра.

Цифровой двойник. Для оценки всех возможных параметров объекта и процесса, а также для обеспечения возможности проводить тестирование его работы с различными входными данными необходимо создание цифрового двойника оптимизируемого объекта и задействованного с ним процесса. Также симуляция цифрового двойника объекта и процесса позволит предсказывать его поведение

ние при заданных параметрах и проверять возможность применения таких параметров для реального объекта. «Для примера Цифровой двойник электродвигателя может включать несколько имитационных моделей: механическую модель – для проверки механической устойчивости ротора или крепления двигателя; электрическую модель – для расчета электромагнитных полей и результирующих сил; тепловую модель – для оценки количества тепла, выделяемого вследствие электрических потерь» [3].

Пример симуляции объекта предиктивного анализа состояния газотурбинной установки представлен на рис. 1. В этом кейсе предиктивный анализ технического состояния газотурбинной установки для крупной энергетической компании не состоялся бы без цифрового двойника. Он позволяет прогнозировать отказы и планировать техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) в соответствии с этой информацией. Самое главное, он позволяет анализировать режимы работы газотурбинной установки, не меняя их в физическом мире. Так удалось понять, какие конструктивные элементы влияют на перерасход топлива, и скорректировать режим работы так, чтобы исключить перерасход [4].

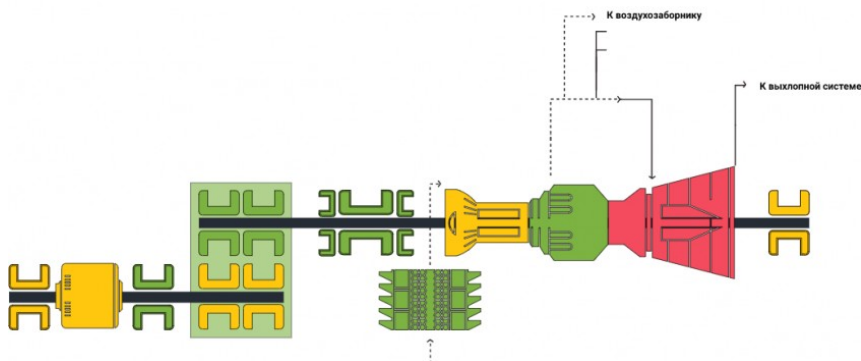


Рис. 1. Схема газотурбинной установки

Рекуррентная нейронная сеть. Для определения оптимальных параметров объекта и процесса будет использована рекуррентная нейронная сеть Элмана. «Сеть Элмана – это один из видов рекуррентных сетей, которую получают из многослойного персептрона введением обратных связей. Эти обратные связи идут не от выхода сети (как, например, в искусственной нейронной сети Хопфилда), а от выходов внутренних нейронов. Это структурное свойство искусственной нейронной сети Элмана позволяет учесть предысторию наблюдаемых процессов (в данном случае развития технологических процессов в направлении формирования высокой технологии) и накопить информацию для выработки правильной стратегии управления развитием директивной технологии» [5].

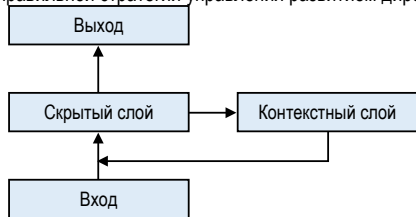


Рис. 2. Схема рекуррентной нейронной сети Элмана

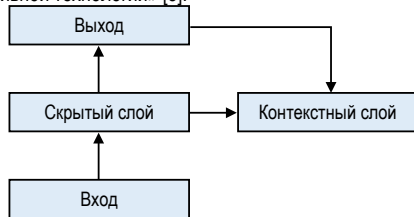


Рис. 3. Схема рекуррентной нейронной сети Джордана

Для решения поставленной задачи может быть использована рекуррентная нейронная сеть Жордана (Джордана), которая, наравне с сетью Элмана, использует выходные данные из слоя нейро-

нов, чтобы накапливать информацию. Главное отличие сети Жордана (Джордана) от сети Элмана – слой, с которого информация копируется на контекстный слой, в сети Элмана информация идет с каждого скрытого слоя, в сети Джордана – с выходного. Наглядные различия этих двух типов сетей показаны на рис. 2, 3.

На рис. 4 показаны этапы решения задачи оптимизации производства, начиная с этапа сбора информации и заканчивая проверкой полученных с помощью нейронной сети параметров на цифровом двойнике.



Рис. 4. Этапы решения задачи оптимизации производства

Заключение

Благодаря технологии цифровых двойников и машинному обучению задача минимизации производственных издержек может быть успешно решена для любого процесса и объекта. Также долгосрочные выгоды от решения такой задачи могут быть сильно выше краткосрочных издержек от разработки решения, тем самым при применении полученного решения предприятие может увеличить свою прибыль и приблизиться к концепции бережливого производства.

Библиографический список

1. Царев М. В., Андреев Ю. С. Цифровые двойники в промышленности: история развития, классификация, технологии, сценарии использования // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2021. Т. 64, № 7. С. 517–531.
2. Черкасов Д. Ю., Иванов В. В. Машинное обучение // Наука, техника и образование. 2018. № 5 (46). С. 85–87.
3. Google Презентации. URL: <https://docs.google.com/presentation/u/0/> (дата обращения: 08.01.2023).
4. Хитрых Д. Цифровой двойник: концепция, уровни, связь с Интернетом вещей и роль численного и системного моделирования. URL: <https://sapr.ru/article/26079?ysclid=icnlahzqr3525794521> (дата обращения: 08.01.2023).
5. Цифровой двойник: настоящее и будущее. URL: <https://habr.com/ru/company/factory5/blog/518084/> (дата обращения: 08.01.2023).

УДК 004.942

С. Г. Бабинецкий

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

А. Д. Гатаулин

студент кафедры прикладной математики

Ю. А. Марков

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

С. В. Солёный – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК УМНОГО СКЛАДСКОГО ПОМЕЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

В настоящее время с развитием деятельности интернет-магазинов и онлайн-ритейлеров часто возникает проблема оптимизации работы складских помещений. Процесс хранения, упаковки, распределения грузов по ячейкам требует максимальной автоматизации. «Правильно подобранный способ организации склада может помочь сократить расходы на его содержание, а иногда и существенно сократить время доставки» [1]. Параллельно с этим развивается технология цифровых двойников и искусственного интеллекта. Цифровые двойники решают задачу «необходимости быстрого и точного моделирования продукта и его производственной технологии с целью экономии ресурсов и сохранения рентабельности производства в современных условиях» [2]. А машинное обучение, в частности, используется для «оптимизации большого количества параметров» [3]. С помощью этих средств возможно создание «умного склада», в котором будет ячейчатая система хранения, куда контейнер, груз или ящик будут доставляться автоматически и распределяться так, чтобы самые часто покупаемые товары располагались в наиболее доступном месте. Спрос на ту или иную вещь зависит от цены, сезона, пользы и других параметров. Анализируя их, можно достичь наиболее оптимального расположения этих товаров на складе и обеспечить быстрый доступ к ним.

Основные задачи

1. Идентификация товара по его размерам, массе, виду упаковки; определение его срока годности, даты производства, завода-изготовителя и пр. Необходимый этап для дальнейшего взаимодействия.
2. Компактное распределение грузов. Из-за большого количества товаров, поставляемых продавцами, возникает вопрос об их компактном расположении в стенах складского помещения.
3. Автоматическая транспортировка грузов до стеллажей. Перемещение грузов должно быть полностью автоматизировано, без участия человека. Транспортировка осуществляется до конкретной зоны размещения и в нужную ячейку, соответствующую описанию груза.
4. Хранение состояния всех ячеек. Контроль содержимого этой ячейки, контроль срока годности, контроль количества того или иного товара в коробке или контейнере, чтобы система понимала, куда можно переместить ящик на хранение или заменить один товар в контейнере на другой.
5. Оптимизация доступа к каждой ячейке. Наряду с компактным распределением грузов, нужно понимать, каким образом будет обеспечен доступ к каждому месту расположения того или иного товара.
6. Классификация грузов для дальнейшего выбора алгоритма действий. Благодаря классификации мы можем дать характеристику актуальности товара на рынке, тип его хранения (контейнер, ящик, коробка и т. д.) и, соответственно, подобрать оптимальное место содержания груза.
7. Выбор ячейки и зоны, в которых будет храниться товар, в зависимости от спроса, класса товара, вида упаковки, размеров и массы груза. Чем выше спрос, тем более простым должен быть доступ к этой ячейке.

Этапы и методы решения поставленных задач

Цифровой двойник и прием товаров. Для оценки всех параметров склада, их настройки и построения различных сценариев, а также корректной работы WMS-системы необходимо создание циф-

рового двойника склада. На этапе приемки товар классифицируется, выявляются его параметры с помощью штрихкода, чтения радиометок или внешнего сканирования. Не все производители дают подробное описание поставляемого продукта. В таком случае применяется реверсивный инжиниринг для сканирования его размеров, а также определения необходимых характеристик. Товар загружается в цифровую модель. Склад имеет ряд зон, у каждой из которых свой функционал:

- 1) зона мелкого товара. Состоит из ячеистых, ящичных, каркасных стеллажей. Маркировочная буква «А»;
- 2) зона среднего товара. Состоит из полочных стеллажей. Маркировочная буква «Б»;
- 3) зона крупногабаритного товара. Состоит из консольных, мобильных, гравитационных стеллажей. Маркировочная буква «В»;
- 4) зона приемки. К этому месту товар поступает в первую очередь для его идентификации. Не имеет маркировочной буквы;
- 5) транзитная зона. Осуществляет транспортировку грузов между помещениями и другими зонами. Не имеет маркировочной буквы;
- 6) зона погрузки или транспортная зона. Здесь товар помещается в грузовой автомобиль для доставки его в место назначения. Маркировочная буква «Т»;
- 7) зона упаковки. Товар пакуется специальным образом в соответствии с его прочностью и габаритами. Делается это, чтобы обеспечить надежность доставки и снизить вероятность поломки во время дороги. Маркировочная буква «У».

Каждая из зон имеет двойника в специальном приложении для создания цифровой модели, анализа и настройки всех параметров. Примеры похожих программ: AnyLogic, 1C-WMS. Это виртуальное пространство может работать в режиме реального времени, отображая нынешнее состояние, а также в режиме симулятора, в котором мы можем управлять виртуальным складом, проигрывая возможные сценарии [4].

Сортировка грузов по зонам хранения, проектировка складских помещений. После определения класса товара по его размерам, весу, показателю спроса определяется зона, вид стеллажа, тип хранения. В каждой зоне стеллажи будут делиться на слои, каждый из которых будет иметь собственный показатель доступности. Искусственный интеллект, определив показатель спроса, соотносит товар с определенным слоем. Далее продукту присваивается виртуальный маркер. В случае объемного груза он помещается на палету и отправляется в зону крупногабаритного товара с помощью роботизированных транспортировщиков, располагая его в подходящем слое и ярусе (чем легче груз, тем выше ярус). Аналогично происходит процесс распределения груза средних и маленьких размеров. Поначалу определяется тип хранения: ящик, контейнер. Также наносится виртуальный маркер на товар, и человеку или роботу дается адрес ячейки, куда тот должен его переместить [5].

Хранение состояния ячеек. Каждая ячейка имеет адрес (рис. 1) и состояние, которое определяется с помощью датчиков. Один считывает маркер товара и показывает, в правильный адрес он был доставлен или нет. Другой хранит состояние ячейки: пустая она или занятая. Маркировка товаров и ячеек имеет свою структуру. Например, адрес ячейки А11367. Буква А означает зону, в которой должен находиться груз, число 11 – номер стеллажа, 3 – ярус, 67 – место на полке или номер поддона. После букв «А», «Б», «В» следует 5 цифр, означающих зоны хранения. После букв «Т», «У» идет двузначное число: после «Т» – номер транспорта для погрузки, после «У» – номер станка для упаковки. В процессе адреса будут меняться на другие, соответствующие этапу, на котором находится товар. Состояние каждого товара, на каком этапе он находится и в каком адресе хранится в приложении в режиме реального времени [6].

Оптимизация доступа к наиболее востребованным товарам. Как уже было описано, стеллажи имеют слои с разной степенью актуальности хранимого товара на рынке. С помощью парсинга интернет-ресурсов мы составляем датасет, в котором будут описаны характеристики товаров, область их применения, целевая аудитория использования данного продукта (рис. 2). Целевой переменной будет количество запросов пользователей интернета. Каждый класс спроса будет отнесен к определенному интервалу показателей количества запросов. Данные анализируются, и обучается модель классификации для предсказания спроса на конкретный товар. Выбор модели остановился на K-Nearest Neighbors (метод ближайших k-соседей). С помощью данного метода «объект присваивается тому классу,

который является наиболее распространенным среди k соседей данного элемента, классы которых уже известны». На основе характеристик товара на этапе приемки определяется слой, на котором он будет храниться. Слои имеют конечное количество значений, равное 10, где «1» означает, что товар имеет самый высокий спрос и его стоит располагать ближе к зоне упаковки, а «10» соответственно – самый невостребованный продукт, который можно хранить в отдаленном месте [7].

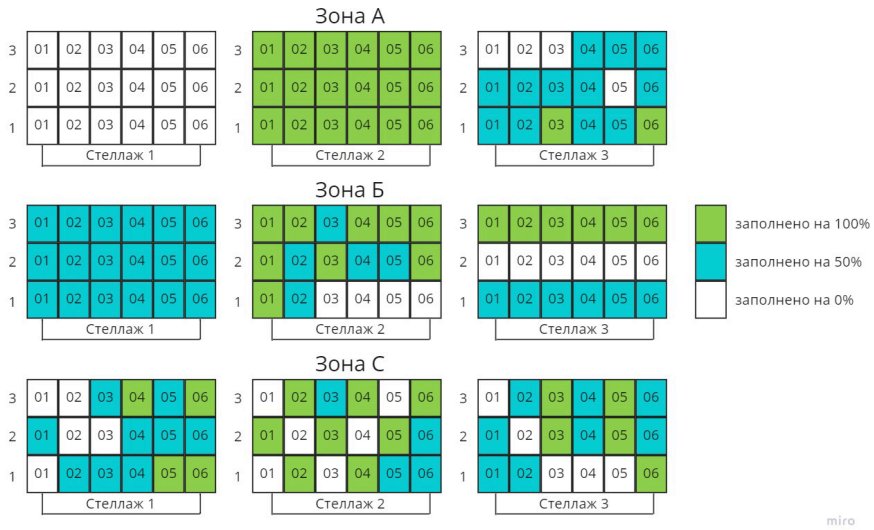


Рис. 1. Пример адресации ячеек

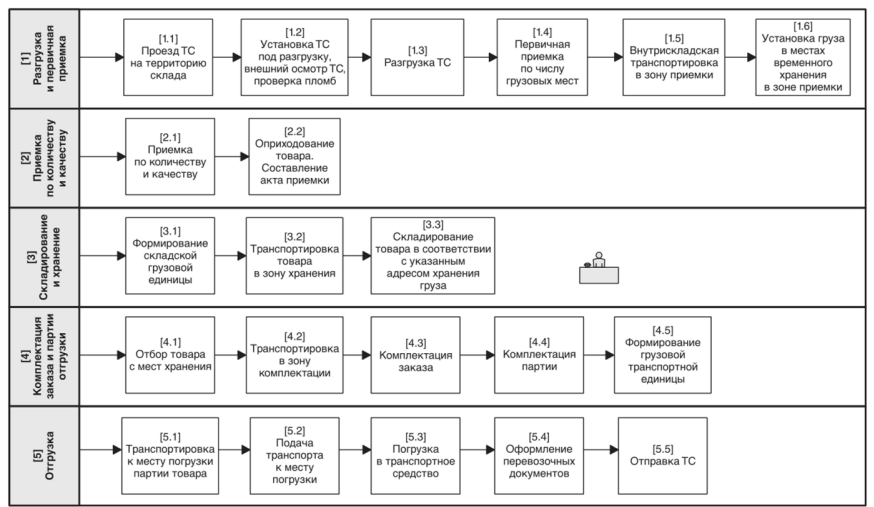


Рис. 2. Логистика склада

Заключение

С помощью описанных технологий и данного проекта можно минимизировать ошибки по вине человеческого фактора, сократить время поиска и идентификации товара, автоматизировать процессы приемки, размещения и перемещения товаров на складе. Также благодаря автоматизации будет сокращаться количество персонала. Процесс инвентаризации будет ускорен. Возможно также получение информации об остатках и дефиците товара. Технология Digital twins является особенно актуальной в настоящее время. «Цифровые двойники оборудования и предиктивная аналитика приводят к сокращению его простоев до 12%, при проектировании цифровые двойники снижают затраты времени на процесс до 30%, а скорость обучения персонала с применением технологии цифровых двойников увеличивается на 50%» [8]. С помощью модели Machine Learning по оценке спроса можно достичь максимально быстрого доступа к ячейкам с товарами с повышенной потребностью. Компании, использующие «умный склад», предложат клиентам более высокий уровень сервиса и поднимут свой рейтинг на рынке.

Библиографический список

1. Дедков Д. Роль логистики в экосистемах маркетплейсов. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-logistiki-v-ekosistemah-marketpleysov/viewer> (дата обращения: 27.12.2022).
2. Царев М. В., Андреев Ю. С. Цифровые двойники в промышленности: история развития, классификация, технологии, сценарии использования. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-dvoyniki-v-promyshlennosti-istoriya-razvitiya-klassifikatsiya-tehnologii-stsenarii-ispolzovaniya/viewer> (дата обращения: 27.12.2022).
3. Черкасов Д. Ю., Иванов В. В. Машинное обучение. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mashinnoe-obuchenie/viewer> (дата обращения: 27.12.2022).
4. Хранение товаров на складе. URL: https://znaytovar.ru/s/Xranenie_tovarov_na_sklade.html (дата обращения: 03.01.2023).
5. Штабельное и стеллажное хранение. Виды, области использования, преимущества и недостатки. URL: <https://studfile.net/preview/5176490/page:2/> (дата обращения: 29.11.2022).
6. Петрова Е. 1С WMS система – Автоматизация склада на базе 1С. URL: <https://www.1ab.ru/blog/detail/avtomatizatsiya-sklada-na-1s-wms/> (дата обращения: 15.12.2022).
7. Метод k-ближайших соседей. URL: <https://proglab.io/p/metod-k-blizhayshih-sosedey-k-nearest-neighbour-2021-07-19> (дата обращения: 15.12.2022).
8. Цифровой двойник: настоящее и будущее. URL: <https://habr.com/ru/company/factory5/blog/518084/> (дата обращения: 09.01.2023).

УДК 658.5.012.1

М. Ю. Белова

студент кафедры инноватики и интегрированных систем качества

С. А. Назаревич – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИЕЙ

Понятие «система» является одним из центральных в научном познании окружающего мира, в том числе теории управления в целом [1]. Была разработана общая теория систем, согласно которой система – это совокупность огромного числа объектов, объединенных для совместного функционирования и определенного взаимодействия. Главные задачи в изучении систем – разработка и открытие совокупности законов, обосновывающих функционирование и взаимодействие системных классов на основании работы составляющих компонентов.

Системы характеризуются сложностью: ее (системы) изучение или описание становится менее доступным и понятным, так как главным свойством становится постоянное развитие и приобретение новых свойств и качеств, которыми не обладали составляющие вне данной системы. Такая интеграция приносит новые качества и новые способы принятия решения [2].

На сложность системы влияет внешняя развивающаяся среда, которая и обуславливает уровень сложности благодаря динамичности. Именно поэтому сложные системы, в отличие от простых, обладают такими качествами, как надежность, живучесть и адаптируемость.

Сложные системы имеют способность развиваться во времени. Именно данная функция способствует появлению сложных систем в принципе. Простые системы, объединяясь, образуют новую надсистему с новыми свойствами и функциями, которые не присущи частям по отдельности [3].

Сложные системы, которые динамически развиваются, созданы искусственно при помощи развития биологического. Примером может послужить теория Дарвина, которая определила, что в результате внешних изменений (мутаций) происходит зарождение новых структур и функций в живой природе. Изменения, происходящие под внешними воздействиями, а также направленные на выживание во время естественного отбора, позволяют развиваться и другим системам, на которые влияют эти изменения. Определено, что ключевым в данных изменениях является внутренний процесс, реагирующий на внешние мутации. Таким образом, можно выдвинуть тезис: «Процесс эволюции есть процесс увеличения сложности» [4].

Для сопоставления биологических и технических систем и их взаимного влияния друг на друга рассмотрим таблицу.

Свойства сложных динамических систем

Свойство	Биологическое развитие	Техническая система
Эволюционность развития	Теория Дарвина, утверждающая что все виды организмов возникают и развиваются путем естественного отбора небольших наследственных вариаций, которые увеличивают способность индивида конкурировать, выживать и размножаться	Поэтапность создания и усовершенствования любой технической системы: каждая система проходит путь от этапа проектирования до выпуска готового изделия, после чего идет усовершенствование основных и дополнительных функций за счет изменения компонентов изделия или назначения
Неравновесность, проявляющаяся в постоянном обмене с внешней средой энергией и информацией	В ходе эволюции биологическое развитие шло неравномерно, что подтверждается разным уровнем развития стран: одни являются лидерами, другие – стремятся к ним	На данный момент ярко ощущается технологическое отставание одних стран от других

Свойство	Биологическое развитие	Техническая система
Самоорганизация и самовоспроизведение	Человечество стремится к созданию управляемой организации для совместной работы, выполнения задачи или выстраивания своего режима	Техническая система будет работать в том случае без сбоев, когда будут четко распределены все роли, процессы будут находиться под контролем, а отходы вне системы – минимальны. Также для получения большой выгоды важно выстроить систему с возможностью восстановления без остановки основного процесса
Нарушение законов симметрии	Человечество, природа не являются симметричными	Техническая система требует симметрии для оптимальной работы

Таким образом, несмотря на существование различных концепций сложных систем и отсутствие общепризнанного определения этого понятия, анализ свидетельствует о наличии у сложных систем разной природы общих характерных признаков. При этом феномен сложности во всех случаях связан с эволюцией системы. Рассматривая в качестве примера развитие производственных систем как класса сложных систем в координатах «степень неопределенности» и «разнообразие», можно получить картину эволюции этих систем от достаточно простых к сложным [5].

Как было указано, раз внешние воздействия влияют на систему, то начинаются внутренние процессы, благодаря которым система совершенствуется. Когда зарождаются новые потребности на рынке у потребителей или открывают новую технологию, предприятия реагируют на данные изменения, вследствие чего совершенствуют и налаживают производство, совершенствуя и изменяя внутреннюю систему. Таким образом, производство эволюционирует как сложная система. Другими словами, свойство эволюции намного глобальнее влияет на сложные производственные системы, интегрируя при этом различные инструменты и другие частные свойства сложных систем [6]. При появлении наивысшей эффективности свойств системы, которые увеличивают сложность системы в целом, получаем эффект эмерджентности, вследствие чего можно достигнуть синергетичности системы [7].

Цифровизация еще больше усложнила производственную систему, добавив возможность проектирования, автоматизации процессов, дистанционного управления, создания цифровых моделей и двойников, информационной поддержки жизненного цикла изделий, систему компьютерного зрения. Все это позволяет увеличить эффективность производства в несколько раз, а также управлять рисками и потерями. Дальнейшее развитие производства как организации ведет от компьютерного интегрированного производства к таким видам производства, как виртуальные.

Библиографический список

1. Эволюция сложных систем. URL: <https://studopedia.org/10-80680.html> (дата обращения: 19.02.2023).
2. Динамические системы и их свойства. URL: <https://libtime.ru/modelirovanie/dinamicheskie-sistemy-i-ih-svoystva.html> (дата обращения: 21.02.2023).
3. Причина технической отсталости России. URL: <https://terek777.livejournal.com/130256.html> (дата обращения: 21.02.2023).
4. Основные этапы создания технических систем. URL: <https://studfile.net/preview/598216/page:5/> (дата обращения: 27.02.2023).
5. Проблема многовариантности эволюции сложных самоорганизующихся систем. URL: <https://pandia.ru/text/78/191/98098.php> (дата обращения: 28.02.2023).
6. Управление изменениями в компании. Эволюция технических систем. URL: <https://www.markus.spb.ru/teach/triz-fk.shtml> (дата обращения: 03.03.2023).
7. Курдюмов С. П. Стадии эволюции сложных систем. URL: <https://spkurdyumov.ru/evolutionism/stadii-evolyucii-slozhnyx-sistem/> (дата обращения: 03.03.2023).

УДК 537.8

А. П. Бобрышов

аспирант, ассистент кафедры электромеханики и робототехники

Д. П. Бобрышов

студент кафедры информационных систем и технологий

Ю. П. Кузьменко, В. В. Романенко

студенты кафедры электромеханики и робототехники

В. П. Кузьменко – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ВЛИЯНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ ИНДУКЦИОННЫХ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ НА ЭКОЛОГИЮ

Введение

Мировая тенденция к декарбонизации и переход от транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания к электрокарам являются важными вопросам сегодня. Немногие области в мире экологически чистой энергии так динамичны, как рынок электромобилей. Продажи электромобилей в 2021 г. удвоились по сравнению с предыдущим годом и достигли нового рекорда в 6,6 млн. По данным международного энергетического агентства, предполагается, что количество проданных в мире электромобилей составит более 30% транспортных средств от общего количества транспорта [1].

Рост числа электрокаров в мире требует улучшения технологий подзарядки авто, что приводит к появлению новых решений в данной сфере. В мире наблюдается большой интерес к технологии беспроводных зарядок для электрокаров.

Беспроводные зарядные станции – это устройства, предназначенные для передачи электрической энергии на расстоянии между источником и приемником без использования физической связи за счет явления электромагнитной индукции. Сегодня популярность таких зарядных станций растет, и производители электрокаров начали оснащать свои автомобили приемниками для зарядки от беспроводных станций. В нескольких странах мира уже появились дороги с технологией беспроводной передачи энергии, двигаясь по которым электрокары постоянно получают электрическую энергию для подзарядки своих АКБ.

В 2020 г. компания Electron реализовала проект по созданию автомагистрали с беспроводной зарядной полосой за счет установки электрических катушек под дорожное покрытие на расстоянии 1,9 км в Тель-Авиве. По заявлениям компании, эффективность данного способа зарядки электрокаров составила 91%. Эксперимент проводился с использованием легкового автомобиля Renault Zoe мощностью 8,5 кВт. В 2021 г. завершился проект по созданию дорог с беспроводной подзарядкой электрокаров длиной 1,65 км в Готланде (Швеция).

Использование технологии беспроводной зарядки для электрокаров позволяет сократить время на зарядку АКБ, снизить объем АКБ и уменьшить нагрев АКБ при зарядке беспроводным способом в сравнении с проводным. Но каковы последствия внедрения данной технологии, влияющие на экологию?

Потребление электроэнергии

Исследователи из Ок-Риджской национальной лаборатории Министерства энергетики США продемонстрировали 120-киловаттную беспроводную систему зарядки для транспортных средств. Беспроводная система передает 120 кВт энергии с эффективностью 97%, что сопоставимо с обычными проводными зарядными устройствами. В ходе лабораторной демонстрации энергия передавалась через зазор величиной 15 см. между двумя магнитными катушками и заряжала аккумулятор [2].

Такой КПД достигается в идеальных лабораторных условиях, в реальности же на заряд автомобиля влияют такие показатели, как соосное расположение катушки передатчика и приемника, расстояние между катушками и рассеивание электромагнитного поля.

В статье Kishore Naik Mude по сравнению проводных и беспроводных зарядок приводятся результаты исследований изменения эффективности передачи энергии посредством беспроводной связи [3]. Зависимости КПД от расстояния и угла смещения между катушками приведены на рис. 1, 2.

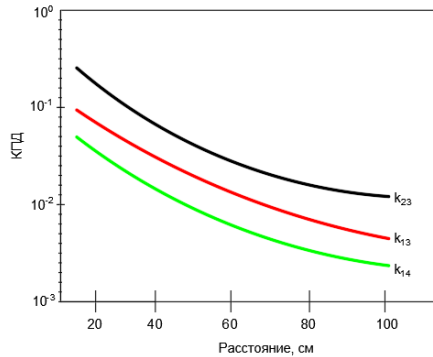


Рис. 1. График зависимости КПД от расстояния между приемником и передатчиком

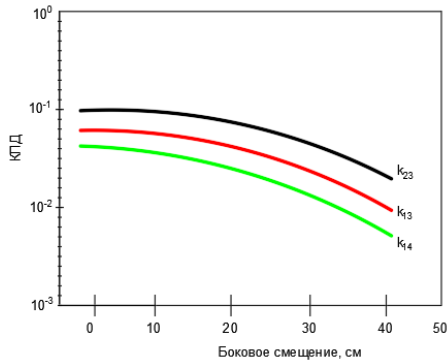


Рис. 2. График зависимости КПД от бокового смещения между приемником и передатчиком

По данным компании Electreon, на дорогу со встроенными модулями беспроводной зарядки протяженностью 1 км выделяется 1 МВт/ч активной электрической мощности, тогда как зарядная станция с проводным типом зарядки потребляет 3,5 кВт/ч.

Для реализации беспроводных зарядок на дорогах необходимо массовое внедрение технологии на большей части дорожного покрытия городов, что приведет к сильному увеличению потребляемой мощности, а следовательно, к увеличению генерируемой мощности энергокомплекса в целом. Так как большая часть вырабатываемой мощности сегодня приходится на электростанции на основе сжигания топлива, такое увеличение выработки энергии вызовет рост выбросов продуктов горения в атмосферу, и отсутствие выбросов выхлопных газов у электрокаров будет не так эффективно для окружающей среды в целом.

Выделение тепла

Охлаждение электромобиля осуществляется в основном за счет воздушного потока, но является неэффективным из-за того, что во время зарядки аккумулятора выделяется большое количество тепла. При использовании беспроводной технологии зарядки рассеивание энергии уменьшается за счет от-

сутствия соединительных контактов между источником и потребителем, что способствует уменьшению парникового эффекта [1].

Обычно для электромобиля используется батарея мощностью 40 кВт (hyundai kona electric). Для полной зарядки автомобиля примерно за 1 ч требуется зарядное устройство мощностью 50 кВт·ч. Исходя из этих данных можно сделать вывод, что 20% мощности расходуется на нагрев проводников. Таким образом, из-за большого количества тепла, выделяемого во время зарядки, вероятность повреждения батареи увеличивается, а срок ее службы уменьшается, что также влияет на производительность батареи. Утилизация и переработка Li-Io аккумуляторов является острой проблемой сегодня, а следовательно, продление срока жизни АКБ и уменьшение их размеров – меры, сдерживающие увеличение числа отработанных батарей.

Влияние на живые организмы

Люди и животные могут находиться в салоне автомобиля или в непосредственной близости от периметра шасси. Они должны быть защищены от электромагнитных излучений. Для этого требуется, чтобы граничные электромагнитные поля системы поддерживались в пределах безопасных уровней, установленных Международной комиссией по защите от неионизирующего излучения (ICNIRP 1998).

Эффективность передачи беспроводной энергии увеличивается за счет частоты. В основном беспроводные зарядные станции работают на частоте менее 100 кГц, но, повысив ее, можно достичь более высоких показателей эффективности.

Электромагнитное излучение на человека проявляется в тепловом и биологическом воздействии. При попадании человека в зону действия сильных электромагнитных излучений у него повышается температура тела, от чего могут страдать мозг, глаза, почки, так как эти органы обладают слабо выраженной терморегуляцией. Исходя из исследований Общества автомобильных инженеров (SAE international), величина электромагнитной индукции беспроводных зарядных станций варьируется в пределах от 2 до 8 мкТл [4]. Безопасной дозой электромагнитного излучения считается величина 0,2–0,3 мкТл.

Заключение

Внедрение беспроводных зарядных станций для электромобилей связано с большим расходом ресурсов и мощностей. Для реализации данной технологии необходимо увеличение мощности энергокомплекса. Чтобы технология стала экологически целесообразной, генерация энергии должна производиться без выбросов продуктов горения, а следовательно, необходимо использование возобновляемых источников энергии. При модернизации энергокомплекса, технология беспроводной зарядки позволит использовать электромобили так же эффективно, как автомобили на основе ДВС. Экологические преимущества электрификации транспортных средств на основе технологии беспроводных зарядок в движении также значительны. Общие выбросы от легковых автомобилей и грузовиков класса 8 сократятся на 29,3 трлн кг CO₂-экв. (сокращение на 30,6%) по сравнению с обычным сценарием в течение первых 50 лет внедрения технологии [2].

Библиографический список

1. Глобальный прогноз рынка электрокаров. URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022/executive-summary> (дата обращения: 20.11.2022).
2. ORNL демонстрирует беспроводную зарядку мощностью 120 киловатт для автомобилей. URL: <https://www.ornl.gov/news/ornl-demonstrates-120-kilowatt-wireless-charging-vehicles?page=1> (дата обращения: 20.11.2022).
3. Kishore N. M. Solace Power Inc «Battery charging method for electric vehicles: From wired to on-road wireless charging». URL: https://www.researchgate.net/publication/331884003_Battery_charging_method_for_electric_vehicles_From_wired_to_on-road_wireless_charging (дата обращения: 05.12.2022).
4. Efficient Wireless Charging for Electric Vehicle. URL: https://www.researchgate.net/publication/345918109_Efficient_Wireless_Charging_for_Electric_Vehicle (дата обращения: 30.22.2022).

А. М. Буловятов, М. Д. Грубенко, М. Д. Денисов

студенты кафедр вычислительной математики и программирования

С. С. Крылов – кандидат физико-математических наук, доцент — научный руководитель, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ КОРОТКИХ СООБЩЕНИЙ

Исследуются методы классификации коротких сообщений на русском языке при малом массиве обучающих данных, а также влияние различных этапов предобработки текста на результат. На каждом этапе исследования будет описано применение и влияние основных существующих подходов к первичной обработке данных и сравнение результатов, полученных с помощью популярных моделей машинного обучения.

Классификация коротких текстов является важной задачей [1] в обработке естественного языка (Natural Language Processing, NLP) и может быть использована в различных областях [2]: от автоматизации сервисов клиентской поддержки до анализа медицинских данных. Основные области применения классификации текстов с помощью алгоритмов машинного обучения таковы [3].

1. Классификация спама. Одно из наиболее распространенных применений. Фильтрация спама в электронной почте или социальных сетях с помощью алгоритмов машинного обучения.

2. Классификация текстов по настроению: алгоритмы машинного обучения могут использоваться для классификации текста на положительный, отрицательный или нейтральный, что позволяет анализировать отзывы и мнения пользователей в социальных сетях или обратной связи от клиентов.

3. Классификация текстов по темам: алгоритмы машинного обучения способны классифицировать тексты на основе тематической принадлежности, что позволяет решать задачи автоматического каталогизирования документации или сортировки новостных статей.

4. Классификация текстов для автоматизации клиентской поддержки: алгоритмы машинного обучения могут использоваться для автоматического присвоения тикетов с запросами клиентов в соответствующие департаменты поддержки, что ускоряет обработку запросов и улучшает качество обслуживания клиентов.

5. Классификация медицинских, юридических и иных специализированных документов: алгоритмы машинного обучения могут использоваться для классификации медицинских и юридических документов на основе их типа и содержания, что улучшает эффективность процессов индексации и поиска.

В настоящее время популярность набирают чат-боты. Это специализированные компьютерные программы, способные в текстовом режиме вести диалог с пользователем. Обычно они используются для автоматизации ответов на часто задаваемые вопросы, предоставления определенной информации, заказа некоторых услуг или продуктов, выполнения определенных задач и т. д. Начальным этапом в разработке подобных компьютерных программ становится классификация сообщений. Задача классификации коротких сообщений является нетривиальной, поскольку анализируемый текст небольшой по объему, часто имеет особенную лексику и содержит орфографические и логические ошибки. Основная причина сложности классификации коротких текстов – недостаточность информации. Кроме того, короткие тексты могут содержать неоднозначные выражения, которые могут быть интерпретированы по-разному в зависимости от контекста. Короткие сообщения могут быть написаны без явной структуры, что затрудняет их классификацию на основе определенных параметров.

Чтобы формализовать задачу и избавиться от неточностей естественного языка, используют различные методы предобработки текста.

Этапы предобработки текста

Предобработка текста в NLP – это процесс очистки, нормализации и преобразования текстовых данных для дальнейшего анализа и формализации естественного языка [4]. В процесс предобработки входят такие шаги, как удаление ненужных символов, токенизация, стемминг, лемматизация и др., которые позволяют облегчить задачу анализа текстовых данных и повысить точность результатов [5].

Основные причины, по которым необходима предобработка текстовых данных.

1. Очистка данных: входные данные могут содержать множество зашумленных и ненужных символов, таких как знаки пунктуации, нумерация, HTML-теги и др. Предобработка помогает удалить такие ненужные символы, что улучшает качество дальнейшей обработки текста.

2. Токенизация: предобработка включает разделение текста на набор слов или словосочетаний. Это позволяет анализировать отдельные слова или фразы.

3. Стемминг и лемматизация: эти методы помогают привести слова к общей форме, что позволяет уменьшить количество уникальных слов и улучшить качество анализа.

4. Улучшение точности анализа: предобработка текста позволяет избежать некоторых проблем, таких как опечатки и различные формы слов. Это также уменьшает шум в данных и улучшает точность анализа.

5. Сокращение времени обработки: предварительная обработка данных может значительно сократить время обработки, особенно в случае обработки большого массива данных.

Рассмотрим на примере каждый из этапов предобработки текста. Первоначальное сообщение имеет вид: *«Свобода слова должна быть защищена, а технологии обработки данных должны использоваться с уважением к правам человека и соблюдением законодательства».*

Удаление стоп-слов – техника предобработки текста. В статистическом анализе данных стоп-слова – это слова, которые обычно не несут смысловой нагрузки и поэтому могут быть проигнорированы. Удаление стоп-слов позволяет сократить текстовые данные, сохраняя только ключевые слова, которые содержат наиболее важные сведения. Техника удаления стоп-слов также может помочь повысить качество текстового корпуса, используемого для анализа. Она позволяет сократить время, необходимое для обработки текстовых данных. Удаление стоп-слов не всегда является необходимым и может зависеть от конкретной задачи. В некоторых случаях стоп-слова могут содержать важную информацию, например при определении темы текста или сентимента. В таких случаях могут использоваться иные подходы к предобработке данных.

После первого этапа обработки текста пример имеет вид: *«свобода слова должна защищена технологии обработки данных должны использоваться уважением правам человека соблюдением законодательства».*

В русском языке большое количество словоформ, которые схожи по значению, но различаются по написанию. Разнообразие приставок, суффиксов, окончаний и пр. – все это создает проблемы при формализации естественного языка. Многие алгоритмы работают с пересечением смысла с учетом контекста. Для нейронной сети важен лишь набор слов, а не их форма. Для решения данной задачи существуют два метода, схожих по проблеме, которую они решают, но различных по реализации. Первым является стемминг – процесс нахождения основы слова [6]. Первая публикация по данному вопросу датируется 1968 г., но несмотря на это, метод применяется в современных поисковых системах [7].

После стемминга и очищения примера от стоп-слов, получаем следующее сообщение: *«свобод слов должн защищ технолог обработк дан должн использова уважен прав человек соблюден законодательств».*

Лемматизация предназначена для решения данной проблемы, ее суть заключается в приведении словоформы к ее первоначальной словарной форме (лемме). Например, в русском языке словарной формой для существительных считается именительный падеж единственного числа, для глаголов – инфинитивная форма, для прилагательных – единственное число именительного падежа мужского рода. В любом естественном языке существует некоторый процент слов, которые могут давать неоднозначные результаты в процессе лемматизации, например словоформа «вой» может в итоге быть приведена к двум леммам – выть (глагол) и вой (существительное).

Применяя вместо стемминга метод выделения лемм, получаем: *«свобода слово должный защищать технология обработка данные должный использоваться уважение право человек соблюдение законодательство».*

Векторизация текстовых данных

Машины лучше понимают числа, чем текст, передаваемый в виде лексем. Процесс преобразования текста в понятные для компьютера числа называется векторизацией. В процессе преобразования

Один из простейших методов классификации текста – наивный байесовский классификатор [15]. Данный метод основан на теореме Байеса (позволяет определить вероятность события при условии, что произошло другое статистически взаимосвязанное с ним событие) и предполагает, что все признаки объектов являются независимыми между собой. Наивный байесовский классификатор оценивает вероятность принадлежности объекта к определенному классу на основе вероятностей каждого признака для этого класса. Он использует формулу условной вероятности для вычисления вероятности принадлежности объекта к классу. Для обучения модели наивного байесовского классификатора используются данные об объектах, которые уже имеют известные классы. Модель оценивает вероятность каждого признака для каждого класса и сохраняет их в таблице вероятностей. После обучения модель может использоваться для предсказания класса новых объектов на основе их признаков и таблицы вероятностей.

Один из самых популярных методов классификации – модель логистической регрессии [16]. Это статистическая модель, которая используется для анализа зависимости между категориальной зависимой переменной и одной или несколькими независимыми переменными. Представляет собой математическую функцию, которая описывает вероятность принадлежности объекта к определенному классу. Она основана на логистической функции, которая принимает значения от 0 до 1 и позволяет оценить вероятность принадлежности объекта к классу.

Модификацией модели логистической регрессии является модель логистической регрессии со стохастическим градиентным спуском [17]. Он основан на логистической функции, которая принимает входные данные и выдает вероятность принадлежности объекта к определенному классу. Стохастический градиентный спуск – это метод оптимизации, который используется для настройки параметров модели логистической регрессии. Он работает путем обновления параметров модели с помощью градиента функции потерь по каждому объекту из обучающего набора данных. Это позволяет быстро настраивать параметры модели и увеличивать точность.

Случайный лес – алгоритм машинного обучения, который используется для решения задач классификации, регрессии и кластеризации [18]. Основан на идее комбинирования нескольких решающих деревьев, каждое из которых обучается на случайной подвыборке данных и признаков. В процессе построения дерева решений выбирается наилучший признак для разделения данных на подгруппы, и этот процесс повторяется до тех пор, пока не будет достигнут критерий остановки. После построения всех деревьев в лесу, каждое дерево голосует за свой прогноз, и результаты голосования комбинируются для получения окончательного прогноза. Случайный лес имеет ряд преимуществ перед другими алгоритмами машинного обучения, таких как устойчивость к выбросам и способность работать с большими объемами данных.

Оценка результатов обучения

Для обучения нейронных сетей необходимо предоставить обучающий набор данных с известными классами объектов. Модель будет настраивать свои параметры на основе этих данных и сохранять их для дальнейшего использования при классификации новых объектов. Чаще всего весь набор данных разбивается на две части: 70% — обучающая выборка и 30% — тестовая. Тестовая выборка позволяет определить, насколько хорошо модель работает на новых данных, которые до этого не встречала ни разу. Существует множество метрик для оценивания качества классификации [19]. Самой общей является доля правильных ответов (accuracy) – это доля правильных ответов модели на тестовой выборке. Точность положительного класса (precision) – это доля правильно определенных объектов положительного класса относительно всех объектов, которые модель отнесла к этому классу. Ассигасу не рекомендуется использовать на наборах данных, в которых присутствует большая разница в количестве объектов по разным категориям. Полнота (recall) – это доля правильно определенных объектов положительного класса относительно всех объектов этого класса в тестовой выборке [20]. F-мера – это гармоническое среднее между точностью и полнотой, которое учитывает обе метрики.

Формализация задачи

Задача классификации коротких текстов заключается в получении некоторого классификатора (функции), способного определять свойства и особенности текста для последующего распределения на категории. Формально задачу можно записать следующим образом.

Пусть n – количество сообщений в выборке, m – количество всевозможных классов, тогда:

$F = \{f_i\}, i = 1, \dots, n$ – исходная выборка характеристик (сообщений);

$L = \{l_j\}, j = 1, \dots, m$ – множество всевозможных меток (классов).

Необходимо получить целевую функцию $\Phi: F \times L \rightarrow [0, 1]$, преобразующую множество характеристик F в множество меток L с некоторой степенью подобия.

Для исследования вопроса классификации коротких текстов был создан набор данных из 1031 сообщения, разделенных по 13 классам. Данные взяты из публичного Telegram-канала приемной комиссии одного из ведущих российских университетов. Распределение количества сообщений по классам представлено на рис. 1.

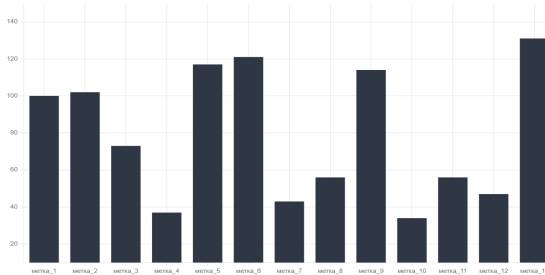


Рис. 1. Распределение сообщений по классам

В таблице приведена статистическая информация по двум типам выборок: исходные данные и данные после подготовки текста. Средняя длина сообщения составляет 8 слов, что является крайне низким показателем для точной классификации.

Статистическая информация о массивах данных

Критерий	Первоначальная выборка	Предобработанная выборка
Количество уникальных слов	3761	1711
Количество слов	19507	8045
Среднее количество слов в сообщении	18	8

Для оценки влияния применения методов предобработки текста, проведена визуализация (рис. 2) частотной характеристики встречаемости слов в выборках.



Рис. 2. Визуализация сообщений:

слева – первоначальная выборка, справа – выборка после предобработки

Перед обработкой необходимо изучить исходные данные, категории и область, для которой разрабатывается проект, так как множество стоп-слов может быть индивидуальным для каждой задачи.

Для оценки работы алгоритмов был проведен анализ влияния разных методов нормализации данных на итоговый результат работы разных алгоритмов (рис. 3, 4).

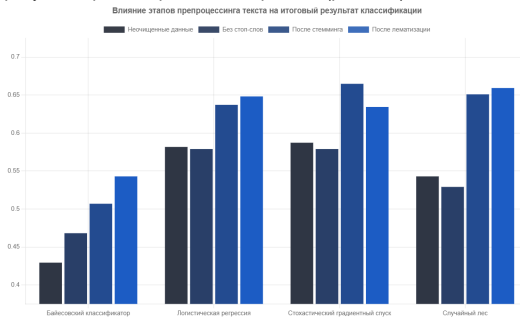


Рис. 3. Результаты классификации без использования биграмм

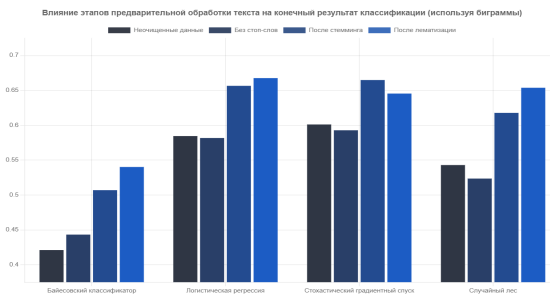


Рис. 4. Результаты классификации с использованием биграмм

Для векторизации текстовых данных было принято решение использовать алгоритм подсчета уникальных слов с применением биграмм и TF-IDF-метода. Экспериментальным путем было выяснено, что использование n -грамм большего порядка приведет к ухудшению результатов классификации текста (рис. 5).

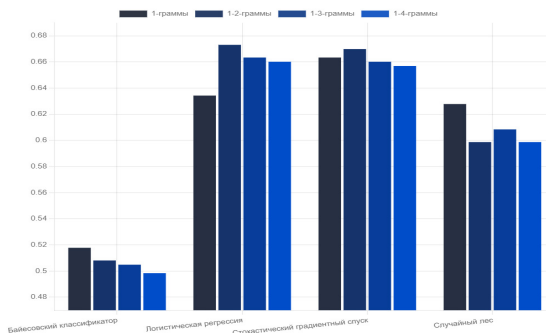


Рис. 5. Результат использования n -грамм разных размеров

Результаты исследования

Исследование посвящено сравнению различных методов классификаций и предобработки коротких сообщений при малом количестве обучающих данных. Для обучения и тестирования использовалось стандартное соотношение обучающих к тестовым данным – 70% и 30% соответственно. В результате экспериментального исследования, проведенного на публичных и анонимизированных данных, были сравнены наиболее популярные алгоритмы классификации и первичной обработки данных. По данным эксперимента наилучший результат дает использование метода удаления стоп-слов совместно с лемматизацией для нормализации данных и метода логистической регрессии для классификации. Доля правильных ответов на тестовой выборке составила 0,6796.

Библиографический список

1. Валиева Г. Д., Камаева Р. Б., Усманова М. Г. Классификация текстов // Вестник Башкирского университета. 2019. Т. 24, № 3. С. 729–732.
2. Прошина М. В. Современные методы обработки естественного языка: нейронные сети // Экономика строительства. 2022. № 5. С. 27–42.
3. Minaee S., Kalchbrenner N., Cambria E., Khasmakhi N. N. Deep learning–based text classification: a comprehensive review // ACM computing surveys (CSUR). 2021. Vol. 54, № 3. P. 1–40.
4. Валиев А. И., Лысенкова С. А. Применение методов машинного обучения для автоматизации процесса анализа содержания текста // Вестник кибернетики. 2021. № 4 (44). С. 12–15.
5. Hickman L., Thapa S., Tay L., Cao M. Text preprocessing for text mining in organizational research: Review and recommendations // Organizational Research Methods. 2022. Vol. 25, № 1. P. 114–146.
6. Голуб Т., Тягунова М. The Method for Reducing the Term Vector Size for Category Classification of Text Document // Problemele Energeticii Regionale. 2019. Vol. 41, № 1–2. P. 84–94.
7. Lovins J. B. Development of a stemming algorithm // Mech. Transl. Comput. Linguistics. 1968. Vol. 11, № 1–2. С. 22–31.
8. Поляков Е. В., Восков П. С., Абрамов П. С., Поляков С. В. Исследование обобщенного подхода к решению задач анализа настроений коротких текстовых сообщений в задачах обработки естественного языка // Информационно-управляющие системы. 2020. № 1. С. 2–14.
9. Двойникова А. А., Карпов А. А. Аналитический обзор подходов к распознаванию тональности русскоязычных текстовых данных // Информационно-управляющие системы. 2020. № 4. С. 20–30.
10. Воробьева А. А., Герасимов В. В., Лу Ю. В. Алгоритм выявления утечек инсайдерской информации финансовых рынков при инвестиционном консультировании // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2021. Т. 21, № 3. С. 394–400.
11. Łukasz G. Distinctive lexical patterns in Russian patient information leaflets: a corpus-driven study // Russian Journal of Linguistics. 2019. Vol. 23, № 3. P. 659–680.
12. Иномов Б. Б., Тропманн-Фрик М. Классификация научных текстов по специальностям методами машинного обучения // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. 2022. Т. 20, № 2. С. 27–36.
13. A unified understanding of deep nlp models for text classification / Z. Li, X. Wang, W. Yang [et al.] // IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. 2022. Vol. 28, № 12. P. 4980–4994.
14. Jarrahi A., Mousa R., Safari L. SLCNN: Sentence-Level Convolutional Neural Network for Text Classification. URL: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2301/2301.11696.pdf> (дата обращения: 12.02.2023).
15. Шибалкин С. Д., Никултин В. В., Аббакумов А. А. Анализ применения методов машинного обучения компьютерных систем для повышения защищенности от мошеннических текстов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2020. № 1. С. 29–40.
16. Чельшев Э. А., Озоков Ш. А., Раскатова М. В., Щёголев П. Сравнение методов классификации русскоязычных новостных текстов с использованием алгоритмов машинного обучения // Вестник кибернетики. 2022. № 1 (45). С. 63–71.

17. Эффективная классификация текстов на естественном языке и определение тональности речи с использованием выбранных методов машинного обучения / Е. С. Плешакова, С. Т. Гатауллин, А. В. Осипов [и др.] // Вопросы безопасности. 2022. № 4. С. 1–14.

18. Разработка и исследование моделей многоклассовых классификаторов для рекомендательной системы подготовки заявок на портале единой информационной системы в сфере закупок / Я. А. Селиверстов, А. А. Комиссаров, А. А. Лесоводская [и др.] // Информатика, телекоммуникации и управление. 2022. Т. 15, № 2. С. 43–62.

19. Evaluation Metrics for Classification Models – How to measure performance of machine learning models? URL: <https://www.machinelearningplus.com/machine-learning/evaluation-metrics-classification-models-r/> (дата обращения: 12.02.2023).

20. Nuanced metrics for measuring unintended bias with real data for text classification / D. Borkan, J. Sorensen, L. Dixon [et al.] // Companion proceedings of the 2019 world wide web conference. 2019. P. 491–500.

УДК 658.284

К. Г. Вaшурoв

студент кафедры электромеханики и робототехники

В. П. Кузьменко – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ОБОЗР МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Рассматриваются современные методы в области модернизации АСДУ (автоматизированные системы диспетчерского управления). Описываются основные требования автоматизации к современным АСДУ ЦОД (ЦОД – центр обработки данных), наиболее востребованные пути улучшения их рабочих функций. Статья будет актуальна для специалистов, делающих ставку на применение технологий в областях телемеханики и диспетчеризации удаленных объектов.

Автоматизация и телемеханика на сегодняшний день – самые динамично развивающиеся отрасли в энергетике. Этот факт объясняется потребностями современных производств и предприятий осуществлять координацию работы на расстоянии установками и машинами без местного персонала, объединять разнесенные территориально объекты энергетики в единые централизованные системы управления с возможностью автоматического приема сигналов и измерений и передачи на расстоянии команд управления. Современные системы телемеханики, помимо классических функций (телеуправление, телеизмерение, телесигнализация и телерегулирование), позволяют осуществлять предварительный отбор информации после ее сбора, образовывать сигналы, необходимые для передачи по конкретным каналам связи, принимать решения для управления местным оборудованием дистанционно, предоставлять диспетчеру информацию для визуального контроля и регистрации и т. д. Современные системы телемеханики гораздо лучше защищены от разного рода помех, обладают устройствами и системами самоконтроля, обнаруживающими ошибки как в самой системе, так и в сигналах синхронизации передаваемой информации.

При организации работы на территориально разобщенных объектах на всех ступенях производства, передачи, распределения, трансформации и преобразования электроэнергии используются автоматизированные системы диспетчерского управления (АСДУ).

Устройства автоматизации и телемеханики позволяют дистанционно управлять и регулировать работу электрических станций и подстанций энергосистемы с диспетчерского пункта энергосистемы, последние в свою очередь образуют объединенные энергосистемы. АСДУ предназначена для решения следующих задач:

- автоматизированный сбор информации о состоянии основного и вспомогательного оборудования систем электроснабжения;
- постоянный контроль состояний и режимов работы электроустановок, непрерывное предоставление информации оперативному персоналу;
- оповещение и предупреждение персонала о возникающих аварийных ситуациях или чрезвычайных происшествиях, отображение информации на рабочих местах пользователей системы;
- подробный ретроспективный анализ режимов работы основного электрооборудования;
- ведение статистики контролируемых параметров и действий оператора.

Кроме того, комплексы АСДУ могут иметь расчетные модули, выполняющие следующие функции:

- расчет сложно-замкнутых и многоконтурных схем;
- расчет переходных и установившихся режимов электрической сети;
- расчет и контроль основных режимов параметров сети [1].

АСДУ по определению не предназначены для локального управления электроустановками и оборудованием, не выполняют функции регулирования параметров энергосистем и поддержания их на определенном уровне, а также по защите оборудования (этим на сегодняшний день занимаются релейная защита и автоматика).

АСДУ имеет иерархическую многоуровневую структуру:

1) первичные датчики, измерительные приборы и преобразователи, выполняющие функцию сбора информации с электрооборудования;

2) УСПД (устройства сбора и передачи данных), серверы доступа, контроллеры, модули ввода-вывода, панели управления оборудованием, локальная автоматика, выполняющие функции сбора и передачи информации с первичного оборудования в пункты управления;

3) серверы ЦОД (центров обработки данных), содержащие средства организации обмена информации с контроллерами, а также программное обеспечение на основе SCADA-систем, обрабатывающее, представляющее и архивирующее информацию, поступающую от энергосистем, а также позволяющее осуществлять мониторинг и управление оборудованием [2].

Информационное взаимодействие между компонентами АСДУ происходит следующим образом (рис. 1):

- между ЦОД и АРМ (АРМ – автоматизированное рабочее место) оператора – по локальным вычислительным сетям;
- между УСПД и ЦОД – по локальным управляющим сетям;
- между УСПД и первичным оборудованием – в виде дискретных и аналоговых сигналов.

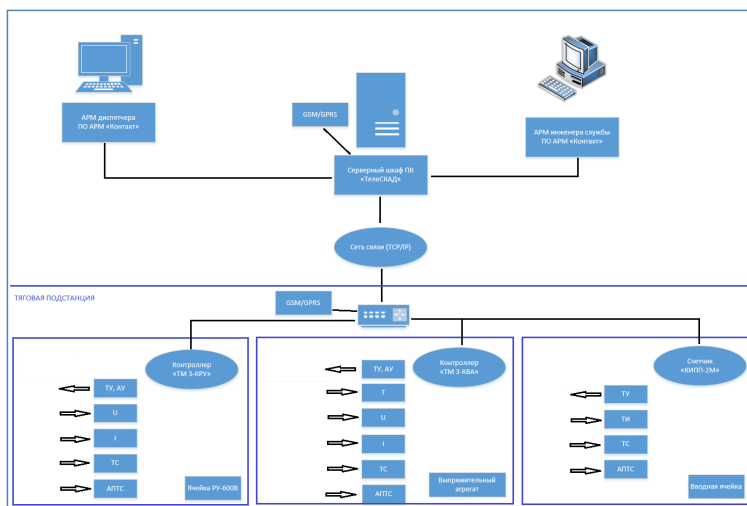


Рис. 1. Типовая структура АСДУ

Правильно спроектированная АСДУ ЦОД повышает эффективность работы диспетчерских центров. Кроме того, АСДУ реализует увеличение жизненного цикла оборудования, минимизируя время его работы в аварийных ситуациях, а также своевременное устранение критических режимов и аварий и, соответственно, непрерывность процесса электроснабжения потребителя.

Поэтому, с точки зрения диспетчерской службы, необходимы не только корректное и достоверное оповещение о возникновении аварии или выходе оборудования из строя, но и анализ динамики эксплуатационных параметров с целью недопущения их повышения или понижения до критических уровней. Соответственно, АСДУ позволяет организовывать своевременный планово-предупредительный ремонт и устранять отказы и повреждения до их возникновения. Исходя из этого, продолжается интенсивное развитие существующих систем диспетчеризации.

Итак, обозначив проблемы и предмет АСДУ, рассмотрим некоторые часто встречающиеся современные перспективные методы модернизации АСДУ. Основными на сегодняшний момент методами модернизации АСДУ являются: более продуктивная организация пользовательского интерфейса и

разделение пользователей по группам, реализация пользовательского интерфейса в 3D и дополнение АСДУ мультимедийными возможностями.

Разделение по группам пользователей

В процессе эксплуатации появляется необходимость обеспечивать прямой доступ к АСДУ другим, помимо диспетчерской службы группам сотрудников, эксплуатирующих оборудование. Например, специалисты по работоспособности системы гарантированного питания интересуются показателями качества электроснабжения, а также состоянием источников тока и напряжения, а специалисты охраны – параметрами и показателями работы охранных систем и сигнализации, видео с камер, информацией о состоянии дверей подстанции и т. п. [3]. Рационально обеспечить специалистам разных групп (пожарная безопасность, кондиционирование, охрана, информационная безопасность, релейная защита и автоматика и т. д.) подключение к АСДУ с соответствующих устройств, если это не затрагивает аспекты политики безопасности. Система сможет распознавать пользователя как пользователя конкретной группы и выводить на экран персонализированное меню в соответствии с политикой безопасности.

Такой метод уже применялся при модернизации АСДУ ЦОД. Для решения данной задачи использовалась идеология построения дополнительных виртуальных АРМ в интрасети с помощью WEB-сервера. На таком сервере размещаются страницы, каждая из которых соответствует конкретному виртуальному АРМ соответствующей группы специалистов. За доступом к каждому рабочему месту, на котором должны отображаться данные реального времени, следит отдельный сервер безопасности SCADA-системы. Он же направляет каждого пользователя на его страницу, и пользователь после ввода учетных данных будет иметь доступ только к тем данным, которые относятся к его компетенции [4].

Реализация пользовательского интерфейса в 3D

Использование цифровых 3D-моделей объектов диспетчеризации позволяет обеспечить работников диспетчерских служб возможностью присутствия на объекте, тем самым увеличивая производительность взаимодействия диспетчера и АСДУ. Объем информации, необходимой диспетчеру, предоставляется автоматически на настраиваемых панелях с данными. Если же такой информации может быть недостаточно, диспетчер сможет открыть на экране меню с любыми данными, которые могут его заинтересовать.

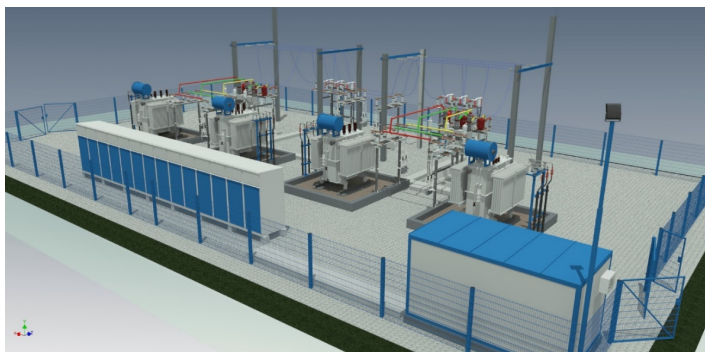


Рис. 2. Реализация 3D-модели электроснабжения подстанции

Объективная ценность 3D-моделей может быть неочевидна, особенно при сравнении необходимых затрат и потенциальной выгоды от их использования. Однако, помимо функций ознакомления с объектом и тренировки и обучения диспетчерского персонала, такая модель может выполнять функцию обеспечения безопасности работ по обслуживанию и ремонту (рис. 2). В частности, спланировать

размещение и передвижение персонала и техники с учетом зон безопасности, отработать порядок выполнения работ по ремонту и эксплуатации электроустановок [5]. Диспетчеру это может помочь контролировать возникающие опасные зоны в зависимости от актуального состояния оборудования и контролировать положение ремонтного и обслуживающего персонала в реальном времени.

Заключение

На примере представленных технологий можно отметить востребованные пути модернизации и расширения функционала АСДУ:

- обеспечение возможности доступа к информации АСДУ ЦОД более широкому кругу пользователей;
- сокращение потерь времени на техническое обслуживание и ремонт;
- создание интуитивно-понятного и эргономичного пользовательского интерфейса.

Улучшение структуры и функций АСДУ является на сегодня востребованным и перспективным направлением в областях телемеханики и диспетчеризации удаленных объектов.

Библиографический список

1. Кротков Е. А. Учебное пособие по дисциплине «Автоматизированные системы диспетчерского управления в электроэнергетике». Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. 62 с.
2. Типовые технические требования к функциональной структуре автоматизированных систем управления технологическими процессами подстанций Единой национальной электрической сети (АСУ ТП ПС ЕНЭС): стандарт организации (дата введ. 26.09.2016) // ПАО «ФСК ЕЭС». URL: https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/STO_56947007-25.040.40.227-2016_FSK.pdf (дата обращения: 13.01.2023).
3. Розметов Б. М. Системы автоматизации и управления «Автоматизированная система диспетчерского управления и учета». URL: <https://scienceforum.ru/2021/article/2018026154> (дата обращения: 13.01.2023).
4. Гладышев Г. Модернизация АСДУ центров обработки данных: проблемы и решения. URL: <https://www.cta.ru/articles/otrasli/avtomatizatsiya-zdaniy/124753/> (дата обращения: 13.01.2023).
5. Леонов А., Аникушкин М. Создание интерактивного 3D-приложения электроподстанции 220 кВ «Абакан-районная». URL: <https://trimetari.com/ru/proekty/promyshlennoe-stroitelstvo/sozdanie-interaktivnogo-3d-prilozheniya-elektropodstantsii-220-kv-abakan-rajonnaya> (дата обращения: 13.01.2023).

УДК 004.056.5

В. А. Веселова

магистрант кафедры информационной безопасности

В. С. Коломойцев

кандидат технических наук, доцент

А. А. Овчинников – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**ФРАКТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ САМОПОДОБИЯ ТРАФИКА****Введение**

Использование компьютерных сетей повсеместно сопровождается генерацией большого потока сетевого трафика. Злоумышленники с целью сбора и хищения информации, выводы инфраструктуры из строя применяют кибератаки, однако они могут быть не замечены в общем потоке трафика и привести к инцидентам в компьютерных сетях. Поэтому важно быстрое определение наличия аномалий в сетевом трафике и реагирования на них [1–4].

Сетевой трафик рассматривают как самоподобный нестационарный процесс. Самоподобные процессы основываются на фрактальном анализе. Коэффициент Херста (H) является важнейшим параметром, характеризующим степень самоподобия. При $0,5 < H \leq 1,0$ процесс является строго самоподобным, при $H = 0,5$ – случайный процесс, при $0 \leq H < 0,5$ процесс не является самоподобным [1].

Данная работа посвящена исследованию методов фрактального анализа трафика с целью выявления в нем аномалий за счет определения степени самоподобия трафика.

Методы фрактального анализа

Для нахождения значения показателя Херста распространены R/S -анализ и метод детрендрованного флуктуационного анализа (Detrended Fluctuation Analysis, DFA) [2; 5; 6].

R/S -анализ. Показатель Херста (H) определяется в терминах асимптотического поведения масштабированного диапазона как функции отрезка времени временного ряда следующим образом:

$$R / S = C \cdot n^H,$$

где R – размах накопленных отклонений n значений от среднего значения ряда, S – среднеквадратическое отклонение ряда наблюдений, n – число промежутков времени, C – заданная константа, положительное число (автор показателя Херст эмпирически рассчитал эту константу для сравнительно краткосрочных временных рядов природных явлений как 0,5) [7].

Данный метод может быть легко применен на практике. Обладая достаточным уровнем надежности, в то же время метод прост в применении. Однако он крайне чувствителен к длине ряда [6; 7].

Для получения точных результатов оценки показателя Херста необходимо проведение анализа нескольких тысяч наблюдений в исследуемом ряду. Таким образом, в качестве недостатка данного метода можно отметить то, что он не позволяет оценивать локальный Херст.

Метод DFA. Метод детрендрованного флуктуационного анализа в настоящее время является основным при определении самоподобия для нестационарных временных рядов. В исследованиях показано, что метод способен оценивать H с высокой точностью и относительной простотой. Алгоритм применения метода.

1. Пусть имеется временной ряд $x(t)$. Строится кумулятивный ряд $y(t)$, каждый член которого вычисляется по формуле

$$y_i = \sum_{j=0}^i (x_j - \bar{x}),$$

где $\bar{x}$ – среднее значение $x(t)$. Далее ряд $y(t)$ разбивается на N сегментов длиной δ .

Для каждого сегмента вычисляется флуктуационная функция:

$$F(\delta) = \sqrt{\frac{1}{\delta} \sum_{t=1}^{\delta} (y(t) - Y_m(t))^2},$$

где $Y_m(t)$ – локальный m -полиномиальный тренд в пределах данного сегмента (т. е. значение функции тренда в точке t).

2. Затем N полученных функций $F(\delta)$ усредняются. Такие вычисления повторяются для различных значений δ , результатом является набор двоек $\langle \bar{F}(\delta), \delta \rangle$. Для самоподобных процессов имеется степенная зависимость: $\bar{F}(\delta) \sim \delta^H$.

3. Соответственно H определяется как коэффициент при независимой переменной в уравнении линейной регрессии: $\ln \bar{F}(\delta) = H \cdot \ln \delta + b$, где b – свободный член.

При проведении сравнительных исследований эффективности работы рассмотренных методов оценивания H показано, что для стационарных временных рядов пригодны оба метода (R/S-анализ и метод DFA) [7]. R/S-анализ для временных рядов малой длины дает большую погрешность в результатах, чем метод DFA. Также R/S-анализ неприменим для нестационарных рядов, так как дает большую погрешность, достигающую 20–30%. Поэтому для нахождения показателя H в нестационарных процессах, к которым относится и сетевой трафик, предполагается использовать метод DFA.

Оценка работы метода DFA

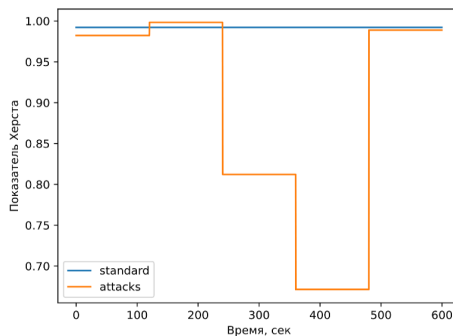
Сетевой трафик рассматривается как самоподобный процесс, имеющий память. Значительные изменения характера процесса приведут к резкому изменению показателя Херста. В большинстве случаев изменения характера процесса вызваны внешним воздействием, например кибератаками. Таким образом, можно предложить следующий алгоритм детектирования аномалий сетевого трафика.

Для эталонного и трафика с аномалией был рассчитан показатель Херста с помощью метода DFA. Если значения показателя Херста реального трафика отличаются от эталонного больше чем на 5%, то предполагается, что исследуемый реальный трафик содержит аномалию [8–10].

Сравнение показателя Херста эталонного и реального трафиков осуществляется с помощью средней абсолютной ошибки (MAPE), по следующей формуле:

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \frac{|Z(t) - \hat{Z}(t)|}{Z(t)} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $Z(t)$ – фактическое значение временного ряда, а $\hat{Z}(t)$ – прогнозное, N – количество отчетов.



Показатель Херста эталонного трафика и трафика с аномалией

Для определения диапазона времени, в котором возникает аномалия, реальный трафик разбивается на отрезки времени в несколько минут. Для эксперимента был сгенерирован эталонный трафик длительностью 5 мин. Реальный трафик – эталонный с DDoS-атакой в интервале с 330 до 400 с был разделен на группы по 120 с. Для эталонного трафика и для каждой группы реального трафика была проведена оценка показателя самоподобия.

На рисунке представлен график с полученными результатами показатель Херста для эталонного трафика и трафика с аномалией. На графике видно, что в интервал времени с 240 по 480 с показатель Херста трафика с аномалиями отличается более чем на 5% от показателя Херста эталонного трафика, что свидетельствует об изменении самоподобной структуры трафика, которая вызвана атакой.

Заключение

Проведено исследование методов фрактального анализа трафика – R/S-анализа и метода DFA, позволяющих определять долговременные зависимости в трафике компьютерной сети. В результате исследования было определено, что метод DFA является более эффективным, чем R/S-анализ, из-за его возможности обрабатывать не только стационарные, но и нестационарные ряды с высокой точностью. На примере эталонного трафика и трафика с аномалией было показано эффективное применение метода DFA для детектирования кибератак.

Библиографический список

1. Перов Р. А., Лаута О. С., Крибель О. М., Федупов Ю. М. Комплексная методика обнаружения кибератак на основе интеграции фрактального анализа и статистических методов // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2022. Т. 14, № 2. С. 44–51.
2. Усков Е. Д., Корепанова Н. Л. Анализ информативных признаков аномалий сетевого трафика корпоративных сетей // Современные инновации. 2019. № 3 (31). С. 13–16.
3. Суворов А. О., Суворова В. А. Интеллектуальный анализ сетевого трафика для идентификации компьютерных вторжений // Искусственный интеллект и принятие решений. 2019. № 1. С. 62–73.
4. Барсуков И. С., Ряполов М. П., Бобрешов А. М. Алгоритм анализа фрактальных свойств трафика для обнаружения сетевых аномалий // Радиолокация, навигация, связь: сб. тр. XXVI Междунар. науч.-техн. конф.: в 6 т., Воронеж, 29 сент. – 01 окт. 2020 г. Воронеж, 2020. Т. 4. С. 302–311.
5. Барсуков И. С., Бобрешов А. М., Ряполов М. П. Использование фрактальных свойств сетевого трафика для обнаружения LDoS-атак в клиент-серверных сетях // Нелинейный мир. 2019. Т. 17, № 2. С. 34–39.
6. Барсуков И. С., Ряполов М. П. Использование фрактальных свойств трафика в цифровых сетях связи для детектирования сетевых аномалий // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2018. № 3. С. 73–81.
7. Муллер Н. В., Младова Т. А. Комплексный анализ временных рядов с помощью фрактального и вейвлет-анализа // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2020. № 7 (47). С. 20–25.
8. Латышев О. Г., Казак О. О. Тренд-анализ свойств породного массива на основе фрактального представления пространственных рядов // Известия Уральского государственного горного университета. 2018. № 2 (50). С. 79–84.
9. Крибель А. М., Перов Р. А., Лаута О. С., Скоробогатов С. Ю. Модель выявления аномалий в сетевом трафике сети передачи данных в условиях компьютерных атак // Известия ТулГУ. Технические науки. 2022. № 5. С. 228–239.
10. Анализ и прогнозирование вредоносного сетевого трафика в облачных сервисах / М. В. Тумбинская, Б. И. Баянов, Р. Ж. Рахимов [и др.] // Бизнес-информатика. 2019. № 1. С. 71–81.

УДК 658.261

И. С. Владимиров

ученик 10-го класса лицея № 144

М. П. Иванов, А. А. Петухов, А. В. Иванов – магистранты кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители

ИСТОЧНИКИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ

Распределенная энергетика имеет множество преимуществ по сравнению с традиционной, которая используется около 95% мировых потребителей энергии. Например, она позволяет потребителю после создания или покупки прибора для выработки энергии забыть об ее оплате или уменьшить цену на энергию. Цель статьи – рассказать о важности непопулярного вида генерации энергии. Для этого решается ряд задач: найти преимущества и недостатки распределенной энергетики; найти примеры источников распределенной генерации; рассмотреть один конкретный источник генерации энергии с целью выяснить его эффективность и доступность.

Традиционная энергетика – это большой пласт отраслей тепло и электроэнергетики, обеспечивающий около 95% мировых пользователей энергии. Генерация ресурса происходит на специальных станциях: ТЭС, ГЭС, АЭС и т. д.

Концепция развития энергетики, которая будет рассматриваться в статье, подразумевает строительство потребителями источников электрической энергии компактных размеров или мобильной конструкции и распределительных сетей, производящих тепловую и электрическую энергию для собственных нужд, а также направляющих излишки в общую сеть.

Распределенная генерация энергии значительно отличается от традиционной модели центральной генерации, так как ее источник может находиться вблизи вместе с последними потребителями в промышленной области, на здании либо внутри сооружения [1]. Распределенной энергетике уделяется все больше внимания. Это в основном связано с ее преимуществами.

Преимущества для потребителей, инвестирующих в развитие:

- надежность и стоимость поставок энергии для своих нужд;
- возможность контролировать надежность и качество энергии;
- снижение затрат на электрическую и тепловую энергию;
- возможность при избытке продавать собственное электричество.

Недостатки:

- снижение надежности: по причине неопытности в данной сфере многие начинающие предприниматели могут допускать ошибки в производстве;
- необходимость организационных изменений – развитие и поддержание соответствующих компетенций;

- большие инвестиции для создания и поддержания собственной энергетической инфраструктуры;
- малые эффекты в случае малой доли энергозатрат в себестоимости.

Преимущества для простых потребителей:

- возможность выбора и снижения цены за счет увеличения спроса.

Риски заключаются в возможном снижении надежности энергоснабжения при возникновении ошибок (как и для потребителей, инвестирующих в развитие распределенной энергетики)

Преимущества для производителей:

- оптимизация капиталовложений и инвестиционных ресурсов;
- сильная конкурентная позиция по сравнению с новыми инвесторами (в том числе с потребителями);
- открытие перспектив экспорта моделей и практик на растущем глобальном рынке распределенной энергетики.

Недостатки:

- риски для основного бизнеса;
- усиление конкуренции;
- необходимость корректировки планов компаний.

К распределенной генерации приписывают источники малой мощности. Navigant Research принимают за такие источники ветряные электростанции мощностью до 500 кВт, солнечные электростанции до 1 МВт, газотурбинные до 250 кВт, а также газопоршневые и дизельные электростанции мощностью до 6 МВт [2].

Объекты распределенной энергетики: паровые котлы; газопоршневые электростанции (ГПЭС) (ГТЭС); тепловые насосы; возобновляемая энергетика (солнечные батареи, ветровые генераторы); когенерационные установки (КГУ); микротурбинные электростанции; топливные элементы.

Газотурбинная электростанция (рис. 1) – сверхтехнологичная установка, генерирующая электроэнергию, а также термическую энергию. Основу газотурбинной электростанции составляют один либо ряд реактивных моторов – силовых агрегатов, механически связанных с электрогенератором и объединенных системой управления в единый энергетический комплекс. Газотурбинная электростанция может иметь электрическую мощность от двадцати киловатт до сотен мегаватт. Кроме прямого вращения турбиной электрогенератора, газовая турбина способна также отдавать потребителю значительное количество (вдвое больше электрической мощности) тепловой энергии, которую можно использовать для выработки пара в котле-утилизаторе с целью дополнительного формирования электричества либо для потребностей теплоснабжения. В этом случае электростанция называется парогазовой или газотурбинной ТЭЦ.

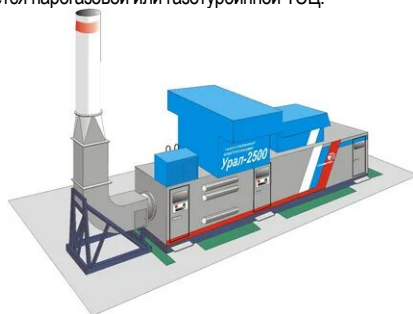


Рис. 1. Газотурбинная электростанция

Микротурбинные электростанции [3] (рис. 2) разработаны для промышленного применения и полностью отвечают современным требованиям по энергоэффективности, прежде всего за счет технологических особенностей и уникальных потребительских свойств. Все микротурбинные электростанции вырабатывают как электрическую, так и тепловую энергию. Работают автономно и параллельно с сетью. Единичная мощность микротурбинных электростанций от 30 до 250 кВт. Микротурбинные электростанции имеют модификации для работы на жидком топливе.



Рис. 2. Микротурбинная электростанция

Тепловой насос (рис. 3) – тепловая машина, прибор с целью перенесения термической энергии от источника к потребителю. В отличие от самопроизвольной передачи тепла, которая всегда происходит от горячего тела к холодному, тепловой насос переносит тепло в обратном направлении. Для работы тепловому насосу нужен внешний источник энергии. Более популярная система состоит из компрессора, теплового расширительного клапана, испарителя и конденсатора. Теплоноситель, циркулирующий внутри этих компонентов, называется хладагентом [4].



Рис. 3. Тепловой насос

Паровой котел (рис. 4) – котел для генерации насыщенного или перегретого пара. Способен применять энергию горючего, сжигаемого в собственной топке, электрическую энергию (электрический паровой котел) или утилизировать теплоту, выделяющуюся в других установках (котлы-утилизаторы) [5].



Рис. 4. Паровой котел

Возобновляемая энергия получается из непрерывных природных процессов, непосредственно от солнца или от тепла, вырабатываемого глубоко внутри земли. В определение включены электроэнергия и тепло, вырабатываемые из солнечной энергии, ветра, океана, гидроэнергии, биомассы, геотермальных ресурсов, а также биотопливо и водород, полученные из возобновляемых ресурсов [6].

Топливные элементы (ТЭ) – это электрохимические устройства, использующие водород, моноксид углерода либо газообразные органические топлива и кислород для производства электрической и тепловой энергии. Процесс производства электроэнергии в топливных элементах значительно более эффективен, чем в тепловых машинах.

Когенерационная установка (рис. 5) – произведенный на заводе комплекс оборудования, состоящий из генератора, двигателя и вспомогательных устройств, нужный для выработки одновременно

тепловой и электрической энергии. При тригенерации также вырабатывается холод. Принцип действия основан на работе двигателя внутреннего сгорания, вращающего генератор, производящий электроэнергию [7].



Рис. 5. Когенерационная установка

Подробнее рассмотрим возобновляемую энергетику, так как остальные способы требуют ресурсов, которых большинству людей не получить. И в целом остальные методы больше подходят для населенных пунктов.

Охарактеризуем солнечные батареи. Они компактнее и стабильнее других способов (ветряных, волновых, приливных станций). Солнечная панель – объединение фотоэлементов, которые преобразуют солнечную энергию в электричество. Количество таких фотоэлементов всегда кратно 12.

Солнечные батареи – очень удобный способ накапливать электроэнергию. Они имеются в светофорах, фонарях, калькуляторах. Для пользования ими не нужно особых условий. Единственная проблема солнечных батарей в том, что их нужно много для питания больших участков сети.

Однако концепция распределенной энергетики подразумевает накопление энергии для собственных нужд, вследствие чего количество необходимой энергии уменьшается и при наличии возможности накапливать энергию теоретических проблем с ней быть не должно. Все зависит от количества потребляемой энергии. Средним для владельца дома считается 28–34 батареи по 72 фотоэлемента. Солнечные батареи можно купить или создать в домашних условиях [8].

Распределенная генерация энергии эффективна и имеет много плюсов, ее источники могут быть довольно доступными.

Библиографический список

1. Микротурбинные электростанции. URL: https://manbw.ru/analytys/mikroturbinnie_elektrorstancii_calnetix_elliott_capstone_contemporary_energy-effective_technologies_power_systems.html (дата обращения: 15.03.2023).
2. Тепловой насос. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Тепловой_насос (дата обращения: 15.03.2023).
3. Паровой котел. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Паровой_котёл (дата обращения: 15.03.2023).
4. Возобновляемая + энергетика. URL: <https://yandex.ru/search/?clid=9582&text=возобновляемая+энергетика&lr=&ru&lr=2> (дата обращения: 15.03.2023).
5. Тепловые насосы. URL: <https://yandex.ru/search/?clid=9582&text=тепловые+насосы&lr=&ru&lr=2> (дата обращения: 18.03.2023).
6. Газотурбинные электростанции. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Газотурбинная_электростанция (дата обращения: 18.03.2023).
7. Солнечные батареи. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_батарея (дата обращения: 20.03.2023).
8. Распределенная энергетика в России. URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2018.02.01.pdf (дата обращения: 23.03.2023).

УДК 621.865.8

И. И. Гиндуллин, А. А. Лонцаков, Л. С. Салихов

магистранты кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики

О. В. Даринцев – доктор технических наук, профессор – научный руководитель, Уфимский государственный нефтяной технический университет

СТРУКТУРА РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО МОДУЛЯ СОРТИРОВКИ ДЕТАЛЕЙ

Введение

Самой распространенной технологией добычи нефти на территории РФ (более 67%) является эксплуатация нефтяных скважин механизированным способом с использованием электроприводного центробежного насоса (УЭЦН) [1]. Поэтому наиболее частой причиной незапланированных простоев скважин служат отказы УЭЦН, что приводит к существенным материальным потерям. При средней продолжительности эксплуатации нефтяной скважины в 30 лет [2] и среднем межремонтном периоде УЭЦН 1,5 года [3] для бесперебойной работы необходимо порядка 20 комплектов УЭЦН. При этом некоторые насосы, выведенные из эксплуатации, возможно использовать повторно после диагностики, замены некондиционных элементов, смазки. А с учетом того, что количество скважин на месторождении в некоторых случаях достигает нескольких десятков, актуальной и экономически выгодной становится задача организации ремонта УЭЦН на месте.

В статье рассматривается один из возможных вариантов реализации автоматической роботизированной сортировки, дефектовки и хранения деталей УЭЦН, что позволит конструктивно выполнить его в виде мобильного автономного модуля, отказавшись от привлечения дополнительного персонала для выполнения этой работы на месторождении.

Подсистема сортировки

При поступлении деталей разобранного УЭЦН в проектируемый модуль на первом этапе выполняется сортировка деталей (предварительная выбраковка), при этом в выданном техническом задании в качестве одного из вариантов входного потока рассматривается «корзина» с хаотично расположенными компонентами. Поэтому перспективными будут системы, использующие техническое зрение и реализующие операции быстрого распознавания объектов (рис. 1) [4], что позволит уже на первом этапе сделать выбраковку компонентов, имеющих значительные отклонения от эталонной формы [5]. На этапе проектирования подсистемы сортировки особое внимание будет уделено организации системы освещения, так как для корректного распознавания объектов необходимо, чтобы изображение объекта имело четкие очертания.

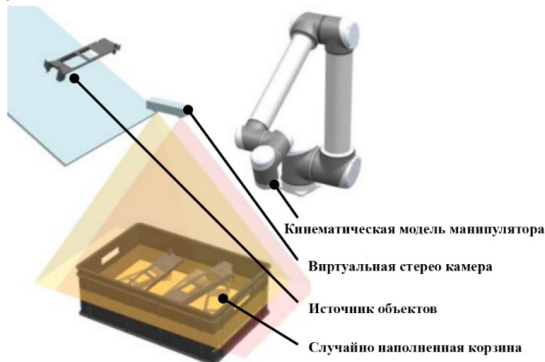


Рис. 1. Предварительная компоновка подсистемы сортировки

По итогам анализа информации о перспективных системах распознавания, в качестве основного прототипа был выбран вариант, у которого в ходе испытаний были получены результаты распознавания с точностью до 84 % [6].

Подсистема дефектовки

Далее поток условно пригодных компонентов УЭЦН поступает в следующую подсистему модуля, которая распределяет входной поток по трем категориям: соответствует требованиям, не соответствует требованиям, требуется доработка. На сегодняшний день не существует универсальной методики решения задачи автоматизированной дефектовки, однако визуальная инспекция вполне способна обеспечить требуемые точность и скорость [7].

Функциональное разделение подсистемы дефектовки (рис. 2) подразумевает три уровня: контроль контура (отклонение от эталона), контроль поверхности (отсутствие трещин, царапин, участков коррозии, следов перегрева и т. д.), контроль размеров (требования указаны в технической документации и операционных картах).



Рис. 2. Функциональное разделение подсистемы дефектовки

Был выполнен анализ известных алгоритмов для каждого из этапов рассматриваемой подсистемы. Предлагалось выполнять 3D-реконструкцию контролируемого объекта, известны решения этой задачи с высокой точностью [8], но такой подход требует разработки значительного объема специализированных алгоритмов. Более эффективным признано классическое распознавание контура объекта с его последующим взвешиванием, поэтому в качестве метода распознавания был выбран *R-FCN (ResNet101)* [9].

Для задачи контроля качества поверхности после анализа классических алгоритмов компьютерного зрения (метод Виолы, гистограмма направленных градиентов и др.) и сопоставления их эффективности с моделями глубокого обучения, а также с учетом результатов работ А. Крижевского [10], где наглядно показано превосходство сверточных нейронных сетей над традиционными методами, в разрабатываемом проекте предлагается использовать машинное обучение. Исходя из требований к точности, а также широкого набора признаков дефектовки и на основании сравнительного анализа в качестве оптимальной вычислительной архитектуры для дефектовки поверхности был выбран метод *YOLOv4* [11].

Бесконтактный контроль размеров с использованием оптических средств (лазерный дальномер, лазерная триангуляция, лазерные сканеры) является наиболее распространенным способом автоматизированного контроля размеров и на практике способен обеспечить точность в десятки мкм [12]. Альтернативой, обеспечивающей высокую точность (5 мкм), служат координатно-измерительные машины, обладающие более низкой производительностью при контактном способе измерения и более высокой цене. Но оба варианта предполагают большие габариты измерительной базы, что невозможно реализовать из-за требований компактности разрабатываемого модуля. А с учетом того, что наиболее значительные дефекты были выявлены ранее, рассматривается вариант разработки специализированного схвата, который позволяет провести измерения с достаточными точностью и временем измерений. В качестве альтернативы «измерительному» схвату рассматривался также вариант измерения размеров на основе лазерной триангуляции.

Подсистема хранения

В качестве вариантов реализации хранения пригодных и требующих доработки деталей УЭЦН были рассмотрены наиболее распространенные технологии – складские ячейки карусельного и лифто-

вого типа (рис. 3) [13]. Специфичность реализации модуля хранения для каждого из вариантов и ограничения на габариты модуля требуют дополнительных исследований.

Карусельная система хранения предусматривает подвижную конструкцию ячеек для хранения деталей, легко масштабируется, при этом каждый стеллаж может быть разбит на секции с собственными электроприводом и управлением. Наиболее существенным недостатком такого варианта является фиксированный размер ячеек.

Лифтовая система хранения менее энергоемка, так как предполагает использование «классических» стеллажей, для перемещения объектов в которых используется специальное подъемно-транспортное устройство (челнок). Преимуществом такого варианта является возможность быстрого и легкого масштабирования ячейки хранения (изменения как длины, так и высоты).



Рис. 3. Карусельная и лифтовая система хранения

Так как предполагается, что размеры разрабатываемого роботизированного модуля автономного модуля не должны превышать размеры стандартного морского контейнера (кратное снижение затрат на логистику), более компактный вариант реализации подсистемы хранения будет у лифтового способа.

Заключение

В статье показаны результаты, полученные в ходе выполнения первого (эскизного) этапа проектирования робототехнического модуля дефектовки УЭЦН. Для предлагаемой структуры модуля выполнены анализ методов, алгоритмов, технических и конструктивных решений, сформированы требования к необходимому оборудованию. В дальнейшем планируются научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, на первом этапе которых будут получена симуляционная компьютерная модель, проведена оптимизация компоновки и подготовлены материалы презентации для потенциального заказчика.

Библиографический список

1. Рудницкий С. В., Зацепин А. Ю., Демин Е. В., Ющенко Т. С. Перспективное скважинное оборудование для добычи сланцевой нефти баженовской свиты // ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. 2021. Т. 6, № 1. С. 67–75.
2. Мотина С. И., Копейкин И. С. Техническая экспертиза промышленной безопасности эксплуатационных колонн нефтяных скважин // Современные проблемы нефтегазового оборудования. 2019. С. 437–440.
3. Галиев, К. Р., Ямалиев, В. У. Методы повышения безотказности УЭЦН в осложненных условиях эксплуатации // Современные проблемы нефтегазового оборудования. 2019. С. 210–218.
4. Virtual commissioning of 6 DoF pose estimation and robotic bin picking systems for industrial parts / M. Metzner, S. Weissert, E. Karlidag [et al.] // IFAC-PapersOnLine. 2019. № 52 (10). P. 160–164.

5. Consistent video depth estimation. URL: <https://roxanneluo.github.io/Consistent-Video-Depth-Estimation/> (дата обращения: 27.02.2023).
6. Investigations on output parameterizations of neural networks for single shot 6d object pose estimation. URL: <https://www.bin-picking.ai/en/BinPicking3d.html> (дата обращения: 27.02.2023).
7. A survey of defect detection applications based on generative adversarial networks / X. He; Z. Chang; L. Zhang // IEEE access. 2022. Vol. 10. P. 113493–113512.
8. ShAPO: Implicit representations for multi-object shape, appearance, and pose optimization / Z. Muhammad, S. Irshad, R. Zakharov [et al.] // Computer vision – ECCV. 2022. Vol. 13662. P. 275–292.
9. Zhao Z. Q., Zheng P., Xu S. T., Wu X. Object detection with deep learning // A review in IEEE transactions on neural networks and learning systems. 2019. Vol. 30. P. 3212–3232.
10. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. ImageNet classification with deep convolutional neural networks // In proceedings of the 25th international conference on neural information processing systems. 2012. Vol. 1. P. 1097–1105.
11. Tulbure A. A., Tulbure A. A., Dulf E. H. A review on modern defect detection models using DCNNs – Deep convolutional neural networks // Journal of advanced research. 2021. Vol. 35. P. 33–48.
12. Brosed F. J., Aguilar J. J., Guillomia D., Santolaria J. 3D-geometrical inspection of complex geometry parts using a novel laser triangulation sensor and a robot // Sensors. 2011. P. 90–110.
13. Автоматизированные склады. URL: <https://skladovoy.ru/avtomatizirovannye-sklady-albakarusel.html> (дата обращения: 03.13.2023).

УДК 621.314.1

В. С. Голиков

ученик 11-го класса гимназии № 524

А. П. Мастеров, С. Д. Филимонов – студенты кафедры мехатроники и робототехники – научные руководители

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АГРОНОМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Автоматический полив растений находит применение в различных сферах жизни человека. Это может быть как домашнее устройство, которое можно поставить на подоконник и на месяц забыть про полив любимого цветка или иного растения, так и полномасштабная автономная теплица, позволяющая затрачивать минимум рабочей силы для содержания выращиваемых продуктов. Данный проект облегчает жизнь многим садоводам и прочим людям. Представлено описание системы управления агрономическим комплексом, а также устройств сбора данных и исполнительных устройств [1].

Центр управления любой автоматической системы – контроллер. При создании системы управления агрономическим комплексом, или «Умной теплицей», использовался контроллер семейства ESP, конкретно ESP32. Его характерная особенность – однокристальная архитектура. На сегодняшний день однокристальные чипы широко используются при создании самых разных автоматизированных систем. Цены на подобные устройства пока не растут, что делает однокристальные чипы одними из самых распространенных устройств для создания автоматических систем управления.

Помимо контроллера ESP32, компания Espressif имеет среди разработок контроллер ESP8266. Это предшественник модели ESP32, имеющий более слабые характеристики по сравнению с новой усовершенствованной моделью. У ESP32 больший объем памяти, увеличенный функционал и наличие небольшого числа инструментальных библиотек для работы с программами. Недостатками контроллеров серии ESP являются отсутствие поддержки сенсоров и недостаточное количество драйверов для увеличения обрабатываемых информации показателей.

Помимо центральной части системы, необходимо упомянуть устройства сбора данных. Для определения уровня освещенности окружающей среды используется инфракрасный датчик MGS-L75. Данный датчик представлен на рис. 1.

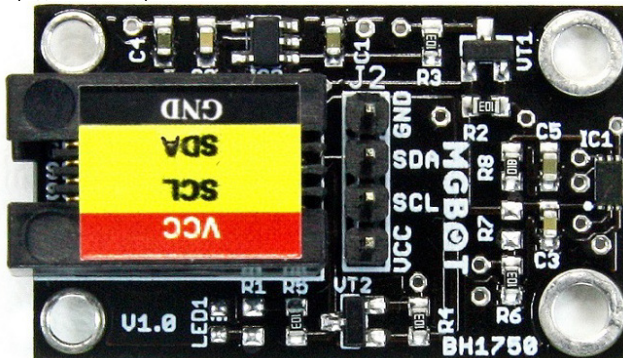


Рис. 1. Датчик освещенности MGS-L75

Датчик имеет в составе два устройства: генератор сигнала и приемник сигнала. Генератор занимается излучением сигнала в инфракрасном диапазоне, который обрабатывается приемником после перемещения в пространстве. Датчики подразделяются на пассивные, активные и комбинированные [2].

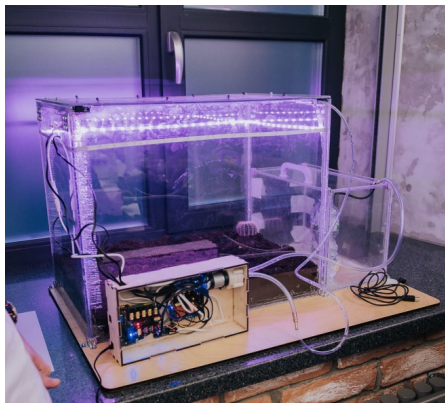


Рис. 4. Внешний вид агропромышленного комплекса

Размеры комплекса были подобраны таким образом, чтобы конструкция могла поместиться на стандартном подоконнике. При желании подобную систему с легкостью можно использовать и в промышленных условиях. Комплекс предназначен для выращивания комнатных культур с максимальной высотой стебля не более 40 см. Уровень грунта, проложенного в агрономическом комплексе, составляет 7 см, что для растений с небольшой корневой системой является оптимальным вариантом.

Библиографический список

1. Программирование устройств на основе модуля ESP32 // InTan.ru. URL: <https://itnan.ru/post.php?c=1&p=522730> (дата обращения: 19.03.2023).
2. Потенциал российских инноваций на рынке систем автоматизации и робототехники // Российская венчурная компания. URL: https://rvc.ru/upload/iblock/859/Otchet_robot_291014.pdf (дата обращения: 17.03.2023).
3. Программирование устройств с использованием ESP32 // ХАБР. URL: https://habr.com/ru/company/epam_systems/blog/522730/ (дата обращения: 13.03.2023).
4. Устройство и принцип работы датчика влажности // ОвенКомплектАвтоматика. URL: <https://www.owenkomplekt.ru/ustroystvo-printsip-raboty-datchika-vlazhnosti.html> (дата обращения: 17.03.2023).
5. Разъемы серии RJ // Бурый Медведь. URL: <https://www.brownbear.ru/info/razemy-RJ-2018-02-21/> (дата обращения: 16.03.2023).

УДК 004.896:721.05

А. П. Гольдберг

ученик 10-го класса лица № 144

А. В. Тимощук – студент кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель

ПРОЕКТ УМНОГО ТЕАТРА

Разрабатывается проект умного театра на основе технологий умного дома и интернета вещей. Главная задача – составление сценариев работы оборудования и анализ использования системы в театральном искусстве.

Введение

Современный мир неоспоримо развивается быстрыми шагами, и то, что несколько лет назад казалось нереальным, сегодня является обыденностью. В категории таких технологий находятся умные дома – системы управления домом, которые автоматически и согласованно управляют всеми технологическими системами в помещениях и на связанной территории. Эти системы автоматически распознают изменения на локации и соответствующим образом на них реагируют.

Удобство умных домов заключается в их настройке под нужные условия, а также практически в полной автоматизации. Настройку необходимо проводить с учетом всех нюансов, но, если что-то осталось незамеченным, это можно легко изменить и отправить на доработку. Системы легко использовать, они удобны, эффективны и экономичны.

Часто в умных домах используется интернет вещей – система взаимосвязанных вычислительных устройств, которые могут собирать и передавать данные по беспроводной сети без участия человека. Интернет-вещами могут стать почти любые устройства с выключателем, которому назначен IP-адрес.

Умный дом используется в повседневной жизни как общая удобная система дома, включающая управление светом, безопасностью, микроклиматом, аудио- и видеоустройствами, подключенными к интернету [1]. Основная цель умных домов – упрощение жизни человека и повышение комфорта и удобства использования оборудования. Тем не менее возникает вопрос, совместим ли умный дом с искусством. Я считаю, что да, и на основе этого мы с моим куратором разработали систему и сценарии умного дома для театра.

Проект умного театра

В первую очередь необходимо взять за основу план помещений театра, где располагалось бы все необходимое оборудование. В связи с этим был составлен список помещений, необходимых для работы [2]: зал, сцена, рубка управления, гримерка, буфет, гардероб, касса, коридоры. В этих помещениях будут находиться интернет-вещи, которые будут менять свое состояние в зависимости от разных режимов, которые будут использоваться.

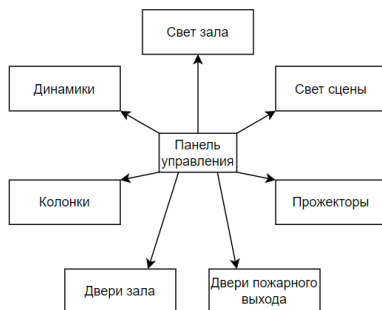


Рис. 1. Взаимодействие интернет-вещей

Управление режимами – задача режиссера, он будет выбирать тот режим, который будет подходить в определенной ситуации [3]. Панель управления будет главной системой управления умным театром. При помощи нее можно изменять режимы. Зависимость взаимодействия устройств с панелью управления показана на рис. 1. Подробная информация о количестве и работе каждого типа устройств в представленных режимах показана в таблице.

Устройства и сценарии работы

Панель управления	Подготовка зала	Появление зрителей	Начало акта	Акт	Антракт/ конец акта	Аварийный режим
Свет № 1	Вкл	Выкл	Выкл	Выкл	Вкл	Вкл
Свет № 2	Выкл	Выкл	Выкл	Вкл	Вкл	Вкл
Свет № 3	Вкл	Выкл	Вкл	Выкл	Вкл	Вкл
5 общих динамиков	Выкл	Играет музыка	Играет музыка	Выкл	Играет музыка	Аудиосообщение
Динамик гримерки	Аудиосообщение	Аудиосообщение	Аудиосообщение	Аудиосообщение	Аудиосообщение	Аудиосообщение
2 колонки на сцене	Выкл	Выкл	Выкл		Выкл	Выкл
2 двери автоматические	Выкл	Заблокированы	Открыты	Закрыты	Открыты	Открыты
2 двери пожарного выхода	Заблокированы	Заблокированы	Заблокированы	Заблокированы	Заблокированы	Разблокированы

На основе всех этих данных был спроектирован общий план театра и расставлено оборудование (рис. 2).

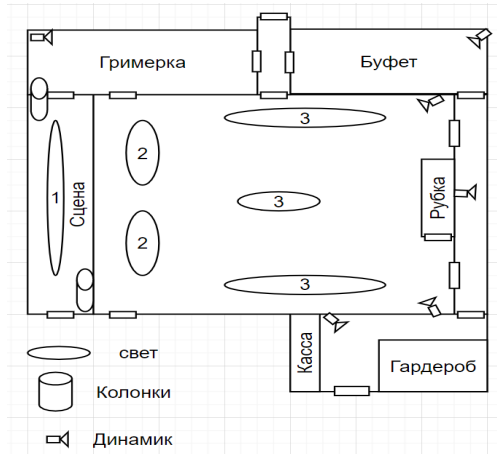


Рис. 2 Общий план помещений театра с расставленным оборудованием

Заключение

Представлен проект умного театра с подобранным оборудованием и составленным списком сценариев. Система умного театра сможет эффективнее решить некоторые задачи подготовки и автома-

тизировать управление во время представления. Умный театр объединяет несколько функций, тем самым помогая проще и быстрее решать простые задачи.

Библиографический список

1. Черняк А. А. Система «Умный дом» // Молодой ученый. 2020. № 52 (342). С. 51–53. URL: <https://moluch.ru/archive/342/77055/> (дата обращения: 23.03.2023).
2. Семеновская Е. Индустриальный Интернет вещей. Перспективы Российского рынка // Ростелеком. URL: https://www.rostelecom.ru/projects/IIoT/study_IDC.pdf (дата обращения: 24.07.2017).
3. Бодров С. А., Журавлев А. В., Ерпелев А. В. Умный дом: история, принцип работы, устройства умного дома, протоколы // Технические науки: проблемы и решения: сб. ст. по матер. XLIV Междунар. науч.-практ. конф. М., 2021. С. 29–32.

УДК 621.314

А. Д. Горюнов

студент кафедры электромеханики и робототехники

М. В. Сержантова – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ЦИФРОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

В современном мире устройства с микропроцессорами обладают огромным потенциалом в применении во многих отраслях, в том числе в электромеханике и робототехнике. Прогрессивные технологии в усовершенствовании систем автоматизации по контролю электроэнергии и управлению в электроэнергетике способствуют более активному и эффективному их применению.

При проектировании трансформаторов измерения должны формироваться на выходе измерительного трансформатора в виде цифрового сигнала. Использование последних разработок и новых технологий в сфере электроники и вычислительного оборудования будет способствовать скорейшему их внедрению в промышленности.

Стандарт МЭК 600448 на электронные трансформаторы тока разработан в России в 2010 г. и распространяется на вновь изготовленные электрические трансформаторы тока (ЭТТ), имеющие аналоговый или цифровой выход и предназначенные для использования с электрическими измерительными приборами и электрическими защитными устройствами при номинальных частотах от 15 до 100 Гц [1].

Цифровые измерительные трансформаторы тока и напряжения в современном мире являются ключевыми устройствами в системе управления режимами работы в программируемых электрических сетях, которые являются в ней защитой электрооборудования от сверх токов и режимов аварии, также они проводят измерение тока и напряжения, что позволяет точно регистрировать отклонения в энергосистеме.

Назначение цифровых трансформаторов тока и напряжения

Цифровой трансформатор тока и напряжения (ЦТТН) создан для измерения параметров тока и напряжения и последующей их передачи, а также для учета, систем защиты, систем автоматики, охранной сигнализации и управления в сетях переменного и постоянного тока на напряжение 6(10)–35(110) кВ с частотой 50 или 60 Гц [2].

Передача информации может производиться при помощи оптических кабелей согласно протоколом IEC 61850-9-2, а также медными кабелями в качестве аналогового сигнала. Данные трансформаторы имеют несколько первичных преобразователей тока и напряжения, измерительная информация которых предназначена для различных устройств, таких как релейная защита и автоматика, автоматизированные системы учета электроэнергии. Изображение ЦТТН 6(10)–35 кВ представлено на рис. 1.



Рис. 1. ЦТТН 6(10)–35 кВ

ЦТТН также выборочно может выдавать информацию о параметрах измеряемых электрических сигналов и передаваемой электрической энергии, а также служебную информацию, отражающую состояние цифрового трансформатора.

Синхронизация электронных блоков работает по внешнему стробирующему сигналу 1PPS и по протоколу РТР. За выбор сигнала должен отвечать заказчик, и выполнение происходит строго по его выбору.

ЦТТН может выпускаться в резервированном исполнении, при этом на стороне высокого напряжения устанавливаются два комплекта первичных измерительных преобразователей тока, установленных на одной изоляционной колонне. Делитель напряжения также может исполняться в резервированном исполнении, при этом в изоляционной колонне устанавливаются два и более высоковольтных делителя.

Принцип действия и конструктивные особенности ЦТТН

Трансформатор работает так, что производит измерение силы переменного и постоянного тока за счет нескольких первичных преобразователей силы тока. Само измерение может производиться одновременно с преобразователями. Измерение напряжения переменного и постоянного тока осуществляется при помощи делителей напряжения. Получение данных производится в зависимости от уровня измеряемого напряжения. Для измерения 35 кВ и выше используется первичная сторона, а при ниже 35 кВ – вторичная.

Электронный блок на первичной стороне преобразует выходные сигналы соответствующих первичных преобразователей в цифровой сигнал. Он выполняет формирование пакетов данных и передачу их по оптическим кабелям электронным блокам на вторичной стороне. Далее электронный блок обрабатывает полученные пакеты данных и отправляет их по оптическому кабелю устройствам релейной защиты, также автоматики, коммерческого учета электроэнергии и другим устройствам подстанции.

Принципы измерения

Главным компонентом измерительных счетчиков являются датчики тока. Для этой роли идеально подходит шунтирующий резистор. Он дешев и имеет хорошую линейность, изображение устройства представлено на рис. 2.

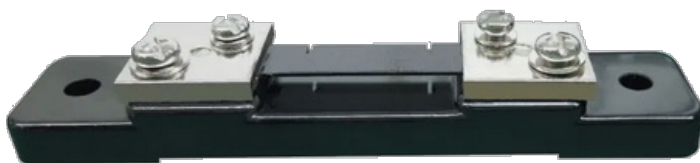


Рис. 2. Шунтирующий резистор

Данное устройство имеет ряд недостатков из-за правил, касающихся максимального энергопотребления, в соответствии с МЭК 62053-21:2003. Также его сопротивление ограничено несколькими сотнями микроОм. Такое низкое значение приводит к небольшим вторичным напряжениям при низких первичных токах. При этом они должны быть тщательно отфильтрованы и усилены, чтобы обеспечить заданную точность измерителя при низком уровне тока [3].

Охлаждение счетчика – один из важных моментов, который нужно учитывать. Требуется предусмотреть дополнительное гальваническое разделение для предотвращения аварийного режима. В большинстве случаев при таком решении потребуются разделительные трансформаторы, что, к сожалению, увеличивает общую стоимость счетчика. Данное решение представлено на рис. 3.



Рис. 3. Разделительный трансформатор

Еще одним способом измерения силы тока является катушка Роговского. При ее использовании эффект насыщения не появляется, так как отсутствует сердечник. Изображение катушки представлено на рис. 4. Недостаток – помехи при измерении. Требуется наличие экранирования, чтобы погрешности измерений были небольшими.



Рис. 4. Катушка Роговского

Конструкции, использующие устройства с датчиками Холла, должны быть четко разделены, так как недорогие типы могут страдать от эффектов старения, которые со временем могут ухудшить точность; стабилизированные конструкции будут контролировать эти эффекты, но за счет сложной схемы компенсации. Датчик Холла представлен на рис. 5.

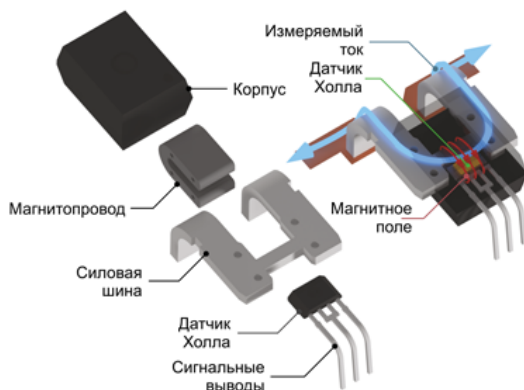


Рис. 5. Датчик Холла

Способ подключения

Подключение трансформатора тока в трехфазных сетях напряжением 6–35 кВ имеет особенности. Чаще всего оно задействуется на двух фазах А и С в связи с тем, что сигналы тока будут образовываться на данных фазах, так как в сетях напряжением 6–35 кВ отсутствует нулевой провод. В сетях с глухозаземленной нейтралью с напряжением в сети до 110 кВ и с эффективно заземленной нейтралью с напряжением в сети 110 кВ и выше трансформаторы тока используются во всех трех фазах.

При подключении трехфазной сети вторичные обмотки трансформаторов тока соединяются схемой типа «звезда». Схема «треугольник» используется для дифференциальных защит силовых трансформаторов с электронными реле. Иногда в целях экономии измерительных составляющих в схемах защиты используют схему «на разность токоведущих фаз». Схема подключения трансформатора представлена на рис. 6 [4].

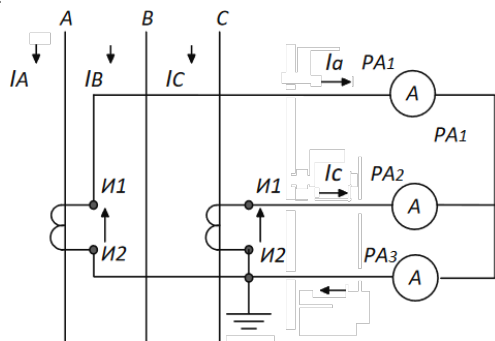


Рис. 6. Схема подключения трансформаторов тока

Защита от магнитного поля

Регулирующие органы по проведением электрических измерений ввели требования, касающиеся гораздо более сильных полей, чтобы также учитывать их потенциальное вмешательство в работу счетчиков. Эти требования привели к изменению конструкции счетчиков, например к герметизации чувствительных компонентов счетчика от сильных редкоземельных магнитов с использованием магнитного

экранирования. Однако необходимо понимать, что не только постоянные магниты, но и катушки, создающие магнитные поля переменного тока, потенциально могут быть использованы для вмешательства [5].

Для каждого метода измерения доступны контрмеры, такие как магнитное экранирование. В долгосрочной перспективе конкуренция между такими факторами, как увеличение размеров магнитов и усилий по экранированию, не может быть выиграна ни одной из участвующих сторон, но значительно увеличивает стоимость счетчика.

Надежность трансформаторов

Согласно исследованиям, основными причинами аварий трансформаторов являются повреждение витков изоляции, которые условно могут происходить от грозы и окисления масел. Срок службы твердой изоляции принят 15 лет, а замену масла требуется производить один раз в 4–5 лет, в отдельных случаях чаще. Чтобы следить за отклонениями технических данных, требуется система мониторинга за устройством [6].

Внедрение ЦТТН обеспечивает доступ к информации о состоянии тока и напряжения, что позволяет отслеживать и контролировать любые отклонения от заданных значений. Изображение системы отслеживания представлено на рис. 7.

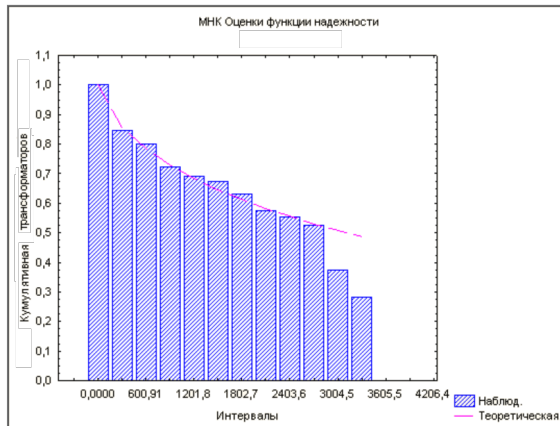


Рис. 7. Оценка функции надежности

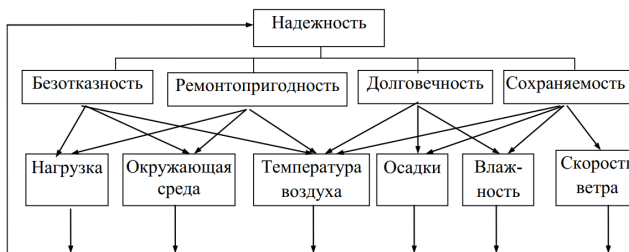


Рис. 8. Надежность системы

Данные операции позволяют продлить срок службы работы трансформаторов, а также существенно сократить эксплуатационные затраты, исключив ремонты, осуществляемые в определенные сроки обслуживания без учета состояния оборудования, проводя ремонт только тогда, когда этого требует оборудование, что повышает надежность системы. На рис. 8 представлен график критериев надежности.

Заключение

Обычные трансформаторы вносят погрешности в измерения тока и нагрузки из-за широкого динамического диапазона сигналов тока в энергосистемах, что влечет за собой использование в трансформаторах тока больших сердечников во избежание насыщения в условиях аварии. Однако из-за свойств материала магнитного сердечника они создают значительные погрешности при номинальном токе, что делает их непрактичными для целей измерения.

В скором времени умные сети приобретут большее влияние в нашей жизнедеятельности. Практически везде сейчас подключены электронные счетчики, которые позволяют с высокой точностью мониторить потребление электроэнергии. При этом данные устройства должны иметь связь с устройствами безопасности для предотвращения возможных аварийных ситуаций.

Изучение и продвижение цифровых измерительных аппаратов должны быть выдвинуты на одни из первых позиций в развитии оборудования энергосетей. Если обуздать и контролировать тот или иной вид энергии, можно открыть его новые возможности и продвинуться в технологиях использования.

Библиографический список

1. Трансформаторы измерительные. Электронные трансформаторы тока // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293792/4293792761.pdf> (дата обращения: 04.01.2023).
2. Цифровые измерительные трансформаторы тока и напряжения 6–110 кВ // ООО НПО Цифровые измерительные трансформаторы. URL: <https://digitrans.ru/ctcttin/> (дата обращения: 04.01.2023).
3. ГОСТ Р 52322–2005 // ООО «Элек.ру». URL: https://www.elec.ru/viewer?url=/library/gosts_p32/gost_r_52322-2005.pdf (дата обращения: 05.01.2023).
4. Измерительные трансформаторы напряжения // Группа компаний «Элекмет». URL: <http://www.elecmet.ru/production/electric/transformators/measuring-trans-voltage> (дата обращения: 05.01.2023).
5. Экранирование электрических и магнитных полей. URL: http://vak.rutgers.edu/Chapters_T4/040_080%Гл.Экранирование электрических и магнитных полей.pdf (дата обращения: 06.01.2023).
6. Надежность работы силовых трансформаторов предприятий // Международный журнал экспериментального образования. URL: <https://expeducation.ru/ru/article/view?id=8662> (дата обращения: 11.01.2023).

УДК 681.5.01

Г. К. Григорьев

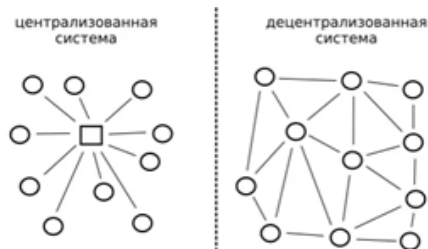
студент кафедры электромеханики и робототехники

М. В. Сержантова – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ОСОБЕННОСТИ И СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ МУЛЬТИАГЕНТНЫМИ РТС С ВОЗМОЖНЫМ ВНЕДРЕНИЕМ СОЦИАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ

В настоящее время роботы и робототехнические системы (РТС) получают все более широкое распространение в различных сферах человеческой деятельности. Робототехнические системы позволяют автоматизировать ряд трудоемких задач: сборка, строительство, грузоперевозка, исследование местности и т. д. Для совместного достижения общих целей в задачах, предполагающих автономное функционирование в течение продолжительного времени или выполнение работ в агрессивных средах роботы могут объединяться в мультиагентные робототехнические системы (МАРТС). При этом возникают проблемы группового управления и коммуникации, связанные с организацией «коллективного» поведения роботов [1].

Существуют различные способы организации сложных технических и социальных систем. Чаще всего выделяют следующие три способа управления РТС: централизованные, децентрализованные и гибридные.



Структурная схема системы управления РТС

Глобально системы управления МАРТС делятся на два типа: централизованные и децентрализованные (рисунок). Рассматривая централизованные системы, следует выделять два основных класса стратегий: единоначального и иерархического управления. Единоначальное централизованное управление подразумевает, что управление всем объединением осуществляется центральным командным блоком или же в группе присутствует некоторый лидирующий агент. Очевидным преимуществом данной системы является сравнительная простота организации и алгоритмизации, так как сигналы и команды отправляются подчиненным агентам непосредственно от управляющего. В случае иерархического управления сигналы и команды распределяются по некоторой установленной иерархии.

Если говорить о децентрализованных системах управления, то к основным преимуществам стоит отнести высокую выживаемость систем, поскольку каждый член системы управляет своими действиями независимо от центрального устройства и в случае поломки какого-либо участника МАРТС продолжит функционировать и сможет взять на себя его схожие задачи. При этом высокая живучесть группы достигается без каких-либо дополнительных затрат, а только за счет самой децентрализованной организации группового управления. Часто задача, решаемая отдельным участником децентрализованной системы, не сложная, так как робот предназначен для выполнения и оптимизации только своих действий. Гибридная система – это комбинация централизованной и децентрализованной систем, в которых декомпозиция глобальной задачи выполняется за счет обмена информацией между агентами, а обработка данных осуществляется управляющим центром [2]. Существенные особенности, преимущества и недостатки разных систем управления приведены в таблице.

Сравнительный анализ рассмотренных типов РТС

Характеристика	Тип системы		
	Централизованная	Децентрализованная	Гибридная
Надежность	–	+	+
Быстродействие	–	–	+
Самоорганизация	–	+	+
Наилучшие варианты распределения	+	–	–
Расход вычислительных ресурсов	+	–	+

В последние годы идет повсеместное внедрение интеллектуального управления роботами, интеграции систем управления движением, навигации и функциональной диагностики. Принцип интеллектуального управления роботами основывается на использовании элементов искусственного интеллекта. Одним из наиболее эффективных средств распараллеливания процессов обработки информации и управления являются нейронные сети [3].

Системы интеллектуального управления предназначены для осуществления ряда функций. Наиболее важна функция разработки инструкций для последующего функционирования МАРТС. Процесс выполнения задачи является динамичным, может потребоваться совместная работа нескольких агентов или замена одного робота другим, при этом поставленная задача должна выполняться в любом случае. Другой функцией выступает координация агентов РТС между собой: необходимо создавать и выполнять распределенные задачи в условиях, когда агенты могут принимать индивидуальные решения, противоречащие выполнению общей глобальной задачи. Также система управления занимается решением вопроса актуальности: какую задачу необходимо решить, а от какой отказаться в свете новой информации и новых целей. Эта функция особенно важна при работе МАРТС в изменяющейся окружающей среде.

Анализ существующих интеллектуальных подходов к организации МАРТС выявляет, что при формировании алгоритмов управления необходимо учитывать следующие проблемы.

1. Не существует универсальной модели и алгоритма планирования. Поэтому следует выбирать подходящую модель и инструмент для конкретного применения и/или ситуации.

2. Трудно вычислить возможные проблемы функционирования РТС. Составление плана для всей миссии робота, а тем более для команды роботов едва ли поддается выполнению. Таким образом, архитектуры должны позволять разбивать задачу построения всего системного плана на более мелкие задачи, которыми можно управлять с помощью инструментов генерации планов, а затем согласованно выполнять набор подрешений.

3. Люди должны быть интегрированы в процесс принятия решений. Цели роботов высшего уровня определяются людьми, и люди могут обладать более широкими знаниями, чем роботы. Интеграция людей в процесс принятия решений и в циклы выполнения планов приводит к созданию более эффективных роботизированных систем [4].

Создание робототехнических коллективов на основе социальной структуры взаимодействия имеет некоторые очевидные особенности. Например, при их формировании должны реализовываться поведенческие механизмы. Можно выделить несколько основных видов поведения: контактное (поведение инициируется одним членом группы и быстро охватывает всю группу, приводя к координированным действиям) и агонистическое (поведение связано с конфликтами между индивидуумами).

Также не нужно забывать о среде, в которой предполагается осуществлять моделирование поведения МАРТС. Исследование робототехнических коллективов требует некоторой системы моделирования, для которой должны быть характерны следующие принципы:

- масштабируемость, возможность использования параллельных вычислительных систем;
- индивидуальные психические различия, дифференциация функций, локальное взаимодействие индивидов и языковая коммуникация, формирование коалиций и иерархической структуры;
- поддержка создания моделей внутреннего и внешнего мира агента;

– поддержка моделей с несколькими взаимодействующими группами агентов [5].

Взаимодействие в группах широко распространено и в животном мире: движение сообществ муравьев, стай птиц или косяков рыб. В технической области проблема группового управления наиболее актуальна в робототехнике [6]. Существуют разработки по изучению и внедрению в роботов «социального» поведения, имитирующего поведение животных. Например, в исследовании [7] роботизированная крыса под названием WR-5 помещалась вместе с тремя лабораторными крысами. WR-5 взаимодействовала с одной крысой (целью), избегая при этом двух других (внешних наблюдателей). Поведенческие характеристики каждой целевой крысы оценивались путем оценки ее двигательной активности.

Группа испанских ученых создала крысоробота PiRat для изучения поведения крыс и последующей социальной мимикрии. В ходе исследования было обнаружено, что РТС хорошо справляется со своей задачей, вовлекая некоторых крыс во взаимодействие, а также имеет схему управления, которая обеспечивает воспроизводимое поведение крыс. Ключевой задачей в достижении этой цели было создание способности робота адаптироваться к поведению крысы. Результаты показали, что крысы выбирали разные траектории и поведенческие модели в соответствии с поведением робота. Этот результат является важным ориентиром в обеспечении работ для автономного взаимодействия с крысой, демонстрирующий связь робота с поведением крысы [8].

Разработка алгоритмов управления для MAPТС на основе социального поведения является актуальной задачей, так как, с одной стороны, позволяет предметно изучить поведение на роботах, а не на живых существах, а с другой – дальнейшее внедрение подобного поведения может положительно сказаться на производственных процессах. Возможности применения MAPТС крайне разнообразны, начиная с выполнения задач военного назначения и заканчивая использованием в повседневной жизни.

Библиографический список

1. Юдинцев Б. С. Синтез нейросетевой системы планирования траекторий для группы мобильных роботов // Системы управления, связи и безопасности. 2019. № 4. С. 163–186.
2. Назарова А. В., Рыжова Т. П. Методы и алгоритмы мультиагентного управления робототехнической системой // Вестник МГТУ им. Баумана. Сер. «Приборостроение». 2012. С. 93–105.
3. Тимофеев А. В. Мультиагентные робототехнические системы и нейросетевые технологии // Известия ЮФУ. Технические науки. 2011. С. 20–23.
4. Joyeux S., Alami R., Lacroix S., Philippsen R. A Plan Manager for Multi-robot Systems // The International Journal of Robotics Research. 2009. Vol. 28 (2). P. 220–240.
5. Карпов В. Э., Розов М. А., Овсянникова Е. Е. Система моделирования поведения групп робототехнических агентов с элементами социальной организации Кворум // Программные продукты и системы. 2018. № 3. С. 581–590.
6. Каляев И. А., Капустян С. Г. Самоорганизующиеся распределенные системы управления группами интеллектуальных роботов, построенные на основе сетевой модели // Управление большими системами. 2010. № 30-1. С. 605–639.
7. Behavior modulation of rats to a robotic rat in multi-rat interaction / Q. Shi, H. Ishii, K. Tanaka [et al.] // Bioinspiration & Biomimetics. 2015. Vol. 10 (5).
8. PiRat: An Autonomous Framework for Studying Social Behaviour in Rats and Robots / S. Heath, C. A. Ramirez-Brinez, J. Arnold [et al.] // IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). 2018.

УДК 681.5.01

Г. К. Григорьев, И. М. Рыбаков

магистранты кафедры электромеханики и робототехники

М. В. Сержантова – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**ОСОБЕННОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
С ОПОРОЙ НА РАЗЛИЧНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ К УПРАВЛЕНИЮ
ГРУППОЙ БЕСПИЛОТНИКОВ**

Использование нейросетей для управления группой квадрокоптеров может быть очень полезным для различных задач и приложений, связанных с беспилотными летательными аппаратами. Актуальность использования нейросетевых технологий в процессе управления группой квадрокоптеров заключается в том, что они позволяют повысить эффективность и точность управления, а также уменьшить количество ошибок и аварийных ситуаций. Данный вид технологии позволяет обучать систему на большом количестве данных, что позволяет ей извлекать знания и опыт из определенных ситуаций. Например, нейросеть может обучаться управлять беспилотниками в различных условиях, таких как изменения погоды, скорость ветра, наличие препятствий и т. д.

Для совместного достижения общих целей в задачах, предполагающих автономное функционирование в течение продолжительного времени или выполнение работ в агрессивных средах роботы могут объединяться в МАРТС. При этом возникают проблемы группового управления и коммуникации, связанные с организацией «коллективного» поведения роботов [1]. Технический анализ беспилотных летательных аппаратов заключается в изучении их применимости в различных условиях функционирования. Однако их аппаратные реализации зависят исключительно от таких важных аспектов, как масса, дальность полета, полезная нагрузка, конфигурация и стоимость [2]. Для управления группой квадрокоптеров могут быть использованы различные алгоритмы целераспределения. Приведем некоторые из них.

1. Жадный алгоритм: выбирает наилучшее решение на каждом шаге, исходя из текущей ситуации. Может быть эффективен для небольших групп квадрокоптеров.

2. Алгоритм муравьиной колонии: основан на поведении муравьев при поиске пищи. Каждый квадрокоптер может рассматриваться как агент, который ищет оптимальный маршрут. Эффективен для групп квадрокоптеров, выполняющих сложные задачи.

3. Алгоритм роя частиц: использует объединение частиц, которые движутся в пространстве поиска решений. Каждая частица представляет собой возможное решение. Применяется для групп квадрокоптеров, которые должны выполнять задачи в динамической среде.

4. Генетический алгоритм: использует популяцию возможных решений, которые эволюционируют с помощью операторов, повторяющих эволюционные процессы: скрещивания и мутации.

5. Алгоритм имитации отжига: использует метрику энергии, чтобы оценить качество решения. Может быть эффективным для групп квадрокоптеров, которые должны выполнять задачи в среде с большим количеством локальных минимумов.

Каждый алгоритм имеет преимущества и недостатки, и выбор зависит от конкретной задачи, которую необходимо решить.

Оптимизация целераспределения полета группы из трех квадрокоптеров – важная задача в области беспилотных летательных аппаратов. Для ее решения необходимо использовать базы данных, которые содержат информацию о топологии окружающей среды, а также о возможных препятствиях и опасных зонах в ней. Также предметом оптимизации может выступать непосредственный маршрут группы, в процессе движения которого могут возникнуть обстоятельства, препятствующие выполнению поставленной задачи. Поэтому имеет смысл использовать нейросети для математического расчета коллизий и столкновений БПЛА. Математическая модель предотвращения столкновения с подвижным объектом практически полностью аналогична предотвращению столкновений со статическими объектами [3].

База данных – это организованная коллекция данных, которая хранится и обрабатывается с помощью компьютерной системы. Она предназначена для хранения и управления информацией, которая может быть использована для различных задач и приложений. Базы данных устроены в виде таблиц, которые состоят из строк и столбцов. Каждая строка представляет собой запись в базе данных, а каждый столбец – это поле, которое содержит определенный тип данных, такой как числа, текст, дата и др.

Для работы с базой данных используются специальные программы, называемые системами управления базами данных (СУБД). Они обеспечивают доступ к данным, управление их хранением, обработку запросов и транзакций, а также защиту информации от несанкционированного доступа. СУБД могут быть реляционными и нереляционными. Отличие реляционных баз данных от нереляционных заключается в способе организации данных и используемых языках запросов. Реляционные базы данных организованы в виде таблиц, которые состоят из строк и столбцов. Для работы с данными в них используется SQL (Structured Query Language) – язык запросов, который позволяет выполнять различные операции с данными, такие как выборка, добавление, удаление и изменение [4]. Нереляционные базы данных используют другой подход к организации данных. Они могут быть организованы в виде документов, графов, ключей-значений и т. д. Для работы с данными в нереляционных базах данных используются различные языки запросов, такие как JSON или XML [5]. Одно из главных преимуществ реляционных баз данных – возможность обеспечения целостности данных и поддержки транзакций. Нереляционные базы данных, в свою очередь, обычно обеспечивают более высокую производительность и масштабируемость, особенно в случаях, когда данные имеют сложную структуру. Кроме того, базы данных могут быть распределенными, когда данные хранятся на нескольких серверах, что обеспечивает более высокую доступность и масштабируемость. Также существуют облачные базы данных, которые предоставляют доступ к данным через интернет. Таким образом, базы данных представляют собой важный инструмент для хранения и управления информацией, который используется в различных сферах деятельности.

Базы данных играют важную роль в робототехнике, так как они позволяют роботам хранить и обрабатывать большие объемы данных, которые могут использоваться для принятия решений и выполнения задач. Например, базы данных могут использоваться для хранения карт и планов помещений, которые используются роботами для навигации внутри зданий. Роботы также могут использовать базы данных для хранения информации о своих датчиках и актуаторах, что позволяет им адаптироваться к различным условиям и выполнять задачи более эффективно. Кроме того, базы данных могут использоваться для хранения информации о предметах, с которыми роботы работают, например о типах и свойствах объектов, которые робот должен распознать и обработать. Это позволяет роботам более точно и эффективно выполнять задачи, связанные с манипуляцией объектами. Также базы данных могут использоваться для хранения информации о задачах, которые робот должен выполнить, и о состоянии выполнения этих задач. Это позволяет роботам более точно и эффективно планировать свои действия и принимать решения на основе текущей ситуации.

Одна из таких баз данных – база данных OpenStreetMap, которая содержит информацию о дорогах, зданиях, мостах и других объектах в городской среде. Она может быть использована для определения оптимального маршрута полета группы квадрокоптеров, учитывая различные ограничения, такие как минимальное расстояние до зданий, максимальная скорость полета и допустимое количество шума.

Еще одной базой данных, которая может быть использована для оптимизации целераспределения полета группы из трех квадрокоптеров, является база данных NASA WorldWind, которая содержит информацию о топографии и климатических условиях на всей планете. Она может быть использована для определения оптимального маршрута полета группы квадрокоптеров в условиях экстремальных климатических условий, таких как сильный ветер или плохая видимость.

Также можно использовать базы данных, которые содержат информацию о расположении препятствий, таких как деревья, столбы и провода электропередачи. Одна из таких баз данных – LiDAR, которая использует лазерную технологию для создания точной трехмерной карты окружающей среды. Эта база данных может быть использована для определения оптимального маршрута полета группы квадрокоптеров, учитывая расположение препятствий и минимальное расстояние до них.

Библиографический список

1. Юдинцев Б. С. Синтез нейросетевой системы планирования траекторий для группы мобильных роботов // Системы управления, связи и безопасности. 2019. С. 163–185.
2. Trelea I. C. The particle swarm optimization algorithm: convergence analysis and parameter selection // Information Processing Letters. 2003. Vol. 85 (6). P. 317–325.
3. Пискарев Д. М., Хальметов Д. Н. Предотвращение столкновений с неподвижными объектами // Проблемы современной науки и образования. 2017. № 25 (107). С. 28–31.
4. Шилдс У. SQL: быстрое погружение. СПб.: Питер, 2022. 224 с.
5. Нереляционные данные и базы данных NoSQL. URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/azure/architecture/data-guide/big-data/non-relational-data> (дата обращения: 10.03.2023).

УДК 621.865.8

Ю. О. Даринцева

магистрант кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики

Д. М. Зарипов – кандидат физико-математических наук, доцент – научный руководитель, Уфимский государственный нефтяной технический университет

РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ НАНЕСЕНИЯ СМАЗКИ НА РЕЗЬБУ НКТ

Введение

Роботизация активно развивается с 50-х гг. прошлого столетия из-за потребности в автоматизации производств с вредными и монотонными процессами, влияющими негативно на здоровье человека. Первые промышленные роботы выполняли сборочные операции быстрее и с меньшим количеством брака, освобождая рабочих от однотипных, рутинных задач. С 80-х гг. XX в. объемы производства роботов характеризуются постоянным ростом, также расширяется область их применения. В последние годы увеличение количества роботов связывают с внедрением нового технологического уклада – четвертой промышленной революции, или индустрии 4.0, базирующейся на массовом внедрении автоматизации в различные сферы производства и человеческой деятельности. Один из ключевых элементов декларируемого подхода – роботизация, которая позволит повысить эффективность работы в известных направлениях автоматизации или ранее не охваченных производствахкратно, а возможно, и в десятки раз [1].

Несмотря на впечатляющие успехи во многих сферах деятельности человека, роботизация в нефтедобывающей промышленности развивается крайне медленно. По оценке специалистов, лишь треть работ по эксплуатации и техническому обслуживанию в сегментах бурения скважин и добычи нефти будут автоматизированы в ближайшие 10–15 лет. Тем не менее даже различные предварительные прогнозы совпадают в том, что внедрение роботизированных комплексов поможет сократить не менее чем на четверть объем работ, выполняемых на буровой установке, а также уменьшить на 10–20% капитальные и операционные расходы при обустройстве месторождений и производственных операциях. Кроме сокращения экономических затрат, роботизация позволит снизить риски промышленного травматизма, исключив для персонала операции, опасные для жизни и здоровья человека [2].

Автоматизированные комплексы для ремонта НКТ

Основанием для проведения разработки робототехнического модуля нанесения смазки стало то, что в настоящее время одним из основных направлений модернизации в нефтедобыче является широкое внедрение механизации и автоматизации для наиболее востребованных операций. Другой значимый фактор для проведения опытно-конструкторских и научно-исследовательских – рост цен на металл и металлоизделия, поэтому первостепенное значение приобретает реализация возможности повторного использования узлов, агрегатов и деталей машин в производстве добычи углеводородного сырья, что способно сохранить или даже уменьшить величину затрат на добычу нефти. Организация производства по диагностике и ремонту для повторного использования насосно-компрессорных труб (НКТ) и штанг к насосам снимает также часть экологических проблем и дальнейшие расходы на их ликвидацию.

На данный момент на рынке ремонта труб нефтяного сортамента существует множество предложений по изготовлению автоматизированных линий, стационарных и передвижных комплексов для ремонта, диагностики и тестирования НКТ (рис. 1). Такие цеха проектируются по ресурсосберегающим технологиям с использованием современного оборудования импортного и отечественного производства [3; 4].

Технические решения, представленные на данный момент, включают комплексы, содержащие следующие технологические автоматизированные линии [5]:

- входной контроль, подготовка к очистке труб;
- очистка от асфальтосмолопарафинов и прочих отложений, мойка наружной и внутренней поверхности НКТ;

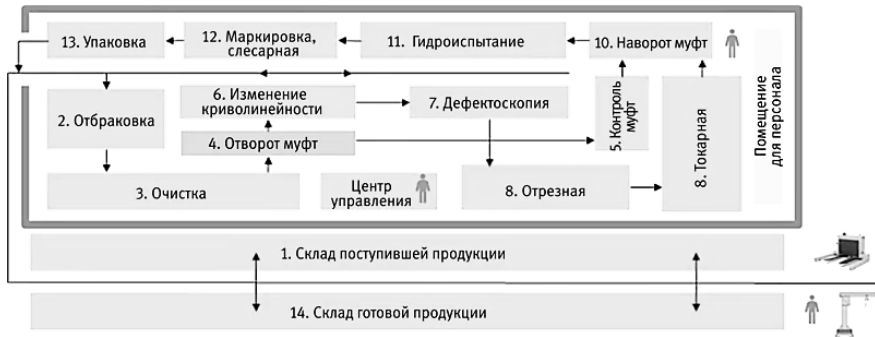


Рис. 1. Компоновочная схема стационарного роботизированного цеха для выполнения технологических операций ремонта НКТ [2]

- отворот муфт, их выбраковка и отрезка дефектных участков трубы;
- дефектоскопия НКТ;
- контроль состояния резьбы НКТ, ремонт резьбовых частей и нарезка резьбы на станках;
- нанесение смазочного материала на резьбу, наворот муфт;
- тестирование НКТ;
- выходной контроль.

Роботизированная система смазки резьбовых соединений НКТ

На сегодняшний день, по данным промышленной статистики, наиболее частыми причинами останова на месторождениях являются отказы электроприводных центробежных насосов, а на втором месте – выход из строя НКТ, что в ряде случаев составляет 70–80% от числа проблем с насосами. В большинстве случаев отказы НКТ возникают из-за износа или повреждения резьбовых соединений (разрушение, потеря герметичности и т. д.) (рис. 2) [6].



Рис. 2. Резьбовые соединения НКТ

Одно из базовых требований к НКТ – способность выдержать до десятка операций скручивания-раскручивания, что достигается комплексными свойствами используемых смазок, которые, кроме обеспечения герметичности и уплотнения резьбового соединения, также минимизируют заклинивания, заедания и коррозионные процессы. Поэтому современные резьбовые пасты создаются на базе синтетических или минеральных масел, дополненных загустителями и различными добавками (графит, дисульфид молибдена и комплексы противозадирных, антикоррозионных и антифрикционных присадок). Если на производствах НКТ или в крупных ремонтных предприятиях существуют автоматические уста-

новки нанесения покрытий на резьбовые части, в том числе порошковое напыление, то на месторождениях смазочный материал тонким слоем на одну или обе сопряженные поверхности наносится вручную ветошью, кистью или шпателем.

Так как эксплуатация НКТ часто происходит в неблагоприятных для человека условиях (экстремальные температуры, влажность и пр.), то актуальнейшей и востребованной является разработка роботизированного модуля для автоматизации процесса нанесения смазочного материала на резьбовое соединение трубы и муфты, что позволит высвободить персонал при выполнении ремонта и диагностики промыслового оборудования. На первых этапах НИР роботизированная система смазки резьбовых соединений НКТ и муфт проектировалась с учетом ее использования в составе роботизированного технологического участка. С учетом экстремальных условий эксплуатации в состав модуля включен подогреваемый (термостабилизированный) резервуар с лопастью для перемешивания смазки и насосом, 6-осевой манипулятор, оснащенный специализированным дозатором для нанесения пасты на внутреннюю и внешнюю резьбу, а также роликовой системой, предназначенной для перемещения и согласованного поворота НКТ (рис. 3).

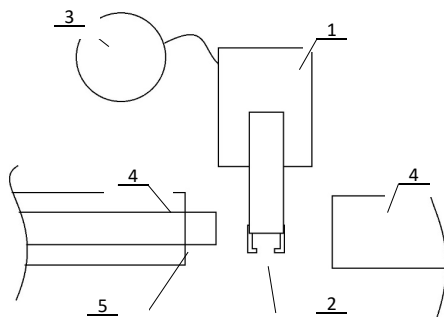


Рис. 3. Компоновка проектируемой роботизированной системы: 1 – манипулятор; 2 – захватное устройство с дозатором; 3 – насос; 4 – роликовый конвейер; 5 – НКТ

Окончательный облик роботизированного модуля будет определен после конкретизации области применения, так как параллельно рассматривается вариант его применения для смазки труб непосредственно на буровой. Применение предлагаемой роботизированной системы на месторождении имеет следующие преимущества, по сравнению с ручным нанесением смазки:

- равномерность и точность нанесения смазки на резьбу;
- экономия расходных материалов за счет оптимизации процесса нанесения смазки и постоянного контроля толщины покрытия;
- безопасность для человека;
- сокращение затрат за счет сокращения числа требуемого персонала;
- более высокая скорость выполнения операции и стабильность процесса.

Заключение

Показаны результаты выполнения анализа области применения, первого этапа проектирования робототехнической системы смазки резьбовых соединений и предварительного синтеза структуры. Для предлагаемого варианта компоновки системы выполнен поиск необходимых технических и конструктивных решений, сформированы требования к параметрам необходимого оборудования. На следующем этапе планируются научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, первоочередными задачами которых будут построение симуляционной компьютерной модели, проверка ее адекватности, проведение оптимизации компоновки и подготовка материалов презентации для потенциального заказчика.

Библиографический список

1. О системе управления реализацией национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»: Постановление Правительства Российской Федерации № 234 от 02.03.2019. URL: <http://government.ru/docs/35964/> (дата обращения: 20.02.2023).
2. Ильин К. О., Гаврилова О. А., Краевский Н. Н. Разработка концепции автоматизации и роботизации технологических операций для ремонта насосно-компрессорных труб // Экспозиция. Нефть. Газ. 2022. № 6. С. 76–80.
3. Ильин К. О., Губайдуллин А. Г., Краевский Н. Н. Разработка концепции роботизированного технологического комплекса для текущего и капитального ремонта скважин // Нефтяное хозяйство. 2022. № 1. С. 82–85.
4. РД 39-0147014-217-86. Инструкция по эксплуатации насосно-компрессорных труб. URL: <https://gosthelp.ru/text/RD39014701421786Instrukci.html> (дата обращения: 10.03.2023).
5. Пеннер В. А., Моргунов А. П. Цех мойки и диагностики насосно-компрессорных труб и штанг к насосам // Омский научный вестник. 2012. № 2. С. 97–99.
6. Пеннер В. А. Ремонт и контроль насосно-компрессорных труб при повторном использовании // Динамика систем, механизмов и машин. 2012. № 2.

УДК 681.51

К. Д. Дмитров

ученик 9-го класса гимназии № 405

Ю. С. Журавлева – студент кафедры управления в технических системах – научный руководитель

ОБЗОР СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОПТЕРА И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЕГО ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Использование и применение дронов в современном мире с каждым годом растет. Летательные аппараты скоро могут стать альтернативой для некоторых служб доставки. В настоящее время мы все чаще слышим о военном применении дронов. И сейчас мы видим, что разработка новых моделей военного назначения напоминает гонку вооружений времен холодной войны. В настоящее время ведется изучение дронов других стран и отмечается большой спрос на конструирование беспилотных аппаратов и способы их усовершенствования [1].

Дроны стали неотъемлемой частью нашей жизни. С их помощью проводится разведка, оценка загрязненности и радиоактивности воздуха, охраняются объекты, осуществляется фото- и видеосъемка. Дроны активно используются военными, с их помощью могут наноситься ракетные удары. Применяются в кинематографе. Уже не эпизод из фантастического фильма осуществление дроном доставки почты или небольшой посылки. В настоящее время изучаются варианты использования дронов для доставки на место происшествия медицинских приборов и медикаментов, огнетушителей. В военных целях изучается возможность доставки боеприпасов [2].

Дроны занимают все сферы нашей жизни. У детей появляются дроны-игрушки, у подростков это хобби. С помощью дронов можно снимать интересные любительские видео или конструировать спортивные модели, способные выполнять различные трюки и устраивать соревнования. Многим дроны помогают в профессиональной деятельности. Что же такое дрон? Это беспилотный летательный аппарат (БПЛА), т. е. летательный аппарат без человека-пилота на борту [3].

Ознакомимся с устройствами, от которых зависит полет коптера, и подумаем над решениями, которые могут улучшить качества коптеров, такие как: защита от вибрации, усовершенствование микроэлектромеханических схем.

Для начала рассмотрим **виды коптеров**. Оценим их плюсы и минусы.

1. **Монокоптер**. Тип беспилотных летательных аппаратов, у которых есть только один двигатель, с помощью которого дрон может перемещаться только вверх и вниз. Это исключает монокоптеры из ряда полноценных дронов, так как его движение по различным осям координат невозможно [4].

2. **Бикоптер** (рис. 1). Обычно имеет два винта, один из которых вращается по часовой стрелке, а другой против. Управление достигается за счет независимого изменения скорости каждого ротора. Бикоптер может маневрировать, т. е. двигаться не только вверх/вниз, но и влево/вправо [5].



Рис. 1. Внешний вид бикоптера и схема расположения винтов (пропеллеров)

3. **Трикоптер** (рис. 2). Обычно имеют три винта. Могут летать в большем количестве направлений, чем бикоптеры, а также нести груз. У трикоптеров три двигателя, которые расположены в дистальной части конечностей. Трикоптер имеет гораздо большую устойчивость, чем бикоптер. Но при этом даже при легком ветре управление им может стать нестабильным [7].



Рис. 2. Внешний вид трикоптера и схема возможного расположения винтов

4. **Квадрокоптер** (рис. 3). Это многороторный дрон с четырьмя присоединенными моторами. Стабилизирует свой полет с помощью электронного датчика и системы управления. Есть несколько видов квадрокоптеров, различающихся тем, как расположены винты [8].



Рис. 3. Внешний вид квадрокоптера и схема возможного расположения винтов

Все формы стабильны в прямом полете, но дроны с Н-образной рамой имеют более широкое основание, что обеспечивает их устойчивое передвижение. Также батареи для дрона с Н-образной рамой, как правило, служат дольше, поскольку их расположение защищает их от повреждений.

5. **Гексакоптер** (рис. 4). Имеет шесть пропеллеров, которые расположены по кругу вокруг основного корпуса. В нижней части машины есть пара ножек, которые позволяют ей безопасно приземляться на землю. Вследствие наличия шести пропеллеров является более мощным летательным аппаратом, чем квадрокоптер, и может нести большие грузы.

У гексакоптера есть существенное преимущество: даже если один из винтов откажет, аппарат все еще может летать благодаря другим пяти винтам. Дрон не сможет летать, если два гребных выйдут из строя, но останется достаточно устойчивым, чтобы безопасно приземлиться [9].

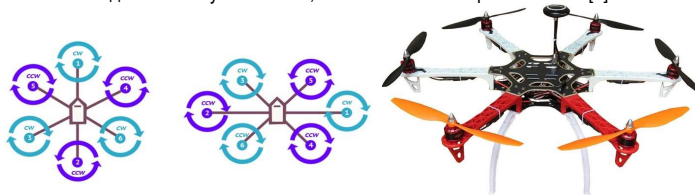


Рис. 4. Внешний вид гексакоптера и схема возможного расположения винтов

6. **Октокоптер** (рис. 5). Это дрон с восемью пропеллерами. По сравнению с предыдущими дронами, может летать выше, двигаться быстрее и нести более тяжелую полезную нагрузку. Чрезвычайно устойчив в воздухе, что позволяет снимать кадры с высококачественной графикой и минимальным дрожанием. Когда речь идет о выборе качественного дрона, они считаются лучшими из-за высокой производительности. Используются для узкоспециализированных задач, которые могут потребовать перемещений под дождем или сильными порывами ветра. Прочность машины позволяет ей выдерживать суровые погодные условия, не сбиваясь с курса. Даже если два-три пропеллера выйдут из строя, дрон продолжит летать. Поскольку октокоптер потребляет много энергии, то он не может оставаться в воздухе очень долго, ему требуется перезарядка [10].

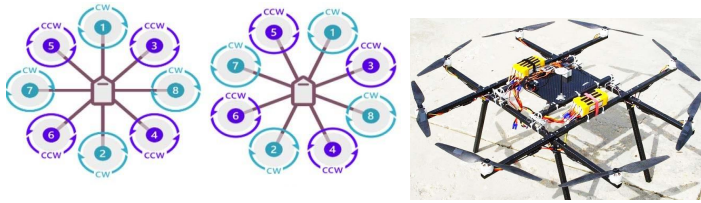


Рис. 5. Внешний вид октокоптера и схема возможного расположения винтов

Каждый из представленных дронов имеет достоинства и недостатки. Монокоптер может быть только игрушкой для ребенка. Квадрокоптер является недорогим и небольшим по размеру, но ему не хватает прочности, чтобы справиться с большой полезной нагрузкой, также не хватает маневренности, и он очень зависит от погодных условий. Гексакоптер более стабилен и может продолжать полет даже в случае отказа одного из двигателей, а также летать выше и нести более тяжелую нагрузку, чем квадрокоптер. Октокоптер – самый мощный и способен достигать огромных высот при транспортировке крупных грузов. Это надежный дрон, но его слабое звено – аккумулятор, требующий частой зарядки.

Рассмотрим, какие устройства нужны, чтобы сделать полет коптера стабильным.

В базовую комплектацию любого коптера входят следующие элементы.

- Рама (может быть из карбона, алюминия, стекловолокна). Это основной и несущий элемент конструкции квадрокоптера, к которому крепятся все прочие комплектующие. Фюзеляж нужен для размещения электроники, например полетного контроллера или камеры. Обычно центральная часть состоит из двух пластин, нижней и верхней, соединенных стойками. Лучи нужны для установки моторов и регуляторов. Эти детали должны быть достаточно прочными, чтобы выдержать не только массу самой конструкции квадрокоптера, но и противостоять ударам и падениям. От прочности, массы и аэродинамики рамы зависит масса полезной нагрузки, который он может доставить коптер.

- Контроллер (к нему подсоединяются двигатели и элементы управления полетом).

- Моторы (их количество зависит от модели). Это одна из главных частей. Моторы коптера подразделяют на коллекторные (щеточные) и бесколлекторные (бесщеточные). В описании обычно указывается максимальная тяга. Тяга, или подъемная сила, показывает ту массу, которую может поднять двигатель дрона. Однако легкий беспилотник с приводами, у которого малая тяга, в воздухе может повести себя таким же образом, как и тяжелый квадрокоптер с электродвигателями с большой тягой. Поэтому важный показатель – соотношения тяги к массе:

$$\text{тяга 1 мотора} = M \times 2 / N,$$

где M – масса беспилотника, N – количество электродвигателей. Это оптимальное соотношение. Если тяга будет слишком мала, то БПЛА будет плохо слушаться и ему будет сложно взлететь. Чем больше это соотношение, тем лучше квадрокоптер управляется и ускоряется [11].

- Пропеллеры (по одному на каждый двигатель. При этом половина из винтов вращается по часовой стрелке, а вторая половина против). Стандартным вариантом принято считать пропеллер с двумя лопастями. На большинство маленьких квадрокоптерах ставятся винты с лопастями больше двух. Это позволяет обеспечить более равномерный поток воздуха и, как следствие, снизить уровень турбулентности. К тому же за счет дополнительных лопастей увеличивается подъемная сила. Таким образом, маленький диаметр винта с тремя (или более) лопастями способен обеспечить ту же силу подъема, что и стандартный пропеллер с двумя лопастями и большим диаметром. Отзывчивость квадрокоптера также зависит от количества лопастей у пропеллера: чем их больше, тем отзывчивее дрон в полете.

- Гироскоп (позволяет аппарату удерживать курс, зависать при необходимости в воздухе).

- Аккумулятор (среднее время работы дрона без подзарядки – 20 мин). От емкости аккумулятора зависят дальность полета и время нахождения коптера в воздухе.

- Пульт дистанционного управления. Практически все пульты работают на частоте 2,4 GHz. У нее есть несколько нюансов, которые должен знать каждый пилот. Основное, что данная частота почти

не может проходить сквозь препятствия (здания, воду, деревья). Когда вы залетаете за препятствие, коптер может потерять управление и упасть или полететь дальше сам. На этой частоте работают почти все Wi-Fi-роутеры, и если вы включите пульт дома, то он будет глушить собой роутер и скорость интернета будет минимальна.

Рассмотрим основные устройства, которые влияют на стабильный полет коптера: полетный контроллер, инерциальный измерительный блок, гироскоп, акселерометр.

Беспилотники мультироторного типа аэродинамически неустойчивы. Они требуют постоянной стабилизации в полете. Человек не может одновременно контролировать скорость вращения трех и более двигателей достаточно точно, чтобы сохранять баланс беспилотного летательного аппарата в воздухе. Появление достаточно быстродействующих микроконтроллеров и интегральных датчиков ускорения и угловой скорости на основе микроэлектромеханических систем (сокращенно МЭМС) позволило решить эту задачу. В настоящее время предпринимаются шаги по стимулированию развития высокопроизводительных полетных контроллеров (автопилотов), так как это, в свою очередь, раскрывает новые возможности управления полетом [12].

Первым устройством, позволяющим сделать полет коптера стабильным, является **полетный контроллер**. Это электронное устройство, представляющее собой вычислительную систему, работающую по сложным алгоритмам и управляющую полетом беспилотного летательного аппарата.

Основные задачи, выполняемые полетным контроллером.

1. Стабилизация аппарата в воздухе.

БПЛА могут ставиться различные задачи. Например, приземление БПЛА в точку взлета после выполнения заданной траектории или зависание в воздухе на заданное время. Возникает проблема, связанная с отклонениями, вызванными внешними воздействиями окружающей среды на БПЛА. Изменение траектории полета БПЛА может происходить в зависимости от силы и направления возмущающего воздушного потока. Кроме этого, воздушный поток может вызывать осевые вибрации вращающегося винта – blade flapping. Это связано с тем, что относительная скорость воздуха для «набегающей» лопасти винта сильно отличается от скорости воздуха для противоположной – «уходящей» лопасти. Поэтому подъемная сила каждой лопасти в течение одного оборота может меняться, вызывая тем самым колебания оси винта и, соответственно, воздействуя на летящий аппарат.

При решении данной задачи мы сталкиваемся с двумя типами проблем. Первая – ветер сложно измерить, получить информацию о его воздействии можно с навигационных бортовых датчиков, которые имеют определенную погрешность и шум. Вторая проблема связана с задержкой по времени между обнаружением отклонения и корректировкой полета. Поэтому также появляется задача оптимизации вычислительной схемы для повышения ее быстродействия.

Для решения данной проблемы используются сенсоры, которые составляют карту окружающей местности с целью повторного определения текущей позиции через заданное количество времени. Но информации, полученной с помощью сенсоров, недостаточно. Необходимы дополнительные источники данных, например инерциальных измерений IMU (Inertial Measurements Unit – устройство для осуществления инерциальных измерений).

Применение нейросетевого метода управления позволяет автономно адаптироваться к непрогнозируемым внешним возмущениям и погрешностям измерительных устройств. Также на нем осуществляется планирование общей траектории полета. Оно состоит из разделения маршрута на отрезки таким образом, чтобы на каждом из них траектория полета в требуемой степени была близка к некоторому шаблонному значению. Использование методов в совокупности приводит к повышению точности положения БПЛА в воздухе.

2. Автоматическое удержание высоты. Сбор и обработка информации с барометрических, ультразвуковых, инфракрасных сенсоров или радиотехнических высотомеров. Для этого датчики рассчитывают высоту и обеспечивают стабилизацию аппарата в вертикальной плоскости. Возможна привязка позиции коптера на заданной высоте и в заданной точке при помощи модулей GPS/ГЛОНАСС.

3. Автономный полет. Выполнение заранее построенного маршрута полетного задания, созданного в специальном программном обеспечении с постоянным или переменным соблюдением телеметрических данных, заданных оператором. При этом задается автоматический возврат в точку старта при помощи модуля GPS/ГЛОНАСС.

4. Система искусственного (технического) зрения. Остановка перед препятствиями и их преодоление на основе данных сенсоров, определяющих расстояние до объекта. В случае оснащения системой технического зрения полетный контроллер должен обладать высокой вычислительной способностью, т. е. должен быть способен в реальном времени аккумулировать и обрабатывать данные с сенсоров, постоянно сканирующих окружающую среду. Система технического зрения может включать набор следующих сенсоров: стереоскопические (датчик изображения), дальномеры (инфракрасные или ультразвуковые), двумерные или 3D-лидары с алгоритмами одновременной навигации (тогда можно получить 3D-модель окружающего пространства и проложить в нем безопасный маршрут).

5. Передача на землю текущих параметров полета. Сбор и обработка данных с внешних источников данных (GPS/ГЛОНАСС, датчики тока, напряжения, температуры) и штатных (барометр, акселерометр, магнитометр) с последующей передачей данных с полетного контроллера при помощи радиомодема, который обеспечивает двухстороннюю связь через радиоканал.

Второе важное устройство – **инерциальный измерительный блок (IMU)**. Это система, которая определяет свое положение в пространстве используя свойства инерции тел. Для этого она определяет, на какой угол и по какой оси она была повернута и смещена относительно начальной точки. Измерительный блок включает датчики линейного ускорения (акселерометр) и угловой скорости (гироскоп). Основной задачей датчиков на полетном контроллере является непрерывное получение навигационных данных для математических расчетов микроконтроллером, который устанавливает положение беспилотника относительно горизонта и обнаруживает изменения углов ориентации относительно его предыдущего положения в пространстве, а затем направляет данные в электронные регуляторы оборотов двигателей. Вычисленные микроконтроллером данные позволяют обеспечивать полет мультикоптера и его управление. Современные датчики положения и ускорений, используемые при управления беспилотными летательными аппаратами, основаны на технологии микроэлектромеханических систем (МЭМС). Эта технология позволяет сделать механические структуры очень маленькими, благодаря чему их можно полностью интегрировать с электрическими схемами. Таким образом, МЭМС-устройство представляет собой микрочип, в котором одновременно находятся электрическая система, отвечающая за обработку сигналов, и движущаяся механическая система. Физические размеры МЭМС-устройств могут варьироваться от одного микрона до нескольких миллиметров [3].

Третье важное устройство – **гироскоп**. Это устройство, которое способно реагировать на изменение углов ориентации объекта относительно инерциальной системы отсчета и определять его положение в пространстве. Устройство интегрального гироскопа показано на рис. 6.



Рис. 6. Устройство интегрального гироскопа

Рассмотрим принцип работы. Чувствительным элементом интегрального гироскопа являются две подвижные массы (грузики), которые находятся в непрерывном движении на упругом подвесе в противоположенных направлениях. Источником колебаний подвижной массы выступают гребенчатые электростатические двигатели. Подвижная масса, вместе с электродами, расположенная на подложке, образует конденсаторы, входящие в состав дифференциальной схемы, вырабатывающей сигнал, пропорциональный разности емкостей конденсатора. Линейное ускорение одинаково воздействует на обе подвижные массы и подложку, поэтому сигнал на выходе дифференциальной схемы не появляется. Как только произойдет изменение угловой скорости относительно оси вращения, то на подвижные мас-

сы начинает действовать сила Кориолиса, отклоняя подвижные массы в противоположных направлениях. Соответственно, емкость одного конденсатора увеличивается, а другого уменьшается, что порождает разностный сигнал, пропорциональный величине углового ускорения. Таким образом осуществляется преобразование угловой скорости гироскопа в электрический параметр, величина которого определяется специальным датчиком [4].

Для того чтобы мультикоптер определял положение в пространстве относительно трех ортогональных направлений x , y , и z , внутри одного корпуса микросхемы располагаются три датчика перпендикулярно осям. Отсюда происходит название – трехосевой гироскоп.

Четвертое устройство – **интегральный акселерометр**. Это устройство, которое измеряет кажущееся ускорение (разность между истинным ускорением объекта и гравитационным ускорением). В состав интегрального акселерометра входят высокоточный чувствительный элемент (движущийся) для определения ускорений и электронная часть, осуществляющая обработку сигнала. Устройство акселерометра представлено на рис. 7.

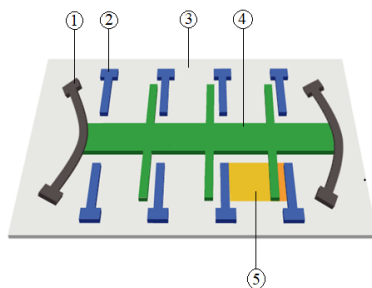


Рис. 7. Схема интегрального акселерометра: 1 – поликремниевые пружины; 2 – фиксированные пластины (контакты); 3 – кремниевая подложка (корпус); 4 – подвижная масса с проводниками; 5 – изменяющаяся емкость

На статическом корпусе параллельно размещены тонкие фиксированные пластины, снимающие показания, а источником данных является подвижная масса, закрепленная на упругих поликремниевых пружинах и выполненная в виде тонкой рамки с отведенными в стороны проводниками, допускающая их перемещение в ограниченных пределах. Когда к определенной оси применяется ускорение, отведенные в сторону проводники подвижной массы располагаются между фиксированными пластинами (контактами), через которые снимаются показания перемещения проводников. Объектом измерения выступает изменяющаяся емкость между фиксированными пластинами и проводниками подвижной массы, где изменение емкости пропорционально ускорению оси, относительно которой происходит движение. Датчик обрабатывает это изменение емкости и преобразует его в аналоговое выходное напряжение, где специальный чип, интегрированный в корпус МЭМС, его измеряет. С учетом этих данных и заранее известных массы и параметров подвижного элемента чип выдает итоговое значение ускорения по одному из трех направлений по осям координат x , y , и z . Это значение используется микроконтроллером для автоматического выравнивания полета мультикоптера. Интегральные акселерометры являются трехосевыми – с тремя датчиками, расположенными внутри одного корпуса перпендикулярно осям x , y и z .

В настоящее время проводятся работы по разработке и усовершенствованию различных видов дронов. Их назначение и целевая аудитория абсолютно разные. Над корпусами работают дизайнеры, над рамами и винтами – инженеры-конструкторы, а усовершенствованием могут заниматься целые компании. При кажущейся простоте этих устройств каждый из элементов, отвечающих за стабильный полет коптера, – результат работы многих людей. Продолжается разработка различных типов полетных контроллеров для конкретных задач и видов беспилотников. Усовершенствование всех элементов

коптера позволит расширить спектр выполняемых ими задач, ведь от них зависят маневренность, курсовая устойчивость и другие параметры.

Библиографический список

1. Иванов С. Щеточные и бесщеточные двигатели квадрокоптеров. URL: https://dronnews.ru/o-dronakh/dvigateli-vadrocoptero.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F (дата обращения: 24.03.2023).
2. Аппаратура управления коптером. URL: <https://profpv.ru/apparatura-upravleniya-kvadrokoptero> (дата обращения: 24.03.2023).
3. Система инерциальной навигации imu-u1. URL: <https://alex-exe.ru/project/imu-u1/> (дата обращения: 24.03.2023).
4. Что такое МЭМС. URL: <http://digitrode.ru/articles/1684-chto-takoe-mems-tehnologii-i-mems-komponenty.html> (дата обращения: 24.03.2023).
5. Рамы и защитные конструкции. URL: <https://docs.geoscan.aero/ru/master/database/const-module/frame/frame.html> (дата обращения: 24.03.2023).
6. Бочкарев Н. МЭМС-технологии STMicroelectronics // Вестник электроники. 2013. № 4. URL: <https://ptelectronics.ru/statii/mems-tehnologii-stmicroelectronics> (дата обращения: 24.03.2023).
7. Логачев В. Г., Минин И. В. Метод стабилизации и управления квадрокоптером в пространстве с использованием данных инерциальных и визуальных сенсоров. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=39288> (дата обращения: 24.03.2023).
8. Савицкий А. В., Павловский В. Е. Модель квадрокоптера и нейросетевой алгоритм управления. URL: https://keldysh.ru/papers/2017/prep2017_77.pdf (дата обращения: 24.03.2023).
9. Принцип работы интегрального магнитометра. URL: <https://clck.ru/NjBZU> (дата обращения: 24.03.2023).
10. Как работает акселерометр. Взаимодействие ADXL335 с Arduino. URL: <https://radiopro.ru/post/751> (дата обращения: 24.03.2023).
11. «Когда меньше – лучше». Какие бывают и для чего используются микроэлектромеханические системы? URL: <https://nplus1.ru/material/2017/01/24/mems> (дата обращения: 24.03.2023).
12. Выбираем полетный контроллер для квадрокоптера. URL: <https://blog.rcdetails.info/vybiraem-poletnye-kontroller-dlya-kvadrokoptera/#processor> (дата обращения: 24.03.2023).

УДК 004.89

А. Е. Желдак

ученик 11-го класса школы № 483

Д. В. Гордиенко – магистрант кафедры управления в технических системах – научный руководитель

ГЕНЕРАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ПОМОЩИ ГЕНЕРАТИВНО-СОСТЯЗАТЕЛЬНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Рассматриваются пример генерации изображений при помощи генеративно-состязательной нейронной сети, а также пример реализации данного алгоритма на языке программирования Python.

Структура простейшей нейронной сети (рис. 1) представляет собой несколько связанных собой нейронов. Нейрон состоит из входного слоя, функции активации и выхода. Устройство одного нейрона выглядит так:

$$f(x) = \text{sign}\left(\sum_{i=1}^n \omega_i x_i - \theta\right).$$

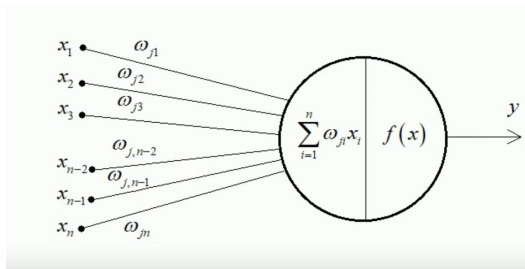


Рис. 1. Структура нейрона

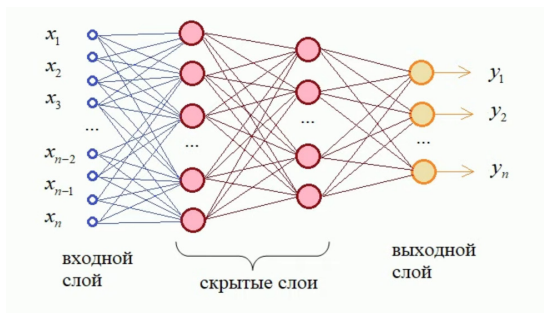


Рис. 2. Устройство простейшей нейронной сети

Для работы с изображениями, как правило, используются сверточные нейронные сети (рис. 2). Их особенность состоит в том, что они составляют карту признаков. В полносвязной нейронной сети каждый нейрон связан со всеми нейронами предыдущего слоя таким образом, что каждая связь имеет свой коэффициент (веса). В сверточной нейронной сети (рис. 3) в операциях используется ограниченная матрица коэффициентов (весов), которую «перемещают» по всему обрабатываемому массиву,

формируя после каждого перемещения сигнал активации для нейрона следующего слоя с такой же позицией [1].

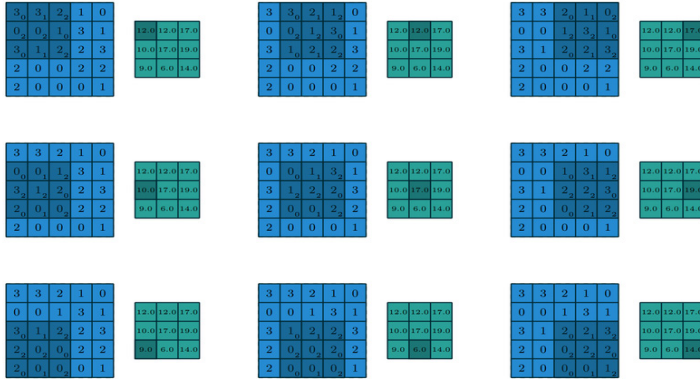


Рис. 3. Пример работы свертки

Структура GAN-нейронных сетей. Generative adversarial network – структура, состоящая из дискриминатора и генератора. Функция дискриминатора – отличить входные данные и данные, созданные генератором. Как правило, дискриминатор – это сверточная нейронная сеть. Генератор – это декодер или автоэнкодер, на вход которого подается или случайное значение, или входные данные дискриминатора соответственно. Автоэнкодер, или АЕ, – нейронная сеть, которая воспроизводит входные данные на выход. Автоэнкодеры сжимают входные данные для представления их в скрытое пространство, а затем разжимают из этого пространства в выходные данные. Цель – получить выходные данные наиболее близкими к входным. Автоэнкодер состоит из двух частей: энкодер отвечает за сжатие входных данных в скрытое пространство, декодер предназначен для восстановления входных данных из скрытого пространства. В данной статье будет представлена GAN-нейронная сеть, содержащая только декодер [2].

Принцип работы GAN-нейронных сетей. На автоэнкодер или декодер подаются входные данные, на основании которых он должен создать выходные данные. На дискриминатор подается пример, входные данные и выходные данные автоэнкодера или декодера, и цель дискриминатора – их отличить (классифицировать). На основе работы дискриминатора создаются значения ошибки генератора, на которых обучается генератор, а на выходных значениях генератора и обучающей выборки обучается дискриминатор [3].

Пример реализации GAN-нейронной сети на языке программирования Python (рис. 4). Для создания программы будут использованы следующие библиотеки: tensorflow, keras, numpy. В данной модели генератор представлен декодером, дискриминатором, сверточной нейронной сетью и полносвязной нейронной сетью. На декодер подается вектор со случайными значениями с нулевыми ожиданиями. На дискриминатор поочередно подаются выходные значения генератора и изображения обучающей выборки [4].

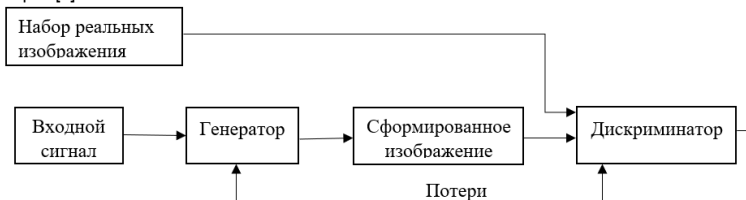


Рис. 4. Пример реализации GAN-нейронной сети

Потери считаются по формуле binarycrossentropy:

$$\begin{cases} real \rightarrow 1 \\ fake \rightarrow 1 \end{cases} \begin{cases} loss_dis_real = -t_r \cdot \log(real) - (-1 - t_r) \cdot \log(1 - real) \\ loss_dis_fake = -t_f \cdot \log(fake) - (-1 - t_f) \cdot \log(1 - fake) \end{cases}$$

В данной нейронной сети желаемый отклик для дискриминатора $t_r = 1, t_f = 0$ подставим значения и преобразуем формулу: $loss_dis = -\log(real) - \log(1 - fake)$. Желаемый отклик для генератора будет $t_r = 0, t_f = 1$. Запишем получившуюся формулу: $loss_gen = -\log(fake)$

Программный код генератора:

```
generator = tf.keras.Sequential([
    Dense(4 * 4 * 512, activation='relu', input_shape=(hidden_dim,)),
    BatchNormalization(),
    Reshape((4, 4, 512)),
    Conv2DTranspose(512, (4, 4), strides=(2, 2), padding='same', activation='relu'),
    BatchNormalization(),
    Conv2DTranspose(256, (4, 4), strides=(2, 2), padding='same', activation='relu'),
    BatchNormalization(),
    Conv2DTranspose(128, (4, 4), strides=(2, 2), padding='same', activation='relu'),
    BatchNormalization(),
    Conv2DTranspose(64, (4, 4), strides=(2, 2), padding='same', activation='relu'),
    BatchNormalization(),
    Conv2DTranspose(3, (4, 4), strides=(1, 2), padding='same', activation='sigmoid'),
])
```

Использование метода BatchNormalization благотворно влияет на процесс обучения.

На вход генератора подается вектор случайных чисел с нулевым ожиданием, на выходе получается массив с размерностью равной размерности изображения обучающей выборки.

Программный код дискриминатора:

```
discriminator = tf.keras.Sequential()
discriminator.add(tf.keras.layers.Conv2D(128, (3, 3), activation='relu', padding='same', input_shape=[61, 61, 3]))
discriminator.add(tf.keras.layers.MaxPooling2D(pool_size=2))
discriminator.add(tf.keras.layers.Dropout(rate=0.2))
discriminator.add(tf.keras.layers.Conv2D(128, (3, 3), activation='relu', padding='same'))
discriminator.add(tf.keras.layers.MaxPooling2D(pool_size=2))
discriminator.add(tf.keras.layers.Dropout(rate=0.2))
discriminator.add(tf.keras.layers.Conv2D(128, (3, 3), activation='relu', padding='same'))
discriminator.add(tf.keras.layers.MaxPooling2D(pool_size=2))
discriminator.add(tf.keras.layers.Dropout(rate=0.2))
# Convolutional block 2
discriminator.add(tf.keras.layers.Dense(128, activation='relu'))
discriminator.add(tf.keras.layers.Dropout(rate=0.2))
discriminator.add(tf.keras.layers.Dense(128, activation='relu'))
discriminator.add(tf.keras.layers.Dropout(rate=0.2))
discriminator.add(tf.keras.layers.Dense(1, activation='softmax'))
```

На вход дискриминатора подается массив размерностью 61, 61, 3. На выходе одно значение, означающее ложное или реальное изображение. Дискриминатор представлен сверточной нейронной сетью и полносвязной нейронной сетью [5].

При обучении данной модели на датасете mnist получилось добиться генерации четких рукописных цифр. При обучении данной модели на датасете, состоящем из 30000 изображений собак размерностью 61 на 61 точку, не получилось добиться генерации четкого изображения собаки, что свидетельствует о несовершенстве данной модели и(или) метода обучения (рис. 5).

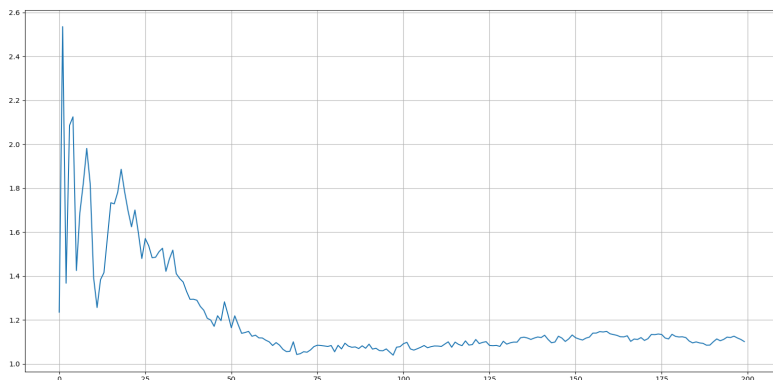


Рис. 5. График обучения нейронной сети

Библиографический список

1. IFMO. Машинное обучение. URL: https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=%D0%97%D0%B0%D0%B3%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0 (дата обращения: 10.02.2023).
2. Обзор структуры GAN. URL: https://developers.google.com/machine-learning/gan/gan_structure?hl=ru (дата обращения: 10.02.2023).
3. Introduction to autoencoders. URL: <https://www.jeremyjordan.me/autoencoders/> (дата обращения: 10.02.2023).
4. Основы Python. URL: <https://proporprogs.ru/python> (дата обращения: 10.02.2023).
5. Сверточная нейронная сеть. URL: <https://habr.com/ru/post/348000/> (дата обращения: 10.02.2023).

УДК 338

А. А. Журавлев

ученик 9-го класса гимназии № 524

О. А. Гришина, А. В. Федоренко – студенты кафедры управления в технических системах – научные руководители**АКТУАЛЬНЫЕ СЦЕНАРИИ ДЛЯ УМНОГО ДОМА**

В настоящее время умные технологии становятся все более популярными и доступными для использования в домашних условиях. Умный дом (рис. 1) – это дом, в котором коммуникационные и информационные технологии применяются для автоматизации многих обычных функций, таких как управление освещением, кондиционированием воздуха, безопасностью и другими настройками. Существует множество сценариев, которые могут быть реализованы в умном доме, рассмотрим некоторые из них [1].

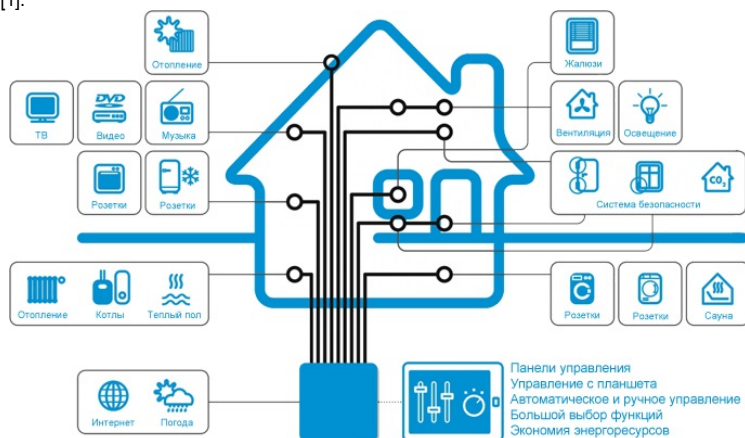


Рис. 1. Система «Умный дом»



Рис. 2. Система управления освещением

Первый сценарий – автоматизация освещения (рис. 2). В умном доме освещением можно управлять с помощью телефона, планшета или голосовых команд. Освещение может настраиваться на определенное время суток или в зависимости от прихода в комнату. Присутствие человека в комнате может определяться с помощью датчиков движения, и освещение может автоматически включаться и выключаться при необходимости.

Датчиками для автоматизации системы освещения являются [1]:

- датчик движения – для определения наличия людей в комнате и автоматического включения света при их появлении;
- датчик освещенности – для контроля освещения внутри помещения и автоматического включения света при его недостатке;
- внутренний светильник – для управления интенсивностью света внутри комнаты.

Второй сценарий – автоматизация системы отопления и кондиционирования воздуха (рис. 3). Умный дом позволяет оптимизировать температуру в доме с помощью автоматического управления термостатом. Система может настраиваться на определенное время суток и, например, уменьшаться ночью, когда никто не находится в комнате. Однако пользователь также может настроить систему таким образом, чтобы она реагировала на изменение погоды, сезонные изменения и другие факторы, которые могут влиять на температуру в доме.



Рис. 3. Система управления климатом

Датчиками для автоматизации системы отопления и кондиционирования воздуха являются [2]:

- термостат – для контроля температуры внутри дома и управления отоплением и кондиционированием воздуха;
- датчик температуры – для определения температуры внутри помещения и корректировки ее при необходимости;
- радиаторы и кондиционеры – для управления теплоснабжением дома.

Третий сценарий – управление безопасностью (рис. 4). Умный дом может обеспечить повышенный уровень безопасности для дома и его жильцов с помощью системы видеонаблюдения, датчиков движения и датчиков дверных и оконных запирающих. Система может уведомлять владельца дома, если происходит какое-либо движение или дверь либо окно оставлены открытыми. Также можно настроить систему таким образом, чтобы она оповещала о любых нарушениях безопасности, таких как проникновение злоумышленника. Датчиками для системы управления безопасностью являются [3]:

- детектор движения – для определения наличия людей в доме, и активации sireны при обнаружении незнакомых движений;
- дверной и оконный контакт – для контроля открытия и закрытия дверей и окон в доме;
- камера видеонаблюдения – для записи видео в случае нарушения безопасности и контроля за доступом в дом.



Рис. 4. Система управления безопасностью

Четвертый сценарий – умное управление энергопотреблением (рис. 5).



Рис. 5. Система управления электроприборами

Система умного дома позволяет оптимизировать использование энергии с помощью автоматического управления освещением, отоплением, кондиционированием воздуха и другими приборами. Также можно настроить систему таким образом, чтобы она оптимизировала использование энергии в зависи-

мости от энергоснабжения и цен на электричество. Датчиками для умного управления энергопотреблением являются [4]:

- розетка с дистанционным управлением – для управления включением и выключением электроприборов в доме;
- датчик тока – для контроля энергопотребления и экономии энергии в доме;
- контроллер электрических приборов – для управления работой и контроля электрических приборов в доме.

Пятый сценарий – управление умными приборами. В умном доме можно использовать умные приборы, такие как умные телевизоры, умные холодильники и умные стиральные машины. Такие приборы автоматически настраиваются на оптимальный режим в зависимости от запросов владельца и состояния оборудования [3].

Умный дом – это не только модный тренд, но и необходимость для современной жизни. Актуальные сценарии использования умного дома включают не только увеличение комфорта жизни, но и сохранение ресурсов, повышение безопасности и улучшение качества жизни. Умный дом может помочь в повседневных задачах, таких как управление электричеством, отоплением, кондиционером, освещением, уборка, и других аспектах жизни.

Умный дом может повысить уровень безопасности, обеспечивая систему видеонаблюдения и контроля доступа. Умная система безопасности может включать камеры и датчики, которые отправляют уведомления на телефон, если происходит что-то подозрительное. Также умный дом может помочь в экономии ресурсов, таких как энергия и вода, благодаря системам контроля и автоматизации. Возможность удаленного контроля и управления системами открывает возможности для экономии денег на энергии и снижения выбросов углекислого газа.

В целом умный дом может значительно усовершенствовать нашу жизнь и сделать ее более комфортной, безопасной и удобной. Поэтому актуальными сценариями использования умного дома являются: автоматизация управления системами, контроль доступа и видеонаблюдение, экономия ресурсов и повышение комфорта жизни.

Библиографический список

1. Умный дом. Smart home. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%BE%D0%BC_\(Smart_home\)](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%BE%D0%BC_(Smart_home)) (дата обращения: 18.03.2023).
2. Рейтинг лучших комплектов умного дома на 2023 год. URL: <https://vyborok.com/rejting-luchshih-komplektov-umnogo-doma/#i> (дата обращения: 18.03.2023).
3. Акила К. ТОП-15 лучших систем «умный дом» на 2023 год. URL: <https://samyiluchshiy.ru/top-luchshih-sistem-umnyy-dom/> (дата обращения: 19.03.2023).
4. Бем Е. Умный дом: что это такое, зачем нужен и как работает. URL: <https://avaho.ru/articles/ns/umnyy-dom-cto-eto-takoe-zachem-nuzhen-i-kak-rabotaet-2332.html> (дата обращения: 20.03.2023).

УДК 621.311

А. В. Задорожный

студент кафедры электромеханики и робототехники

О. Я. Солёная – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Введение

Современный мир нельзя представить без использования электрической энергии. Она широко применяется во всех отраслях промышленности, городском, сельском и коммунальном хозяйстве, в быту и на транспорте.

Система электроснабжения играет ключевую роль в передаче электроэнергии от источника к потребителю. Задача электроснабжения заключается не только в том, чтобы обеспечить качественную и непрерывную передачу электроэнергии, но и в том, чтобы предотвратить финансовые потери при выходе из строя дорогостоящего оборудования.

За последние несколько десятков лет проблема энергосбережения вышла на новый уровень. Количество энергоресурсов, используемых человечеством, неуклонно иссякает, а их высокая стоимость и плохое влияние на окружающую среду, связанное с производством электроэнергии, приводят к альтернативе, заключающейся в рационализации использования энергоресурсов взамен роста их производства. Именно по данной причине сегодня особенно актуален вопрос внедрения энергоэффективных технологий в действующие электротехнические комплексы зданий и сооружений, способных в значительной мере сократить энергопотребление.

Законодательная база

В результате решения задачи обеспечения потребностей социально-экономического развития страны доступными и достаточными по объему, номенклатуре и качеству энергетическими услугами и продукцией должны быть не только гарантированно обеспечены энергетическая безопасность страны, нормативная надежность производственной структуры энергетики и удовлетворение текущего внутреннего спроса, но и достигнут существенно более высокий уровень качества, эффективности и экологичности в производстве и потреблении энергии, стимулирующий ускоренное развитие экономики и социальной сферы. Это потребует новой электрификации страны, интеллектуализации энергоснабжения и энергопотребления с использованием современных цифровых технологий, широкого распространения энергосберегающих технологий и повышения энергоэффективности, снижения нагрузки на окружающую среду. В регулируемых видах деятельности и в управлении государственными организациями и акционерными обществами с государственным участием будут использоваться бенчмаркинг и другие способы повышения эффективности работы компаний [1].

Президентом Российской Федерации в целях осуществления прорывного развития Российской Федерации, увеличения численности населения страны, повышения уровня жизни граждан, создания комфортных условий для их проживания, а также раскрытия таланта каждого человека было вынесено постановление об определении одной из национальных целей развития Российской Федерации, увеличения численности населения страны, повышения уровня жизни граждан, создания комфортных условий для их проживания, а также раскрытия таланта каждого человека – цифровую трансформацию [2].

Цифровые технологии также входят в состав национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» в рамках реализации указов Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» и от 21.07.2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года», в том числе с целью решения задачи по обеспечению ускоренного внедрения цифровых технологий в экономике и социальной сфере [3].

Область исследования

Энергоснабжение социальных объектов можно охарактеризовать рядом весомых проблем, решение которых считается важной и актуальной задачей на следующие десятки лет. Известные трудности пересмотрены в учебной и технической литературе: это в первую очередь высокая степень износа оборудования подстанций и питающих линий, большое количество подключений на одну подстанцию, удаленность объектов от технологической точки присоединения, а также сложность, а порой невозможность монтажа питающих линий без нарушения архитектуры города.

Система энергоснабжения должна представлять пример высокой надежности. На рис. 1 показаны основные аспекты надежности такой системы. На деле ситуация выглядит совсем по-другому: качество предоставляемых услуг порой не удовлетворяет потребителей и не соответствует их ожиданиям по ряду причин, среди которых можно отметить нехватку мощностей, ветхость и изношенность установленного оборудования, невозможность технологического присоединения. По большому счету, у обычного (бытового) потребителя перебои в работе и некачественное предоставление услуг вызывают чувства беспокойства и дискомфорт.



Рис. 1. Основные аспекты надежности системы электроснабжения

Политика повышения энергоэффективности любых процессов обладает эффектом мультипликации, так как энергоэффективность является одной из ключевых категорий экономических систем. Это означает, что энергоэффективность сети в целом напрямую зависит от энергоэффективности в начальных секторах всей технологической цепочки.

Максимальной ролью обладают свойства энергоэффективности в топливно-энергетическом комплексе, в том числе электросетевом. Так как потерянная электроэнергия – это неоказанные услуги и недоотпуск продукции, что влечет за собой финансовые потери.

Одно из звеньев электросетевого комплекса – трансформаторная подстанция. Данное звено необходимо подвергнуть пристальному анализу в процессе внедрения стратегии повышения энергоэффективности при распределении электрической энергии и ее транспортировке.

Трансформаторные подстанции

Трансформаторные подстанции обычно классифицируют в зависимости от мощности и назначения. Существуют следующие виды:

- главные понизительные подстанции (ГПП) – на данную подстанцию подается напряжение 110/220 кВ напрямую от районной энергетической системы, после чего трансформируется до 6/10/35 кВ, распределяя электроэнергию по подстанциям предприятия и потребителям высокого напряжения;

- подстанция глубокого ввода (ПГВ) – рассчитана на входное напряжение 330/220/110 кВ, которое трансформируется в 6/10 кВ. ПГВ обычно располагают рядом с крупными и энергоемкими производствами;

- трансформаторная подстанция (ТП) – на ТП подается напряжение 10/6 кВ и трансформируется до 0,69/0,4 или 0,4/0,24 кВ. Также данная подстанция именуется как цеховая – в промышленных сетях или городская – в городских сетях [4].

Существуют различные методы присоединения трансформаторных подстанций к линиям питания (рис. 2). Узловыми называются подстанции, присоединяемые к сети не менее, чем тремя питающими линиями (рис. 2, а). Если же подстанция включается в рассечку (имеется вход и выход питающей линии) магистральной линии, то она называется проходной. Схема подключения такой подстанции

представлена на рис. 2, б. Подстанция называется ответвительной, если она подключается через отведение от питающих линий (рис. 2, в). Если электроэнергия подается на подстанцию отдельной линией, то она называется тупиковой, как показано на рисунке 2, г. Для питания таких подстанций используются радиальные схемы, или же тупиковая подстанция может быть последней подстанцией в магистральной схеме.

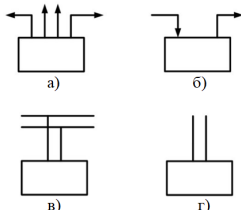


Рис. 2. Схемы присоединения трансформаторных подстанций:
а – узловая, б – проходная, в – ответвительная, г – тупиковая

Помимо модернизации оборудования самих трансформаторных подстанций не стоит забывать про отходящие питающие линии, поскольку марки, состояние и запас мощности электрических проводов и кабелей непосредственно влияют на качество электроэнергии. Следовательно, для повышения энергоэффективности необходимы расчет и замена отходящих питающих линий к потребителям: жилым домам, коммерческому фонду и индивидуальным источникам потребления с учетом современных типов электрооборудования и средств защиты.

Современные цифровые технологии в системах электроснабжения

В качестве мер для повышения энергоэффективности следует рассмотреть современные цифровые системы (ЦС). Главной идеей цифровизации трансформаторных подстанций является внедрение стандартизации всех решений, начиная от проекта вплоть до эксплуатации объекта.



Рис. 3. Преимущества цифровизации трансформаторных подстанций

Требования стандарта МЭК (Международной электротехнической комиссии) лежат в основе цифровизации любой подстанции, ведь когда системы соответствуют общепринятым стандартам – это явное преимущество. Упростить проектирование позволяют общие правила и унификация всех требований, при этом повышается надежность объектов и появляется возможность для оптимизации процессов их эксплуатации. Основные положительные стороны цифровизации подстанций показаны на рис. 3.

Для полной реализации потенциала цифровых подстанций необходимо проектировать такие объекты с применением BIM-технологий. BIM-технологии – это представление в цифровом виде физических и функциональных характеристик и свойств объекта, которое позволяет охватывать не только геометрию здания, но и дает возможность отслеживать и держать на контроле все стадии, начиная от проектирования и заканчивая регламентами по обслуживанию и сносу объекта. На рис. 4 наглядно показан охват BIM-технологий.



Рис. 4. BIM-технологии

В таблице представлены результаты опроса представителей строительной отрасли в Европе.

Результаты опроса о положительных качествах применения BIM-технологий

Показатель	Количество ответов, %
Снижение стоимости проектов	55
Увеличение прибыли	41
Повышение производительности труда	21
Выход на новые рынки	19

В России данные технологии не столь распространены по ряду причин:

- высокая стоимость первоначальных вложений;
- дефицит квалифицированных кадров;
- приверженность привычным методам проектировки, планирования и управления;
- различные инфраструктурные проблемы.

Для повышения национальной конкурентоспособности, выхода на новые мировые рынки, увеличения качества поставляемого продукта, удобства в обслуживании и управлении, а также для снижения стоимости проектов необходимо внедрять описанные технологии.

Программы для электронных вычислительных машин, станков и прочего оборудования, их программное обеспечение, базы данных, информирующие системы, инновационные способы осуществле-

ния процессов и методов поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения информации, основанные на «сквозных» цифровых технологиях, называют цифровым продуктом [5].

«Сквозная» цифровая технология – это часть определенного технологического процесса производства неких товаров, обслуживания в сфере услуг и выполнения работ, которая представляет собой тесную взаимосвязь процессов и методов поиска, сбора, обработки, хранения, снабжения и распространения информации, обеспечивающих в ходе хозяйственной деятельности по производству (поставке) товаров, оказанию услуг и выполнению работ:

- повышение результативности, точности или иных значимых характеристик технологического процесса;
- повышение качества или иных значимых характеристик производимых (поставляемых) товаров, оказываемых услуг и выполняемых работ (в том числе за счет сокращения брака);
- снижение издержек при производстве (поставке) товаров, оказании услуг и выполнении работ.

Для предприятий энергетики применяются следующие сквозные цифровые технологии/субтехнологии:

- новые производственные технологии;
- технологии цифровых двойников (Digital Twins);
- CAE (Computer Aided Engineering) – система автоматизации инженерных расчетов;
- 3D-моделирование (3D-Modeling);
- CAD (Computer Aided Design) – система автоматизированного проектирования (САПР);
- интернет вещей (IoT – Internet of Things);
- информационная безопасность и кибербезопасность (Information Security & Cybersecurity);
- искусственный интеллект и машинное обучение (Artificial Intelligence & Machine Learning);
- большие данные (Big Data);
- IT-инфраструктура организации.

Заключение

Повышение энергоэффективности – достаточно обширный процесс, который затрагивает практически все сферы деятельности человека, но с учетом текущего темпа роста городов особняком стоит тема повышения энергоэффективности электротехнических систем в условиях современного мегаполиса. Это обуславливает появление все большего количества бытовых потребителей электроэнергии, среди которых достаточную часть составляют объекты социальной инфраструктуры.

Необходимость снижения энергетических затрат и повышение энергетической эффективности особенно актуальна в наши дни. По данным Росстата, 80 % многоквартирных домов (МКД) в России построены еще до принятия Федерального закона № 261-ФЗ. К таким зданиям применялись устаревшие СНиПы, которые не отвечают современным требованиям. Типовой МКД, построенный до принятия 261-ФЗ, потребляет примерно на 70 % больше энергии, чем аналогичный, но построенный уже по современным нормам.

Библиографический список

1. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р.
2. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года: Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474.
3. Паспорт национального проекта «Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» от 04.06.2019 № 7 президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам.
4. *Жузин А. Ф., Поконов Н. З., Антонов М. В.* Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1986. С. 118.
5. Основные сквозные цифровые технологии в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.05.2019 № 549.

УДК 004.85

А. Т. Заитов

ученик 9-го класса лицея № 144

Е. Г. Буторина, А. С. Давыскиба, Е. С. Суворова – студенты кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В АНАЛИЗЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

Основные понятия и определения

Машинное обучение (МО) – это область искусственного интеллекта, алгоритмы и модели которой позволяют компьютеру обучаться, исходя из получаемых им данных и опыта, не используя при этом явные элементы программирования [1]. С каждым годом машинное обучение становится все более популярным и используется в различных областях, включая анализ больших данных.

Большие данные (БД) – это структурированные и неструктурированные массивы данных огромных объемов и разнообразия. Анализ больших данных может быть трудоемким и времязатратным процессом, однако применение машинного обучения может значительно упростить этот процесс и сделать его более эффективным, так как алгоритмы машинного обучения могут обрабатывать большие объемы данных и автоматически извлекать полезную информацию из них. К тому же машинное обучение может использоваться для прогнозирования будущих результатов на основе исторических данных.

Виды и задачи машинного обучения в анализе больших данных

Классическое машинное обучение (рис. 1) можно разделить на два типа: обучение с учителем и без учителя [2]. При обучении с учителем программист приводит машине реальные примеры и наблюдает за ее прогрессом. Данный тип обучения применяется в анализе больших данных для решения задач классификации и регрессии.

Классификация – это процесс предсказания категории объекта и разделение объектов согласно определенным и заданным заранее признакам. Например, можно использовать задачу классификации для определения спама среди писем на основе их содержания.

Регрессия – определение связи между переменными, прогнозирование значения одной переменной на основе значений других [3]. Регрессионный анализ применяется для прогнозирования потребительского спроса, цен на товары, доходности инвестиций и т. д.

В отличие от обучения с учителем, где машина обучается на основе правильных ответов, в обучении без учителя машина сама ищет общие признаки и классифицирует полученные данные. Одним из наиболее распространенных применений обучения без учителя в анализе больших данных является кластеризация.

Кластеризация – это процесс группировки данных на основе их сходства без изначально заданных категорий. Алгоритмы кластеризации автоматически определяют сходство между данными и группируют их в кластеры, где объекты разных кластеров значительно отличаются друг от друга. Например, задача кластеризации может помочь выявить группы товаров, которые наиболее популярны среди покупателей.

Помимо классического обучения, существует более сложный вид МО – обучение с подкреплением. При обучении с подкреплением машина сама определяет, какие действия приводят к наилучшему результату, исходя из полученных вознаграждений и штрафов. Обучение с подкреплением может применяться в анализе больших данных для решения различных задач, таких как:

- создание чат-ботов, способных взаимодействовать с пользователями и обеспечивать более эффективную обработку больших объемов текстовой информации;
- прогнозирование данных временных рядов, таких как цены на акции или данные о погоде;
- создание систем распознавания изображений;
- анализ социальных сетей и определение оптимальных стратегий взаимодействия с пользователями.

Однако обучение с подкреплением может быть довольно сложным и требует большого количества данных и вычислительных ресурсов для эффективной реализации. В анализе больших данных обучение с подкреплением можно использовать в сочетании с другими видами МО для получения более точных результатов.



Рис. 1. Виды машинного обучения

Сферы применения машинного обучения в анализе больших данных

1. Применение в анализе социальных сетей.

В 2020 г. было проведено исследование об использовании машинного обучения для анализа настроений в социальных сетях [4]. Изучение настроений пользователей эффективно используется для анализа контента социальных сетей, выявления различных аспектов безопасности и предоставления эффективных решений. Также машинное обучение используется для обнаружения «фейковых» отзывов, спама и ботов. Существует множество программных приложений на основе машинного обучения и технологий БД. Они активно используются в социальных сетях, например для определения пола и гендера пользователей. Эти приложения помогают маркетологам более эффективно ориентироваться на своих клиентов.

2. Применение в рекламе.

Данные, собранные совокупными усилиями аналитиков больших данных и рыночных экспертов, обеспечивают информацией, которая может быть эффективно использована для таргетированного маркетинга и рекламы. Технологии БД могут быть использованы, чтобы предлагать контент телевизионной аудитории и помогать привлекать целевых клиентов. Данные, получаемые в качестве обратной связи в режиме реального времени, также делают таргетинг телерекламы более точным, помогают прогнозировать количество просмотров телепрограммы и потребительское поведение. Информационные технологии, такие как БД, искусственный интеллект и аналитика данных, используются для обеспечения качественного обслуживания клиентов. С помощью технологий создаются системы сервисного обслуживания как в офлайн-, так и в онлайн-режиме.

3. Применение в кибербезопасности.

Совместное использование машинного обучения и больших данных позволило получить инструмент для поиска проблем в системе кибербезопасности и обширную базу знаний [5]. С помощью полного доступа к БД алгоритмы машинного обучения помогают системам безопасности проверять конфиденциальность данных, обнаруживать места аномалий и уязвимостей, своевременно реагировать на

атаки и несанкционированные действия, распознавать подозрительную активность и находить аномалии и ошибки в коде (рис. 2).

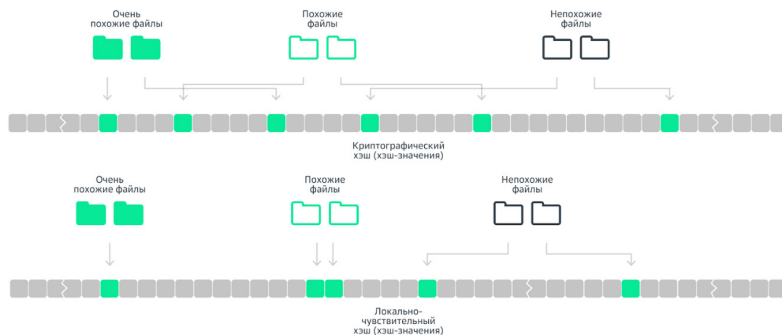


Рис. 2. Модель локально-чувствительного хэширования для машинного обучения с использованием БД

4. Электронная торговля.

Согласно аналитике McKinsey, до 35% выручки компании Amazon генерируется на основе отлаженного механизма рекомендации пользователям [6]. В частности, клиенты получают предложения о продукции на основе тех товаров, которые пользователь просматривал ранее. Такая сегментация рынка возможна благодаря внедрению машинного обучения в анализ данных.

5. Банковский сектор.

Райффайзенбанк принял решение использовать технологию больших данных на основе машинного обучения для максимально эффективного анализа всех доступных для банка данных с целью создания цифровых продуктов и для улучшения клиентского опыта [7]. После внедрения технологии БД банк ежедневно прогнозирует спрос на снятие наличных в банкоматах и оптимизирует работу службы инкассации.

Заключение

Использование машинного обучения в области больших данных является важной технологией, которая может помочь компаниям улучшить свой бизнес, оптимизировать процессы работы и повысить эффективность своих операций. Машинное обучение позволяет быстро выявлять тренды, предсказывать предпочтения клиентов, повышать точность прогнозирования и принятия решений. Однако необходимо учитывать особенности конкретной задачи и выбирать наиболее подходящие методы МО для достижения наилучших результатов.

Библиографический список

1. Машинное обучение (Machine Learning) // tadviser. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Машинное_обучение_\(Machine_Learning\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Машинное_обучение_(Machine_Learning)) (дата обращения: 28.02.2023).
2. Обучение на больших данных // ifmo. URL: https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Обучение_на_больших_данных (дата обращения: 27.02.2023).
3. Классическое машинное обучение: задачи классификации, обобщения, кластеризации данных // evergreens. URL: <https://evergreens.com.ua/ru/articles/classical-machine-learning.html> (дата обращения: 02.03.2023).

4. Влияние технологий big data и machine learning на изменение в интернет-маркетинге // Репозиторий БГУИР. URL: https://libeloc.bsuir.by/bitstream/123456789/43843/1/Shkor_Vliyaniye.pdf (дата обращения: 02.03.2023).

5. Машинное обучение и Big Data в кибербезопасности // sbercloud. URL: <https://sbercloud.ru/ru/warp/blog/big-data-dlya-obespecheniya-informacionnoj-bezopasnosti> (дата обращения: 04.03.2023).

6. Влияние технологий обработки больших данных на развитие сферы электронной торговли // cyberleninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tehnologiy-obrabotki-bolshih-dannyh-na-razvitiye-sfery-elektronnoy-torgovli/viewer> (дата обращения: 06.03.2023).

7. Big Data в Райффайзенбанке // habr. URL: <https://habr.com/ru/company/raiffeisenbank/blog/332496/> (дата обращения: 08.03.2023).

УДК 621.313

Е. И. Карпов

студент кафедры электромеханики и робототехники

А. А. Мартынов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**ВИДЫ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ В ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМАХ**

В наше время есть множество зон, где может применяться асинхронный электропривод, будь то автомобили, вентиляторы или грузоподъемные механизмы. Преимущество использования таких двигателей – их простота и более безопасная эксплуатация в сравнении с двигателями постоянного тока, также у них довольно низкая цена из-за простоты конструкции, а для применения не требуются специальные источники питания, так как они рассчитаны на питание из сети переменного тока промышленной частоты. И для того, чтобы эффективно пользоваться этими двигателями, необходимо ими точно управлять [1].

Для управления двигателями необходимо знать, какими параметрами можно это делать. Рассмотрим формулу скорости асинхронного двигателя:

$$n_2 = \frac{60f}{p} (1 - S),$$

где f – частота сети в Гц, p – число пар полюсов, S – величина скольжения, показывающая, как сильно частота вращения ротора отстает от вращения магнитного поля, в %. По данной формуле можно вывести, что скоростью вращения двигателя можно управлять, изменяя данные параметры: частоту тока питающей сети; число пар полюсов; скольжение.

На основе перечисленных параметров для управления асинхронными двигателями на данный момент существуют такие методы:

- частотный – изменение частоты вращения асинхронного двигателя путем изменения частоты тока в питающей сети, что влечет за собой изменение частоты вращения поля статора. Для такого метода используются частотные преобразователи;
- введение в обмотку ротора внешней добавочной ЭДС, направление которой согласно или противоположно ЭДС обмотки ротора;
- реостатный – частота вращения ротора асинхронного двигателя с фазным ротором регулируется путем изменения сопротивления реостата в цепи ротора;
- изменение числа пар полюсов – используется только в машинах с короткозамкнутым ротором и требует конструктивно предусмотренной для этого обмотки;
- скалярное управление – заключается в поддержании постоянного отношения напряжения/частоты на всем рабочем диапазоне скоростей, при этом контролируются только величина и частота питающего напряжения;
- векторное управление – по сути, то же самое что скалярное, за исключением того, что в данном методе регулируется еще и фаза, т. е. регулируется как величина, так и угол вектора напряжения;
- фазовое управление – данный вид управления получается изменением сдвига фаз между векторами напряжений возбуждения и управления;
- амплитудно-фазовый способ – включает перечисленные способы;
- включение в цепь питания реакторов.

Для двигателя с короткозамкнутым ротором особо выделяются методы регулирования оборотов изменением числа пар полюсов и частотой. Первый применяется для многоскоростных двигателей со сложной обмоткой. Обмотки полюсов разбиты на группы и чередуются, путем коммутации обмотки подключаются то параллельно, то последовательно [2].

Плюсы данного метода: высокий КПД; жесткие механические характеристики. Минусы: высокая цена; большая масса и габариты машины. Такой метод хорош для использования в транспортерах, подъемниках или лифтах.

Регулирование частоты производится специальными устройствами, преобразователями частоты, которые подключаются к машине. Состоят они обычно из трех частей: выпрямитель, сглаживающий фильтр и инвертор с ШИМ. С выпрямителем все просто: на него поступает напряжение с питающей сети, он его «выпрямляет» и пускает дальше на сглаживающий фильтр, который нужен для того, чтобы подавить пульсации напряжения выпрямителя. Далее напряжение поступает на инвертор с ШИМ. На обмотки двигателя подается импульсное напряжение, равное амплитудному напряжению с выпрямителя. Импульсы модулированы по ширине и создают напряжение переменного тока с изменяющейся амплитудой [3]. Наглядным примером могут считаться кривые междофазного напряжения и тока в одной обмотке двигателя при соединении обмоток треугольником. Преобразователь сам рассчитывает требуемые значения для управления машиной, пользуясь расчетными внутренними алгоритмами, которые были встроены производителем устройства. На рис. 1, 2 представлены схема частотного преобразователя асинхронного двигателя и выходной сигнал преобразователя частоты.

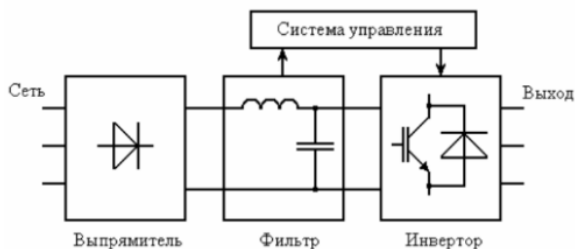


Рис. 1. Схема частотного преобразователя асинхронного двигателя

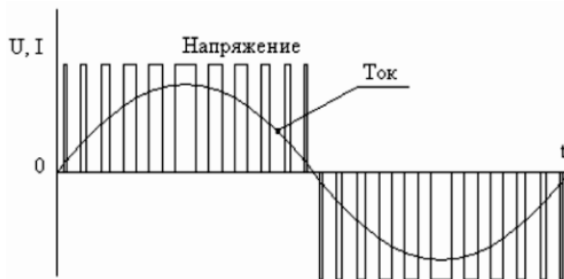


Рис. 2. Выходной сигнал преобразователя частоты

Преимущества этого метода управления: плавное регулирование частоты вращения в необходимых пределах; изменение скорости и направления вращения двигателя; автоматическое поддержание требуемых параметров; экономичность системы управления. Единственным минусом можно выделить стоимость такого прибора.

Электрические двигатели различных кранов и грузоподъемных механизмов работают в тяжелых и особо тяжелых режимах. Они должны обеспечивать плавное регулирование частоты вращения при большом количестве пусков, реверсов и остановок за короткий промежуток времени, максимальный момент силы на валу. Раньше для приводов такого оборудования применялись двигатели с фазным ротором или двигатели постоянного тока, но они имеют высокую стоимость и вращающиеся токоведущие части, которые требуют постоянной замены. А с появлением преобразователей частоты в эту нишу теперь попадает и асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором [4].

Преобразователь частоты в приводах подъемных механизмов позволяет:

- отказаться от АД с фазным ротором и ДПТ, имеющих цену значительно превышающую АД с короткозамкнутым ротором;
- осуществлять плавный подъем груза с необходимой поддерживаемой скоростью;
- при необходимости точно позиционировать крюк/кадетку;
- снизить износ электродвигателя и обеспечить защиту от аномальных режимов работы и аварий;
- повысить жесткость механических характеристик электродвигателя.

Библиографический список

1. *Забудский Е. И.* Электрические машины: в 4 ч. Ч. 2, М.: Мегapolis, 2017. 305 с.
2. *Булгаков А. А.* Частотное управление асинхронными двигателями. М., 2016. 216 с.
3. *Кацман М. М.* Электрические машины. М.: Академия, 2017. 495 с.
4. Статьи по электрике. URL: <https://electricvdele.ru> (дата обращения: 27.12.2022).

УДК 621.039.6

В. В. Кискин

ученик 9-го класса гимназии № 41

А. В. Коркунов, К. А. Кротов – магистранты кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители**ТОКАМАКИ. ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕРМОЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ****Список сокращений**

CS – Central Solenoid

ITER – International Thermonuclear Experimental Reactor

КПД – коэффициент полезного действия

Токамак – тороидальная камера с магнитными катушками

Введение

Токамак – это установка, обеспечивающая условия протекания управляемого термоядерного синтеза, которая, в свою очередь, вырабатывает энергию для нагрева воды и производства пара, приводящего в действие турбины для выработки электроэнергии.

Ядерный синтез может обеспечить чистую и почти безграничную энергию, однако проблемы, связанные с удержанием плазмы в течение длительного времени, не дают выйти на эффективное значение коэффициента полезного действия. На сегодняшний день количество вырабатываемой энергии меньше, чем количество затрачиваемой на инициирование термоядерной реакции.

Концепция токамака была разработана в 1950-х гг. советскими физиками Игорем Таммом и Андреем Сахаровым [1]. Первый токамак Т-1 начал работать в СССР в 1958 г. Это привело к дальнейшему развитию и последующему строительству термоядерного реактора Токамак в Принстонской лаборатории физики плазмы и Объединенного европейского тора в Англии, оба из которых достигли рекордной термоядерной мощности в 1990-х гг.

Управление плазмой – важный аспект исследований, направленных на создание новых технологий и устройств, работающих на основе этого явления. Плазмой называется ионизованный газ, в котором атомы (все или значительная часть из них) потеряли по одному или по несколько принадлежавших им электронов и превратились в положительные ионы [2]. Для управления плазмой требуется обеспечить ее получение, удержание и контроль.

Цель работы – рассмотрение существующих методов получения плазмы и ее удержания в термоядерных реакторах типа токамак.

Обзор и сравнение существующих методов

Управляемый термоядерный синтез – это процесс, при котором ядра легких элементов (обычно дейтерия и трития) соединяются в более тяжелые ядра с выделением энергии. Этот процесс может быть использован для производства энергии.

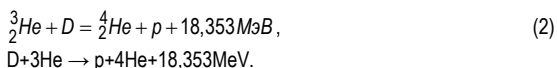
Установка типа токамак применяется для обеспечения условий протекания термоядерного синтеза. Основной принцип работы токамака заключается в обеспечении условий протекания управляемого термоядерного синтеза, который приводит к высвобождению колоссальных объемов энергии в виде тепла и света.

Формула D-T означает соединение ядер дейтерия (D) и трития (T). Реакция выглядит следующим образом:



где He – ядро гелия, n – нейтрон.

Реакция дейтерий + гелий-3 является перспективной, в том числе по причине отсутствия нейтронного выхода (но при реакции дейтерий-дейтерий образуется тритий, который может провзаимодействовать с дейтерием, в результате «безнейтронного» термоядерного синтеза до настоящего времени нет) [3]:



Формула (1) описывает реакцию слияния дейтерия и трития, при которой образуется ядро гелия-4, нейтрон и энергия. Данная реакция является наиболее перспективной для создания управляемого термоядерного реактора, так как она имеет наибольшую скорость реакции и меньшую температуру зажигания.

Формула (2) описывает реакцию слияния дейтерия и ядра гелия-3, при которой образуется ядро гелия-4, протон и энергия. Данная реакция имеет более высокую температуру зажигания и, следовательно, требует больше энергии для запуска.

В целом обе формулы описывают процессы термоядерного синтеза, которые могут использоваться для производства энергии. Однако формула (1) является более перспективной и часто используется для создания управляемых термоядерных реакторов:



Магнитная система токамака

Один из способов удержания плазмы – применение магнитного поля. Этот метод основан на том, что заряженные частицы движутся по закрученным линиям силовых линий магнитного поля. Магнитное поле может быть создано с помощью электромагнита или постоянного магнита. Важным параметром при создании магнитного поля является его интенсивность.

Тороидальная катушка

Представляет собой катушку из провода, закрепленную в виде спирали вокруг центральной оси токамака. Основное назначение тороидальной катушки состоит в том, чтобы создавать магнитное поле внутри токамака. Это поле необходимо для удержания плазмы относительно оси токамака. Благодаря магнитному полю плазма находится под сильным давлением, что способствует сжатию и увеличению плотности топлива. Устойчивость плазмы обеспечивается сильным тороидальным полем.

В тороидальной катушке создается плазменный ток. Он протекает по спирали катушки и создает замкнутое магнитное поле, направление которого перпендикулярно оси токамака. Это магнитное поле направлено таким образом, что плазма, находящаяся внутри катушки, сжимается и удерживается в центре токамака. Благодаря этому токамак может удерживать плазму и достигать высокой плотности.

Одно из главных преимуществ тороидальной катушки в том, что ее магнитное поле практически не теряет свою энергию и может поддерживаться некоторое время. Более того, катушка может создавать магнитное поле сильной интенсивности, что позволяет обеспечить высокую плотность плазмы в токамаке.

Однако создание и поддержание тороидальной катушки является сложной задачей, так как катушка должна быть способна выдерживать высокие температуры и радиационный поток внутри токамака. Поэтому при проектировании токамака необходимо учитывать все факторы, влияющие на работу тороидальной катушки и ее надежность.

Полоидальная катушка

Одна из важнейших частей токамака. Ее задачей является создание магнитного поля, перпендикулярного основному магнитному полю, вдоль которого движется плазма. Таким образом, полоидальная катушка создает необходимое поле, позволяющее удерживать плазму в токамаке.

Кроме того, полоидальная катушка используется для корректировки формы плазменного тока. Дело в том, что при движении плазмы по магнитному полю ее форма может изменяться под воздействием различных факторов. Полоидальная катушка позволяет корректировать эту форму, что позволяет достичь равновесия и требуемой формы плазменного шнура.

Несмотря на то, что полоидальная катушка является лишь одной из частей магнитной системы токамака, ее роль невероятно важна. Без нее удержание плазмы на длительное время было бы невозможным, что делает эту часть технологии уже сегодня незаменимой.

Центральный соленоид

Центральный соленоид, также известный как CS, является одним из ключевых элементов токамака. Соленоид – это разновидность катушек индуктивности, представляющая собой цилиндрический

каркас с намотанным на него проводником в один или несколько слоев. Когда ток проходит через спираль, возникает магнитное поле, которое направлено вдоль оси спирали.

Центральный соленоид состоит из нескольких тысяч витков толстого медного провода, расположенного в центре токамака. Его цель – создать магнитное поле высокой интенсивности внутри токамака. Это поле необходимо для того, чтобы держать плазму в плотном кольцевом канале, пока внутри плазменной области происходят реакции термоядерного синтеза. Энергия, выделяемая в результате этих реакций, может использоваться для производства электроэнергии.

В настоящее время главный центральный соленоид установки термоядерного синтеза (ITER) имеет длину около 13 м и диаметр примерно 5 м. При этом он должен выдерживать электрические нагрузки и высокие температуры, вызванные реакцией термоядерного синтеза. Центральный соленоид является одним из основных объектов исследования в области термоядерного синтеза. Ученые постоянно работают над разработкой более эффективных и компактных устройств, которые могут создавать магнитные поля высокой интенсивности, необходимые для удержания плазмы и производства энергии.

Центральный соленоид – ключевой элемент термоядерной установки, и его разработка и совершенствование играют важную роль в исследовании и развитии технологии термоядерного синтеза.

Заключение

Магнитная система для удержания и нагрева плазмы – это установка, создающая сильное магнитное поле, которое удерживает плазму и нагревает ее до высоких температур. Это важная технология для получения энергии из ядерного синтеза, который является потенциальным источником чистой и бесконечной энергии.

Для обеспечения удержания плазмы используются различные методы. Токамак – один из наиболее распространенных. Он состоит из спирали намотанной проволоки, которая создает магнитное поле, направленное вдоль оси тора. Эта магнитная ловушка позволяет удерживать плазму на месте. Однако только удерживать плазму недостаточно, нужно нагреть ее до высокой температуры, чтобы процесс ядерного синтеза начался. Для этого используется дополнительное нагревание пучком нейтральных частиц или радиоизлучения. При нагревании плазма становится более плотной, и температура внутри токамака может достигать нескольких миллионов градусов Цельсия. Как только плазма достигает достаточной температуры, начинается процесс ядерного синтеза, который происходит при столкновении ядер. В результате выделяется энергия, которая может быть использована для генерации электричества. Основная сложность в создании устойчивой плазменной системы заключается в управлении источниками тепла и удержании плазмы на месте.

Создание магнитной системы для нагрева и удержания плазмы – сложный и дорогостоящий процесс, который требует высокой точности и контроля на каждом этапе. Однако если эта технология будет успешно развита, она может приносить чистую и бесконечную энергию для человечества.

Удержание плазмы – одна из ключевых проблем, которую необходимо решить для достижения практической реализации термоядерного синтеза. В статье было предложено два способа ее удержания: с помощью дейтерия и трития, а также дейтерия и гелия-3. Обе формулы описывают процессы термоядерного синтеза, которые могут использоваться для производства энергии.

Библиографический список

1. Токамак. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D0%BC%D0%B0%D0%BA> (дата обращения: 23.03.2023).
2. Определение понятия плазмы. URL: https://ionization.ru/ru/articles/106_Opredelenie-ponjatija-plazmy.html (дата обращения: 23.03.2023).
3. Управляемый термоядерный синтез. URL: https://xn--h1ajim.xn--p1ai/index.php/%D0%A3%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D1%8F%D0%B5%D0%BC%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8F%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B7%D0%A0%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B9_+_%D0%B3%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%B9-3 (дата обращения: 23.03.2023).

УДК 621.039.67

А. Д. Колесова

студент кафедры электромеханики и робототехники

Р. Ш. Еникеев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В КОНСТРУКЦИЯХ ТОКАМАКОВ**

В XXI в. основной тенденцией развития стал непрерывный рост энергопотребления. В недалеком будущем появятся трудности с получением энергии из-за истощения природных ресурсов и окружающей среды в целом, которые необходимы для выработки энергии традиционными способами – путем сжигания угля, нефти и газа.

Рассматривая огромное количество способов альтернативного получения энергии, можно судить о том, что одним из наиболее перспективных направлений развития энергетики будет промышленное освоение термоядерной энергии. В природных условиях термоядерные реакции между ядрами водорода протекают в недрах звезд, в частности во внутренних областях Солнца, и служат тем постоянным источником энергии, который определяет их излучение.

Термин «управляемый термоядерный синтез» включает описание процесса столкновения ядер изотопов водорода (дейтерия, трития) и гелия-3 при высоких температурах и давлении, сопровождающегося выделением энергии [1]. При слиянии дейтерия и трития с образованием изотопа гелия выделяется 17,6 МэВ на один нуклон. Освобождающаяся энергия в процессе УТС должна быть больше энергии зажигания реакционной смеси, т. е. должен достигаться положительный баланс энергии.

Главная проблема, которую нужно решить для освоения управляемого термоядерного синтеза, – высокая неустойчивость горячей плазмы в связи с тем, что нет конструкционных материалов, которые способны выдержать огромную температуру. Поэтому было найдено решение, при котором контакт плазмы со стенками термоядерного реактора происходить не будет.

На данном этапе развития термоядерных технологий возможны два подхода к решению проблемы управляемого термоядерного синтеза. Первый способ – импульсный, где за доли секунды происходит всесторонне равномерное обжатие водородной капсулы и его разогрев до температур протекания термоядерной реакции с последующим сгоранием. Топливные частицы в процессе протекания реакции не успевают разлететься за время сгорания в силу механической инерции. Второй способ – воспроизведение изоляции внешним магнитным полем относительно разряженной квазистационарной плазмы. Магнитное поле не ускоряет и не замедляет движения заряженных частиц, а всего лишь искривляет их траектории [2].

Удержание плазмы магнитным полем. Установка типа токамак

Использование магнитного удержания плазмы выглядит более перспективным подходом к термоядерному синтезу. Главным препятствием на этом пути были различные неустойчивости. Плазма легко перетекает из области с сильным магнитным полем туда, где оно слабее. Ее давление в этом месте возрастает, вдобавок в ней возбуждается электрический ток, способный временно ослабить магнитное поле. В результате плазма может неожиданно вырваться из области удержания.

Наиболее успешным способом удержания оказались тороидальные магнитные ловушки, такие как установки типа токамак. Токамаки представляют собой одну из наиболее понятных и вместе с тем наиболее продвинутых концепций магнитного удержания как по достигнутым параметрам плазмы, так и по уровню понимания происходящих в ней физических явлений. Обобщенное устройство токамака показано на рис. 1.

Токамак характеризуется функциональными признаками: наличием винтовой структуры магнитного поля, которая позволяет избежать дрейфа плазмы на стенку; устойчивостью плазмы, обеспечиваемой сильным тороидальным полем; равновесием и требуемой формой плазменного шнура, которые обеспечиваются полоидальными катушками; нагревом, осуществляющимся током в плазме, и инжекцией быстрых атомов [2].

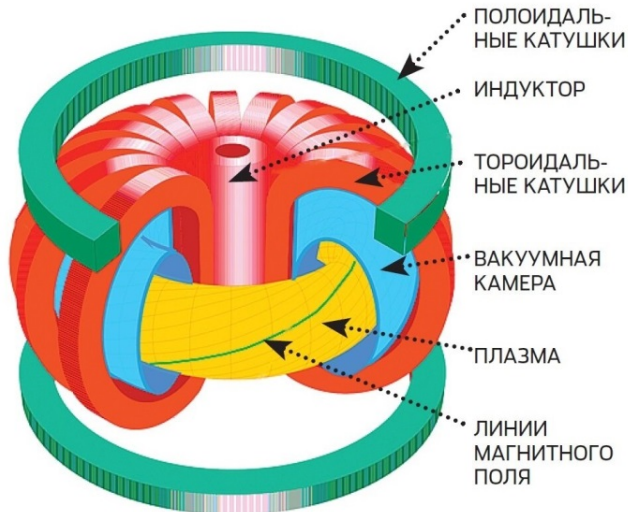


Рис. 1. Обобщенное устройство токамака

В целом конструкция токамака имеет такие основные системы:

- электромагнитная система (ЭМС), которая включает обмотки тороидального (ОТП) и полоидального (ОПП) полей, центральный соленоид (ЦС) или индуктор, обмотки управления (ОУ) и корректирующие обмотки (КК);
- вакуумная камера (ВК) с внутрикамерными компонентами и патрубками;
- бланкет и радиационная защита;
- системы дополнительного нагрева и поддержания тока плазмы;
- система управления положением и формой плазменного шнура;
- вакуумно-третиевый комплекс;
- система электропитания;
- система диагностики и управления.

Сравнительный анализ основных характеристик передовых установок типа токамак

В современном мире насчитывается более нескольких сотен установок магнитного удержания типа токамак, и провести сравнительный анализ абсолютно всех токамаков мира невозможно. Первые токамаки появились в 1960–1970-х гг., и далеко не многие до сих пор в строю. Каждая новая конфигурация токамака с появлением новой идеи вынуждала ученых все больше усовершенствовать свои установки.

Можно проследить различные конфигурации токамаков. Например, токамаки можно разделить по величине аспектного соотношения R/a большого радиуса установки к малому ($R/a = 1,5$ и $R/a > 2,2$), по типам магнитных систем (теплая и сверхпроводящая обмотки, где в свою очередь различают низко-температурную и высокотемпературную сверхпроводящую обмотку), а также наличию или отсутствию дивертора в конструкции.

Для рассмотрения были выбраны десять установок типа токамак, которые наиболее ярко выражают современные мировые тенденции развития магнитных систем термоядерных реакторов. Основные характеристики токамаков из выборки представлены в таблице.

Основные характеристики сравниваемых объектов

Название установки	Страна	Большой радиус плазмы, R (м)	Малый радиус плазмы, a (м)	Аспектное отношение, R/a	Тороидальное магнитное поле на оси плазмы, (Tn)	Ток плазмы (MA)	Мощность нагрева плазмы (МВт)	Состав плазмы	Конфигурация
ГЛОБУС-М2	Российская Федерация	0,36	0,24	1,5	0,7	0,5	–	D–D	Сферический, теплая магнитная система
T-15 MD	Российская Федерация	1,48	0,67	2,2	2	2	20	D–D	Диверторный, D-образная форма ОТП, теплая магнитная система
JT-60SA	Япония	3	1,18	2,5	2,7	5,5	41	D–D	Сверхпроводящий (HTСП), D-образная форма ОТП
WEST (Ранее: TORE SUPRA)	Франция	2,5	0,5	5	3,7	1	9/7	D–D	Диверторный, сферический, сверхпроводящий (HTСП),
EAST	Китай	1,75	0,4	4,37	3,5	1	8	D–D	Сверхпроводящий (HTСП), D-образная форма ОТП
KSTAR	Республика Корея	1,8	0,5	3,6	3,5	2	14	D–D	Сверхпроводящий (HTСП), диверторный, D-образная форма ОТП
JET	Великобритания	2,96	2,10/ 1,25	1,4/ 2,4	3,45	3,2- 4,8	38	D-T D-D	Сверхпроводящий (HTСП), D-образная форма ОТП
ITER	Международный проект	6,2	2	3,1	5,3	15	73	D-T D-D	Сверхпроводящий (HTСП), диверторный, D-образная форма ОТП
SPARC	Соединенные Штаты Америки	1,85	0,57	3,1	12	8,7	24	D-T D-D	Сверхпроводящий (BTСП), D-образная форма ОТП
TPT	Российская Федерация	2,15	0,57	3,77	8	5	40	D-T D-D	Сверхпроводящий (BTСП), диверторный, D-образная форма ОТП

1. Российский токамак Глобус-М2 предназначен для изучения поведения плазмы в лабораторных условиях, а не в реакторном режиме. В ходе экспериментов на данной установке была получена ре-

кордная для сферических токамаков плотность плазмы. В нем также отрабатываются новые методы радиочастотного нагрева плазмы и подачи топлива в горячий плазменный шнур. В настоящее время Глобус-М2 является единственной установкой в России, где осуществляются исследования плазмы в конфигурации термоядерного реактора (диверторной конфигурации) [3].

2. Токамак T-15MD – крупнейший в России токамак с вытянутой плазмой, дивертором, длинным импульсом и мощным нагревом, а также с теплой магнитной системой. T-15MD – замена токамаку T-10 и T-15, в которых плазма круглого сечения. Данная замена была необходима из-за того, что в базу данных ИТЭР включают только эксперименты на токамаках с вытянутым сечением [4].

3. Японский токамак JT-60SA должен прийти на смену токамаку JT-60. Принципиальное отличие нового аппарата заключается в том, что в нем будут использоваться сверхпроводящие магнитные катушки (CS – Nb3Sn, TF, PF – NbTi) [5].

4. Французский токамак WEST был создан путем добавления диверторных обмоток и покрытия вольфрамом всех компонентов, обращенных к плазме. Ранее токамак носил название Tore Supra и имел круглое сечение плазмы [6].

5. EAST (Experimental Advanced Superconducting Tokamak) – китайский экспериментальный сверхпроводящий токамак. Устройство является модификацией токамака HT-7, построенного в начале 1990-х при сотрудничестве с Россией. В настоящее время работы по EAST – часть программы по созданию международного экспериментального термоядерного реактора. На установке был получен рекордный 100-секундный импульс при токе плазмы $IP = 0,4$ МА и мощности для поддержания тока 2,5 МВт [7].

6. Корейский токамак KSTAR (Korea Superconducting Tokamak Advanced Research) предназначен для изучения аспектов энергии магнитного синтеза, которые будут иметь отношение к проекту ИТЭР в рамках вклада этой страны в усилия ИТЭР. KSTAR – один из первых исследовательских токамаков в мире, в котором представлены полностью сверхпроводящие магниты, которые снова будут иметь большое значение для ИТЭР [8].

7. JET (Joint European Torus) – объединенный европейский токамак, который является крупнейшим в мире действующим экспериментальным термоядерным реактором для удержания физической плазмы магнитным полем. Расположен в Калхэмском центре термоядерной энергии в Великобритании [9].

8. ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) – проект международного экспериментального термоядерного реактора типа токамак. Задача ИТЭР заключается в демонстрации возможности коммерческого использования термоядерной реакции синтеза и решении физических и технологических проблем, которые могут встретиться на этом пути. Проект разрабатывается с середины 1980-х гг., сооружение планируется закончить в 2025 г. [1].

9. Американский токамак SPARC планирует проверить технологию и физику, необходимые для строительства электростанции на основе концепции термоядерной электростанции. Ожидается, что результирующая плазма будет генерировать по меньшей мере в два раза больше энергии, чем требуется для поддержания себя при высоких температурах (200 млн К). Установка SPARC будет иметь короткий импульс разряда (секунды), большое магнитное поле (12 Тл на оси плазмы, 21 Тл на обмотке), а также высокотемпературную сверхпроводящую обмотку (тип ВТСП-сверхпроводник REBCO) [5].

10. В России сейчас разрабатывается конкурент SPARC – токамак реакторных технологий (TPT). Рассматриваемая установка представляет собой компактный токамак с длинным импульсом разряда, очень большим магнитным полем (до 8 Тл на оси плазмы и 15 Тл на обмотке), электромагнитной системой из высокотемпературного сверхпроводника, дейтериевой термоядерной плазмой. В нем имеется возможность реализации дейтерий-третиевого горения плазмы в течение времени, ограниченного радиационным разогревом ВТСП. TPT должен, во-первых, включить основные перспективные идеи международных программ (KSTAR, EAST, JT-60 SA), во-вторых, применить российские наработки, в частности опробованные на ряде токамаков литиевые технологии отвода тепла и работы с примесями и задел по геликонным методам нагрева плазмы. Схематичное устройство токамака TPT показано на рис. 2 [10].

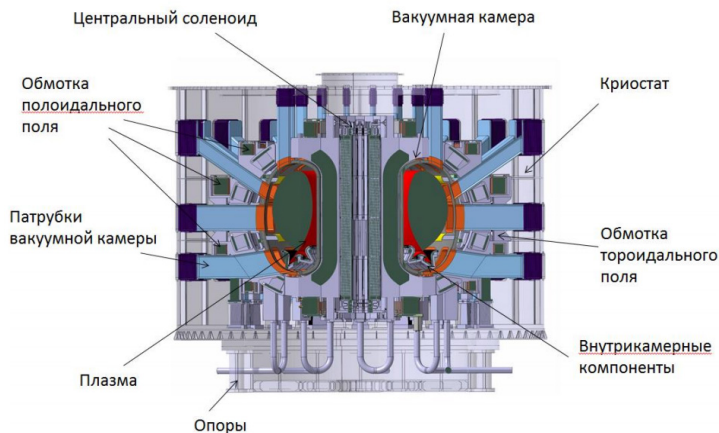


Рис. 2. Схематичное устройство токамака ТРТ

Заключение

Эволюция подходов к выбору плазменных и электрофизических параметров исследовательских установок типа токамак прослеживается в таблице. В ходе сравнительного анализа установок можно сделать вывод о том, что ранее получали плазму в основном круглого сечения и использовали в конструкциях «теплую» электромагнитную систему, как, например, в токамаке ГЛОБУС-М2. Затем перешли на изучение устройств с вытянутой плазмой, где аспектное соотношение $R/a > 2,2$ и вследствие этого катушки тороидального поля получили так называемую D-образную форму.

Для дальнейшего прогресса экспериментальной физики и термоядерного синтеза в целом необходимо использование сверхпроводящих обмоток вместо «теплых», так как применение сверхпроводников снижает энергозатраты на создание электромагнитных полей, позволяя многократно увеличить конструкционную плотность тока в обмотках. Ранее в сверхпроводящих обмотках использовались исключительно НТСП-провода, сейчас активно разрабатываются ВТСП-провода для электромагнитных систем токамаков нового поколения, такие как ТРТ и SPARC.

Библиографический список

1. Основы проектирования магнитных термоядерных реакторов / А. Б. Алексеев [и др.]: под ред. В. А. Глухих, Г. Л. Саксаганского. СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2016. 613 с.
2. Глухих В. А., Беляков В. А., Минеев А. Б. Физико-технические основы управляемого термоядерного синтеза: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. 348 с.
3. Результаты первых экспериментов на токамаке ГЛОБУС-М2 / Н. Н. Бахарева, И. М. Балаченкова, В. И. Варфоломеева [и др.] // Физика плазмы. 2020. № 7. С. 579–587.
4. Экспериментальная термоядерная установка токамак Т-15МД / П. П. Хвостенко, И. О. Анашкин, Э. Н. Бондарчук [и др.] // ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез. 2019. Т. 42, вып. 1. С. 15.
5. Инженерно-технические аспекты электромагнитной системы установки ТРТ / Э. Н. Бондарчук, А. А. Воронова, С. А. Григорьев [и др.] // Физика плазмы. 2021. № 12. С. 1070–1086.
6. Analysis of the New Thomson Scattering Diagnostic System on WEST Tokamak / B. Chelilhi, G. Colledani, L. Doceul [et al.] // Appl. Sci. 2022. Vol. 12. 1318.
7. Experimental progress of hybrid operational scenario on EAST tokamak / X. Gao, L. Zeng, M. Q. Wu [et al.] // Nucl. Fusion. 2020. Vol. 60. 11 p.

8. Operation Phase (2008). KSTAR Project // NFRI: National Fusion Research Institute URL: https://web.archive.org/web/20140904035945/http://www.nfri.re.kr/english/research/kstar_operation_01.php (дата обращения: 01.03.2023).

9. JET // EFDA. URL: <https://web.archive.org/web/20131204235742/http://www.efda.org/jet/> (дата обращения: 01.03.2023).

10. Токамак с реакторными технологиями (TRT): концепция, миссии, основные особенности и ожидаемые характеристики / А. В. Красильников, С. В. Коновалов, Э. Н. Бондарчук [и др.] // Физика плазмы. 2021. № 11.

УДК 621.039.637

А. В. Коркунов

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

Р. Ш. Еникеев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РАБОТУ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ, ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ СИСТЕМЫ АВАРИЙНОГО ВЫВОДА ЭНЕРГИИ ИЗ ТОРОИДАЛЬНЫХ ОБМОТОК ТОКАМАКА ИТЭР

Список сокращений

XLPE – Cross-Linked PolyEthylene – сшитый полиэтилен

TF – Toroidal Field (coil) – тороидальное поле (катушка)

FDU – Fast Discharge Unit – устройство быстрого вывода энергии

Введение

Силовые кабели с XLPE-изоляцией применяются для подключения автоматических выключателей TF FDU в системе быстрого вывода энергии, которая предназначена для защиты сверхпроводящих обмоток тороидальной магнитной системы ИТЭР от аварийных токов.

Магнитные системы токамака ИТЭР создают во внешнем пространстве постоянное рассеянное магнитное поле. Силовые токоведущие кабели системы быстрого вывода энергии расположены в зоне влияния внешнего магнитного поля. В настоящей статье рассматриваются вопросы влияния этого поля на силовые кабели реактора ИТЭР [1].

Постоянное магнитное поле, величины которого указаны в карте магнитных полей комплекса токамака, может влиять на коаксиальные кабели устройств быстрого вывода энергии, расположенные в здании на уровне В2. В статье представлена оценка уровня магнитных полей и электромагнитные силы, действующие на кабели при протекании рабочих токов. Построена численная модель распределения магнитного поля в сечении кабеля, помимо этого, построена численная модель механических напряжений, которые возникают за счет действия постоянного магнитного поля и токов, протекающих в кабеле. Оценка степени влияния величин механических напряжений была проведена путем сравнения их с адгезионной прочностью между медью и полиэтиленом.

Конструкция силового кабеля

Поперечное сечение кабелей TF FDU сечением 300 мм² представлено на рис. 1.

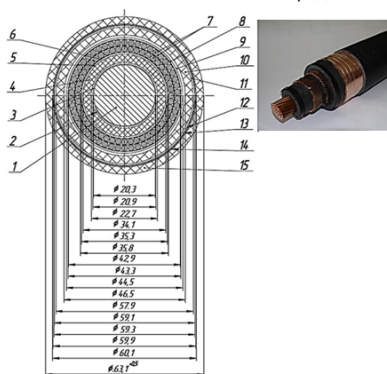


Рис. 1. Сечение TF FDU кабеля

На рис. 1 приняты обозначения: 1 – внутренний медный проводник; 2, 6, 9, 13 – полупроводниковый слой из электропроводящей бумаги; 3, 5, 10, 12 – экран из электропроводящей сшитой композиции полиэтилена; 4 – внутренняя изоляция из сшитого полиэтилена; 7 – внешний медный проводник; 8 – медная лента; 11 – внешняя изоляция из сшитого полиэтилена; 14 – медный экран; 15 – разделяющий слой из двух полиэтилентерефталатных лент; 16 – полимерная огнеупорная оболочка (без галогенов).

Анализ магнитных полей и полей механических напряжений в силовых кабелях

Построение геометрической модели и задание граничных условий для задачи магнитоэлектростатического поля, и упругих напряжений, и деформаций

Для построения численной модели были приняты следующие упрощения.

1. Не учитывается многопроводочная структура проводников.
2. Внутренний проводник имеет форму сплошного цилиндра, а внешний – полого цилиндра.
3. Поскольку характер протекания тока в кабеле импульсный, то примем допущение о том, что ток постоянный, так как для решения данной задачи требуется учитывать максимальную силу тока.

Импульсный ток во внутреннем проводнике равен 11,5 кА, а во внешнем проводнике – 11,5 кА. Величина амплитуды импульса тока – 11,5 кА взята в расчет как наихудший случай, приводящий к максимальным значениям полей и механическим напряжениям. Относительная магнитная проницаемость всех элементов кабеля принимается равной единице. На рис. 2 представлена упрощенная геометрическая модель сечения кабеля.

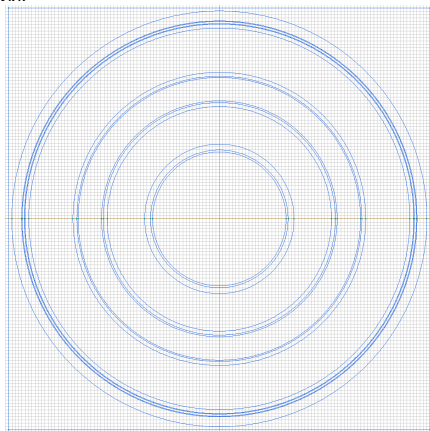


Рис. 2. Геометрическая модель сечения кабеля

На силовой кабель действует постоянное магнитное поле величиной 50 мТл [2]. Поскольку сечение кабеля симметрично относительно обеих осей, направление поля задано произвольно (слева направо). Кабель помещен в квадратную область, заполненную воздухом ($\mu = 1$). Граничное условие Дирихле на верхнем ребре:

$$A_0 = x \cdot B = 32 \cdot 50 \cdot 10^{-6} = 0,0016 \text{ Вб} / \text{м}.$$

Граничное условие Дирихле на нижнем ребре:

$$A_0 = -x \cdot B = -32 \cdot 50 \cdot 10^{-6} = -0,0016 \text{ Вб} / \text{м}.$$

На левом и правом ребре задается однородное граничное условие Неймана, которое указывает на отсутствие касательной составляющей индукции на границе.

Для определения механических напряжений, возникающих в сечении кабеля при воздействии на него магнитного поля, решалась задача упругих напряжений и деформаций. Данные для построения численной модели были взяты из задачи магнитостатики. В таблице указаны свойства материалов.

Свойства материалов

Слой	Модуль Юнга, Н/м ²	Коэффициент Пуассона
Внутренний проводник	$1,1 \cdot 10^{11}$	0,35
Электропроводящая бумага	$1,1 \cdot 10^9$	0,45
Экран из сшитой композиции полиэтилена	$1,1 \cdot 10^9$	0,45
Изоляция из сшитого полиэтилена	$1,1 \cdot 10^9$	0,45
Внешний медный проводник	$1,1 \cdot 10^{11}$	0,35
Медный экран	$1,1 \cdot 10^{11}$	0,35
Медная лента	$1,1 \cdot 10^{11}$	0,35

Граничное условие закрепления задается на поверхности кабеля в полярных координатах по углу и радиусу. Заданное условие означает, что кабель не может сжиматься, растягиваться, а также проворачиваться.

Анализ результатов расчета задачи магнитостатического поля

Результаты моделирования представлены на рис. 3.

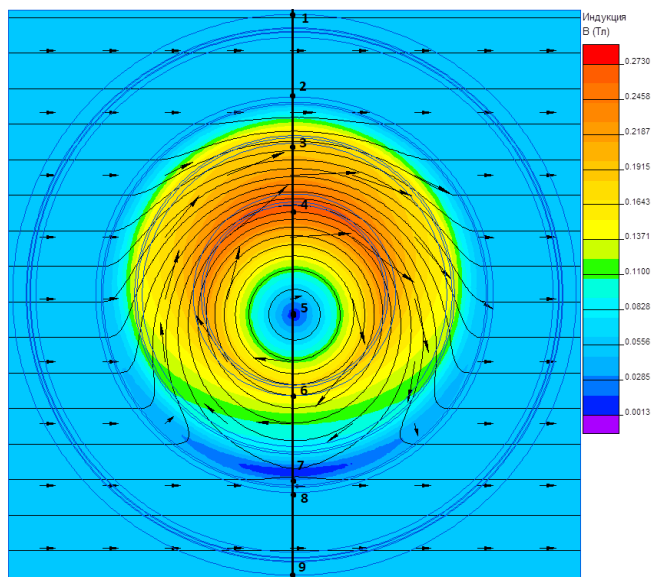


Рис. 3. Картина распределения магнитного поля в сечении кабеля

Магнитное поле в пространстве между проводниками создается током, текущим по внутреннему проводнику (векторы магнитной индукции направлены по часовой стрелке). Под действием внешнего магнитного поля силовые линии сжимаются ближе к верхней части сечения кабеля (так как линии внешнего магнитного поля сонаправлены с линиями магнитного поля проводников с током), в нижней же части образуется область ослабления поля, что приводит к асимметрии распределения магнитного поля (так как линии внешнего магнитного поля противоположны линиям магнитного поля проводников с током).

Вертикальная прямая, обозначенная на рис. 3 точками 1–9, построена для отображения графической зависимости магнитной индукции от расстояния, представленной на рис. 4.

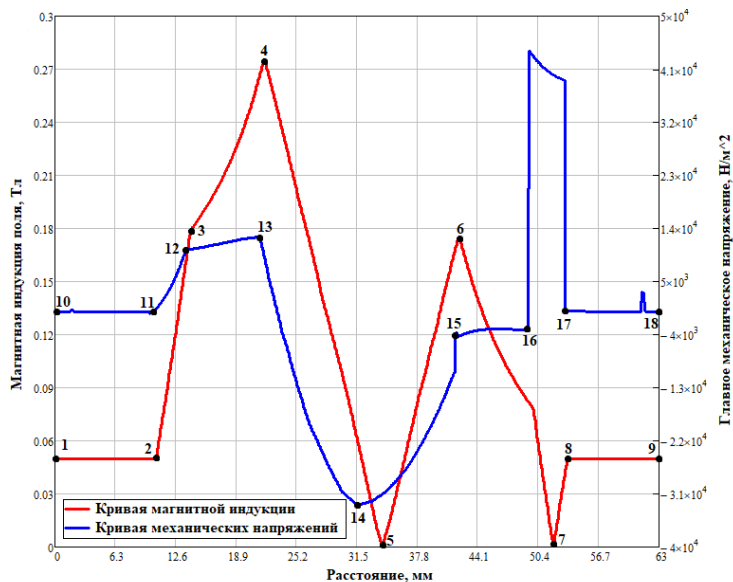


Рис. 4. График зависимости магнитной индукции и механических напряжений от расстояния.

Нумерация точек графиков соответствует точкам на рис. 3 и 7

Суперпозиция внешнего магнитного поля и поля проводников кабеля приводит к следующему распределению магнитной индукции внутри кабеля: поскольку из-за коаксиальной конфигурации кабеля результирующее магнитное поле вне коаксиальной пары равно нулю то, в диапазоне 1–2 поле проходит через медный экран, полупроводниковый слой, экран из композиции сшитого полиэтилена и внешнюю изоляцию, не изменяясь, на промежутке 2–3 во внешнем проводнике индукция начинает постепенно увеличиваться от 50 мТл до 180 мТл, на промежутке 3–4 во внутренней изоляции между двумя проводниками магнитная индукция продолжает увеличиваться и достигает максимального значения – 275 мТл, во внутреннем проводнике она уменьшается, достигая наименьшего значения – 1,2 мТл, в промежутке 5–6 снова начинает расти до 175 мТл, в зоне 6–7 наблюдается зона ослабления магнитной индукции во внешнем проводнике, где ее значение опускается до 1,2 мТл. В диапазоне 7–9 магнитная индукция вновь растет до значения 50 мТл.

Горизонтальная прямая, обозначенная на рис. 5 точками 1–9, построена для отображения графической зависимости магнитной индукции от расстояния, представленной на рис. 6.

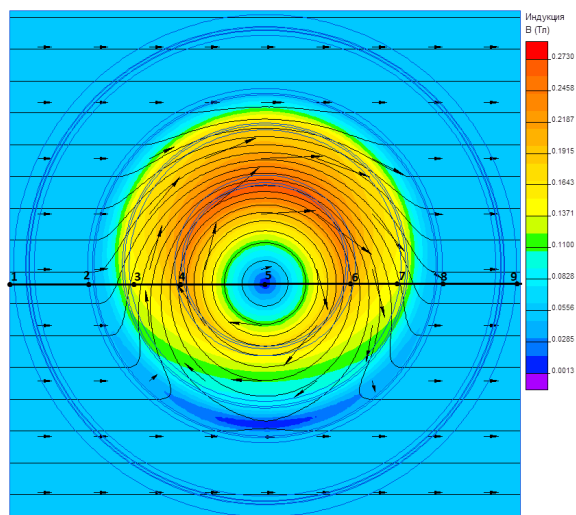


Рис. 5. Картина распределения магнитного поля в сечении кабеля

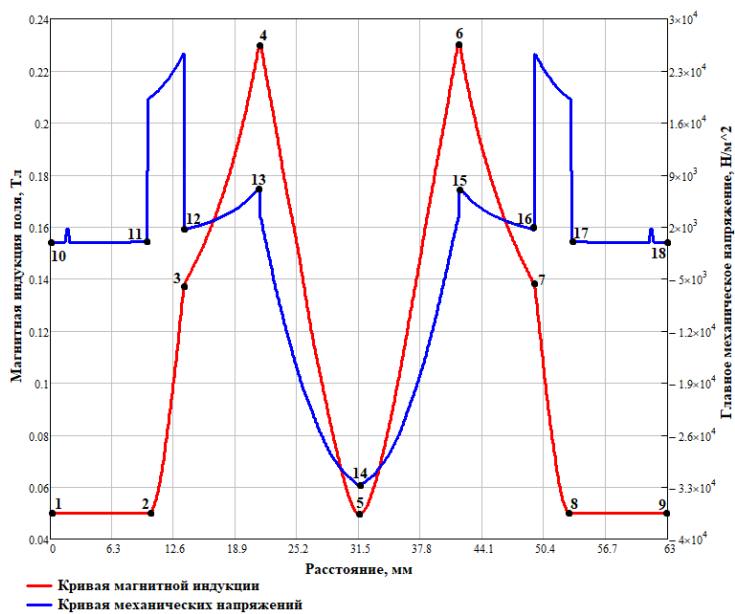


Рис. 6. График зависимости магнитной индукции и механических напряжений от расстояния. Нумерация точек графиков соответствует точкам на рисунках

На промежутке 1–2 магнитная индукция равна 50 мТл. Во внешнем проводнике (2–3) она увеличивается до 179 мТл. Между внешним и внутренним проводником (3–4) индукция поля достигает максимального значения 275 мТл. Во внутреннем проводнике (4–5) значение магнитной индукции достигает своего минимума 1,2 мТл. Поскольку график симметричен относительно точек 14 и 5, дальнейшего описания не требуется.

Анализ результатов расчета задачи упругих напряжений и деформаций

Далее была решена задача распределения механических напряжений внутри кабеля с учетом действия внешнего постоянного магнитного поля 50 мТл. На рис. 7 представлена картина распределения главного механического напряжения σ_1 . Вертикальная прямая, обозначенная на рис. 7 точками 10–18, построена для отображения графической зависимости главного механического напряжения от расстояния, представленной на рис. 4.

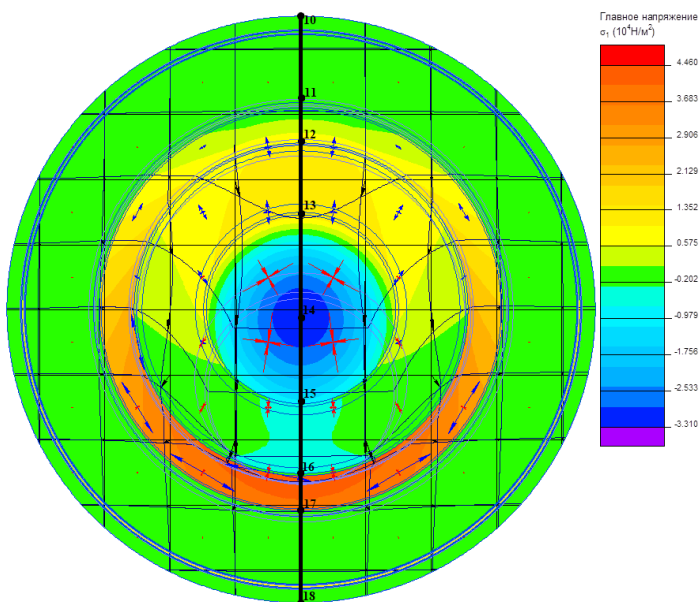


Рис. 7. Картина распределения механических напряжений в сечении кабеля

На промежутке 10–11 механическое напряжение изменяется от $-0,016 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ до $0,017 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$. Во внешнем проводнике (11–12) напряжение увеличивается до $1,027 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$. Между внутренним и внешним проводниками (12–13) механическое напряжение продолжает увеличиваться до значения $1,24 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$. Во внутреннем проводнике (13–14) оно достигает $-3,2 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$. В промежутке 14–15 снижается до $-0,43 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$. На участке 15–16 почти не наблюдается роста механических напряжений. Во внешнем проводнике (16–17) значение механического напряжения достигает максимума $-4,4 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$. На участке 17–18 значение $-0,023 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$. В медном экране максимальное механическое напряжение принимает значение $0,31 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$.

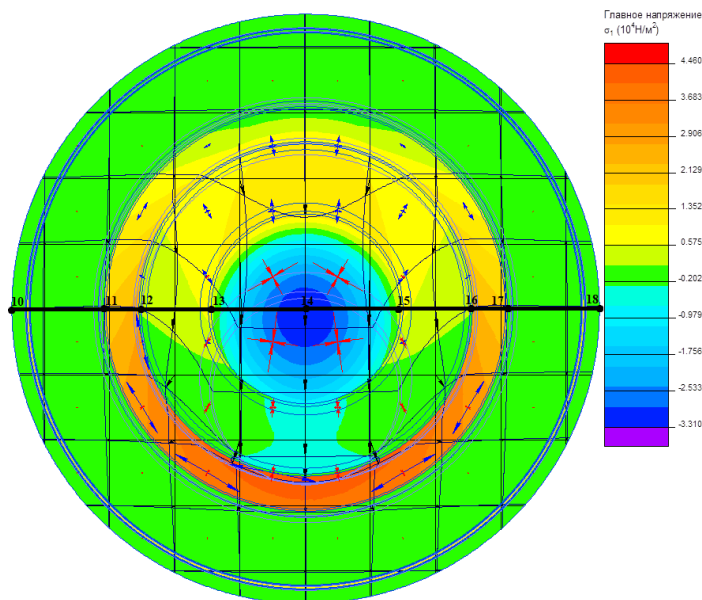


Рис. 8. Картина распределения механических напряжений в сечении кабеля

Горизонтальная прямая, обозначенная на рис. 8 точками 10–18, построена для отображения графической зависимости главного механического напряжения от расстояния, представленной на рис. 6.

На промежутке 10–11 механическое напряжение изменяется от $-0,017 \cdot 10^4$ Н/м² до $0,0037 \cdot 10^4$ Н/м². В медном экране оно доходит до $0,165 \cdot 10^4$ Н/м². Во внешнем проводнике (11–12) достигает значения $2,53 \cdot 10^4$ Н/м². Затем механическое напряжение уменьшается до $0,159 \cdot 10^4$ Н/м² и на промежутке 12–13 увеличивается до $0,713 \cdot 10^4$ Н/м². На промежутке 13–14 механическое напряжение достигает максимума $-3,28 \cdot 10^4$ Н/м². Поскольку график симметричен относительно точек 5 и 14, дальнейшего описания не требуется.

Заключение

Полученные значения напряжений сравниваются с адгезионной прочностью между полиэтиленом и медью, которая составляет $1,4 \cdot 10^7$ Па [3]. В данном случае давление на внешний и внутренний проводник, вызванное магнитным полем намного меньше, чем предельное значение. Кроме того, внешний медный экран из металлических полос придает кабелю дополнительную механическую прочность, предотвращая отделение изоляции от проводника.

Следовательно, рассчитанные силы малы, не превышают предельных значений прочности материалов и не могут повлиять на функционирование силового кабеля [4].

Численное моделирование показало:

- механические напряжения во внутреннем и внешнем проводнике, вызванные действием магнитного поля на проводник с током, значительно меньше предельного значения;
- медный экран придает дополнительную механическую прочность, предотвращая отделение изоляции от внешнего проводника;
- электромагнитные силы, вызванные внутренним полем тока, малы, не превышают предельных свойств материалов, следовательно, не влияют на работу силового кабеля;

- электромагнитные силы, вызванные внешним полем, малы и не превышают пределов, установленных для материалов;
- в данном случае внешнее магнитное поле не влияет на срок службы и функциональность силового кабеля PIC-2.

Библиографический список

1. Highly adhesive and high fatigue-resistant copper/PET flexible electronic substrates / Sang Jin Park, Tae-Jun Ko, Juil Yoon [et al.] // Applied Surface Science (IF 6.182). Pub Date: 2017-08-31.
2. IDM UID 2NM229 – 2010. Tokamak complex magnetic field B2 and B2M. URL: <https://user.iter.org/default.aspx?uid=2NM229> (дата обращения: 14.02.2020).
3. Зимон А. Д. Адгезия пленок и покрытий. М.: Химия, 1977. 352 с.
4. Elcut. URL: <https://elcut.ru/> (дата обращения: 14.02.2020).

УДК 621.316

З. Д. Кузнецов

студент кафедры управления в технических системах

О. С. Нуйя – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАЮЩИМ РОБОТОМ ПРИ СЛЕЖЕНИИ ЗА ПОДВИЖНЫМ ОБЪЕКТОМ

Введение

Летающие роботы, также известные как беспилотные летательные аппараты (БПЛА), стали незаменимым инструментом в различных областях, таких как геодезия, археология, лесное хозяйство, мониторинг и др. Системы управления летающим роботом включают различные алгоритмы, которые позволяют роботу двигаться в нужном направлении и выполнять заданные задачи. Рассмотрим исследование системы управления летающим роботом при слежении за подвижным объектом.

Одной из наиболее важных задач, которые могут быть выполнены летающим роботом, является слежение за подвижным объектом. Эта задача имеет множество приложений, таких как мониторинг транспортных средств на дорогах, наблюдение за животными в дикой природе, оценка состояния техники и многое другое. Для того чтобы летающий робот мог эффективно выполнять эту задачу, ему необходимо иметь систему управления, которая будет обеспечивать точное и быстрое слежение за объектом.

Существует множество подходов к решению этой задачи. Один из них – использование системы видеонаблюдения и компьютерного зрения. В этом случае летающий робот оснащается видеокамерой, которая снимает объект. Затем изображения передаются на землю, где происходит обработка с помощью компьютерного зрения. Алгоритмы компьютерного зрения позволяют определить положение объекта на изображении и передать это положение обратно на летающий робот. На основе этой информации робот может скорректировать свое положение и оставаться в зоне видимости объекта.

Другой подход, который может быть использован для слежения за подвижным объектом, – использование системы GPS. В этом случае летающий робот оснащается GPS-приемником, который позволяет определить свое положение на земле. Также робот может получать информацию о положении объекта, который необходимо отслеживать, с помощью GPS. На основе этой информации робот может скорректировать свое положение. [1]

Математическая модель

Уравнения динамики квадрокоптера как механической системы получены с использованием законов Ньютона и уравнений Эйлера – Лагранжа. Движение квадрокоптера описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений, и оно описывает силы, представленные на рис. 1.

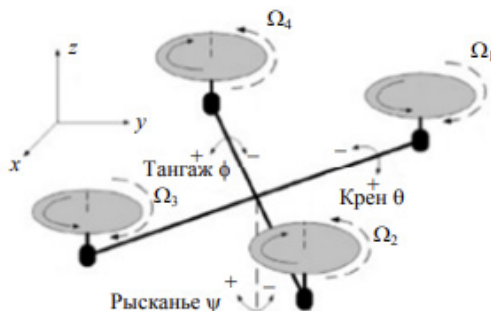


Рис. 1. Модель квадрокоптера

Способ задания траектории

Существует несколько способов задания траектории для квадрокоптера. Один из них – создание программы, которая формирует траекторию, представленную в виде массива точек на декартовой плоскости. Этот массив разбивается на отрезки кривой, которые приближают первоначальную траекторию.

Другой способ – аналитический расчет траектории, который включает движение квадрокоптера по прямой между точками начала и конца отрезка, а также вращение вокруг вертикальной оси, проходящей через центр квадрокоптера. Длина продольного перемещения рассчитывается как расстояние между точками, умноженное на коэффициент соответствия.

Чтобы следить за подвижными объектами с помощью камеры, можно использовать два подхода. Один из них – сравнение двух смежных кадров, полученных с камеры. Каждый новый кадр сравнивается с предыдущим, чтобы выделить области, в которых произошли изменения, что соответствует перемещению объекта на изображении [2].

Для формирования первоначальной траектории будет разработана программа. Траектория представляет собой множество точек на декартовой плоскости с координатами (x, y) , эти данные могут быть представлены в форме массива точек, который разбивается на небольшие части – отрезки кривой, аппроксимирующие первоначальную траекторию (рис. 2).

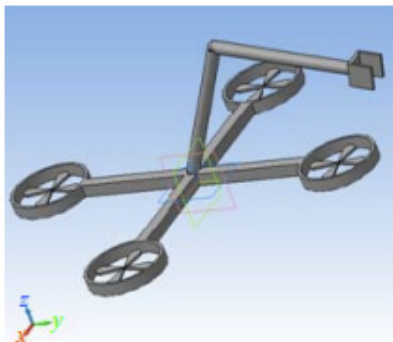


Рис. 2. Комбинированная система

Кроме того, для эффективного управления квадрокоптером и манипулятором необходимы два регулятора. Квадрокоптер оснащен высокопроизводительными вычислительными устройствами, гироскопами и акселерометрами, что позволяет точно определять его положение и ориентацию в пространстве. А манипуляторы обычно оснащены энкодерами, которые позволяют определять их положение и ориентацию в пространстве.

Предполагается, что обобщенные координаты и их первые производные могут быть измерены, что дает возможность более точного управления и координации движений квадрокоптера и манипулятора во время выполнения задач [3].

Заключение

Слежение за подвижным объектом – одна из важных задач, которую может выполнять летающий робот. Для эффективного ее выполнения необходима система управления, которая позволит роботу точно определять положение объекта и скорректировать свое положение в соответствии с ним. Существует несколько подходов к решению этой задачи, включая использование системы видеонаблюдения и компьютерного зрения, а также системы GPS. Каждый из этих подходов имеет преимущества и ограничения и должен быть выбран в зависимости от конкретных требований задачи.

Однако независимо от выбранного подхода система управления должна быть надежной и эффективной, чтобы обеспечить успешное выполнение задачи слежения за подвижным объектом.

Библиографический список

1. Алгоритмы управления летающим роботом при слежении за подвижным объектом / В. Ш. Буй, А. В. Бушуев, Г. М. Шмигельский [и др.] // Изв. вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58, № 8. С. 593–599.
2. Viola P., Jones M. J. Robust real-time face detection // Intern. J. of Computer Vision. 2004. Vol. 57, № 2. P. 137–154.
3. Viola P., Jones M. J. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features // IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. Kauai, Hawaii, USA, 2001. Vol. 1. P. 511–518.

УДК 620.9

С. А. Лосева

ученица 9-го класса лицея № 144

Р. Д. Мусиенко, А. В. Антонова – студенты кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Актуальность

Нетрадиционные источники энергии, такие как солнечный, ветровой, гидроэнергетический, геотермальный, биомасса и др., стали в последнее время все более актуальными в связи с увеличением потребления энергии и необходимостью уменьшения зависимости от традиционных источников энергии, таких как нефть, газ, уголь и ядерная энергия.

Во-первых, нетрадиционные источники энергии помогают уменьшить загрязнение окружающей среды. Использование традиционных источников часто связано с выбросами вредных веществ, которые негативно влияют на здоровье людей и окружающую среду. Нетрадиционные источники энергии не выбрасывают вредные вещества в атмосферу, поэтому они помогают снизить уровень загрязнения окружающей среды.

Во-вторых, нетрадиционные источники энергии являются бесконечными и неисчерпаемыми, традиционные – ограниченными и исчерпываемыми. Использование нетрадиционных источников энергии позволяет уменьшить зависимость от ограниченных ресурсов.

В-третьих, использование нетрадиционных источников энергии может снизить затраты на энергетику. Несмотря на то, что установка оборудования для производства энергии из нетрадиционных источников может требовать значительных начальных инвестиций, в долгосрочной перспективе использование таких источников энергии может помочь снизить затраты на энергию.

В-четвертых, использование нетрадиционных источников энергии и развитие этой индустрии могут создавать новые рабочие места и стимулировать экономический рост.

Цель – изучить альтернативные, нетрадиционные способы получения энергии и рассказать о них. Задачи: 1) узнать какие виды альтернативной энергии существуют; 2) узнать побольше о каждом из видов; 3) найти плюсы и минусы альтернативной энергии; 4) привести примеры такой энергии в России. Предмет исследования – актуальность альтернативной энергетики. Гипотеза: альтернативные источники энергии действительно являются наиболее выгодной заменой традиционным источникам.

Основная часть проекта

Существует множество видов альтернативной энергии, которые можно использовать вместо традиционных источников энергии. Рассмотрим некоторые из них.

1. Солнечная энергия, получаемая от солнечных лучей. Солнечные панели преобразуют энергию солнечного света в электрическую энергию, которую можно использовать в качестве источника питания для домашних и промышленных нужд.

2. Ветроэнергия, получаемая от движения воздуха, вызванного различными факторами, такими как температурные различия на поверхности Земли. Ветрогенераторы преобразуют энергию ветра в электрическую энергию.

3. Гидроэнергия, получаемая от потока воды. Гидроэлектростанции используют энергию потока воды для вращения турбин, которые генерируют электрическую энергию.

4. Геотермальная энергия, получаемая из глубин земли. Геотермальные системы используют тепло из глубин земли для производства тепла и электроэнергии.

5. Биотопливо – энергия, получаемая от растительного и животного материала. Биомассовые энергетические установки используют биомассу в качестве топлива для производства тепла и электроэнергии.

6. Течения и приливы – энергия, получаемая от потоков воды в океанах. Морские гидроэлектростанции используют энергию потоков воды для производства электрической энергии.

7. Водород – газ, который может быть использован в качестве топлива. Водород может быть произведен с помощью электролиза воды и затем использован в качестве топлива для автомобилей, генераторов и других устройств [1].

Альтернативная энергия имеет ряд преимуществ и недостатков, которые могут варьироваться в зависимости от вида энергии и условий ее использования.

Плюсы.

1. Неисчерпаемость: альтернативная энергия, такая как солнечная, ветровая и геотермальная, получается из неисчерпаемых источников и может быть использована вечно, если используется правильно.

2. Экологическая безопасность: альтернативная энергия производит намного меньше вредных выбросов, чем традиционные источники энергии, такие как ископаемые топлива.

3. Меньшая зависимость от импорта: многие страны зависят от импорта нефти и газа. Использование альтернативных источников энергии может уменьшить зависимость от импорта этих источников.

4. Улучшение качества воздуха: использование альтернативной энергии помогает уменьшить выбросы токсичных газов и других вредных веществ, улучшая качество воздуха и уменьшая проблемы со здоровьем.

5. Экономия на энергии: использование альтернативной энергии может помочь сэкономить деньги на энергии, так как она может быть произведена на месте, что уменьшает затраты на транспортировку.

Нетрадиционные источники энергии нужны для решения нескольких глобальных проблем, с которыми сталкивается наша планета. В первую очередь это проблема изменения климата, вызванная выбросом парниковых газов в атмосферу, в том числе углекислого газа, который выделяется при сжигании ископаемых топлив, таких как нефть, газ и уголь. Использование нетрадиционных источников энергии позволяет сократить выбросы парниковых газов и тем самым уменьшить негативное влияние человечества на окружающую среду.

Нетрадиционные источники энергии могут обеспечить более стабильную энергетическую безопасность, так как не зависят от импорта ископаемых топлив из других стран и не подвержены колебаниям цен на нефть, газ и уголь на мировом рынке.

Мир все больше и больше движется в направлении развития нетрадиционных источников энергии. Крупные страны, такие как Германия, США, Китай и Индия, уже внедрили меры для поддержки развития альтернативной энергетики и постепенно отказываются от использования ископаемых топлив. В результате сокращается общий объем выбросов парниковых газов в атмосферу и улучшается экологическая ситуация в мире.

Развитие нетрадиционных источников энергии представляет значительные экономические выгоды. Например, создание новых рабочих мест в сфере разработки, производства и монтажа оборудования для производства энергии из возобновляемых источников, а также снижение зависимости от импорта ископаемых топлив, что может повысить экономическую стабильность страны в целом.

Минусы.

1. Высокая стоимость: в большинстве случаев стоимость производства и установки оборудования для альтернативной энергии выше, чем для традиционных источников энергии, что может быть препятствием для использования альтернативной энергии в некоторых регионах.

2. Зависимость от погодных условий: некоторые виды альтернативной энергии, такие как солнечная и ветровая, зависят от погодных условий, что может быть недостатком в случае непостоянных климатических условий.

3. Необходимость большой территории: некоторые виды альтернативной энергии, такие как гидроэнергетика и биомасса, требуют больших территорий для установки оборудования. Это может быть проблемой в густонаселенных или ограниченных в пространстве районах.

4. Влияние на окружающую среду: хотя альтернативная энергия производит меньше выбросов в атмосферу, установка некоторых типов оборудования может оказывать влияние на местные экосистемы, например гидроэлектростанции могут изменять течение рек и влиять на миграцию рыб.

5. Технологические ограничения: многие виды альтернативной энергии, особенно те, которые находятся в начальной стадии развития, могут иметь технологические ограничения, которые снижают их эффективность и масштабируемость.

Каждый вид альтернативной энергии имеет свои преимущества и недостатки, и эффективность их использования зависит от условий, в которых они используются. Однако в целом альтернативная энергия имеет потенциал для уменьшения негативных воздействий на окружающую среду и улучшения экономической и энергетической безопасности.

Альтернативная энергия в России

В России наблюдается рост интереса к альтернативным источникам энергии. В 2020 г. доля альтернативной энергии в общей производственной мощности составила около 1%, что является небольшим показателем по сравнению с другими странами. Однако в последние годы в России было запущено несколько крупных проектов по строительству ветро- и солнечных электростанций. Например, в 2020 г. была запущена первая ветроэлектростанция мощностью 50 МВт в Ростовской области [2], а также крупнейшая в Европе солнечная электростанция мощностью 100 МВт в Калмыкии [3].

Однако есть и некоторые препятствия для развития альтернативной энергетики в России, такие как отсутствие инфраструктуры и финансирования, а также высокие затраты на установку и обслуживание оборудования. Тем не менее правительство России принимает меры для стимулирования развития альтернативной энергетики, такие как установление специальных тарифов на продажу электроэнергии от альтернативных источников и предоставление налоговых льгот для компаний, которые инвестируют в эту отрасль.

Альтернативная энергия в России включает различные *виды источников энергии*.

1. Солнечная энергия: солнечные батареи используются для преобразования солнечной энергии в электрическую. В России этот вид альтернативной энергии имеет невысокий потенциал из-за большого количества облачных дней, но на юге страны уже появились первые солнечные электростанции.

2. Ветровая энергия: Россия имеет большой потенциал ветровой энергии из-за обширных территорий, но пока развитие этого вида альтернативной энергии находится на начальной стадии.

3. Гидроэнергия: в России есть много водохранилищ и рек, которые можно использовать для получения гидроэнергии. Например, Байкальская ГЭС входит в число крупнейших гидроэлектростанций в России.

4. Геотермальная энергия: этот вид альтернативной энергии основан на использовании тепла, которое выделяется из земли. В России геотермальные источники находятся главным образом на Дальнем Востоке и Камчатке.

5. Биотопливо: этот вид альтернативной энергии основан на использовании органических материалов, таких как растительные отходы, для производства электроэнергии. В России большой потенциал имеют леса и сельскохозяйственные угодья для производства биотоплива.

В целом Россия имеет огромный потенциал для развития альтернативной энергетики, но процесс находится на начальной стадии. Развитие этой отрасли стимулируется правительством, которое устанавливает специальные тарифы и налоговые льготы для компаний, которые инвестируют в альтернативную энергетику. Развитие альтернативной энергии в России сталкивается с рядом *проблем*.

1. Недостаточная поддержка правительства: Правительство России пока не выделяет достаточного количества средств и ресурсов для развития альтернативной энергии. Также необходима поддержка в форме государственных субсидий и налоговых льгот для инвесторов.

2. Высокие затраты на строительство: Стоимость строительства альтернативных энергетических объектов, таких как ветряные и солнечные электростанции, все еще довольно высока, что затрудняет их широкое распространение.

3. Отсутствие инфраструктуры: в некоторых регионах России отсутствует необходимая инфраструктура для производства, передачи и распределения альтернативной энергии. Например, солнечные и ветровые электростанции требуют соединения с энергосетями, что может потребовать значительных инвестиций в создание новых линий передачи электроэнергии.

4. Неэффективность использования: в России отсутствует система эффективного использования альтернативной энергии, что снижает ее практическую ценность и экономическую эффективность.

5. Недостаток квалифицированных кадров: развитие альтернативной энергетики требует высококвалифицированных специалистов, включая инженеров, технологов и менеджеров проектов. В России наблюдается недостаток таких кадров, что затрудняет развитие альтернативной энергетики в стране.

Перспективы развития альтернативной энергии в России достаточно высоки. Несмотря на то, что эта отрасль еще находится в зачаточном состоянии, в последние годы правительство России активно поддерживает развитие альтернативной энергетики. Россия имеет значительный потенциал для развития солнечной энергетики, особенно в южных регионах страны, где количество солнечных часов достаточно высоко. В настоящее время на эту отрасль активно выделяются средства. Ветровые электростанции уже начали строить в Крыму и Краснодарском крае, и перспективы ветроэнергетики в России в целом выглядят многообещающе.

Заключение

Развитие нетрадиционных источников энергии – важный шаг в направлении более устойчивого и экологически безопасного развития, который позволит уменьшить негативное воздействие человека. Развитие нетрадиционных источников энергии имеет ряд преимуществ для общества. Во-первых, это уменьшение зависимости от ископаемых видов топлива, что повышает независимость стран от внешних поставщиков энергии и снижает вероятность энергетических кризисов. Во-вторых, это экологически более безопасный и чистый вид производства энергии, что снижает уровень загрязнения окружающей среды и отрицательного воздействия на здоровье людей. В-третьих, это может стать дополнительным источником дохода для сельских жителей, которые могут использовать возобновляемую энергию для своих нужд и продавать избыток на рынке.

Мировые тенденции показывают, что нетрадиционные источники энергии имеют высокий потенциал роста. По данным Международного агентства по возобновляемой энергии (IRENA), с 2010 г. мощности возобновляемых источников энергии (солнечной, ветровой, гидроэлектростанций, биоэнергии и др.) увеличились по всему миру на 60%. Согласно прогнозам Международного энергетического агентства (IEA), к 2040 г. доля возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии вырастет до 40% [4]. Развитие нетрадиционных источников энергии – одно из приоритетных направлений экономического и социального развития многих стран мира, так как это способствует экономическому росту и устойчивому развитию.

Библиографический список

1. Хохлов А. Возобновляемые источники энергии: новая революция или очередной пузырь // Бизнес ВИА. 02.05.2017. URL: <http://www.forbes.ru/biznes/343591-vozobnovlyaemye-istochniki-energii-novaya-revoluciya-ili-ocherednoy-puzyr>. (дата обращения: 28.03.2023).
2. В Ростовской области запущена первая очередь Казачьей ВЭС. URL: <https://www.donland.ru/news/11664/> (дата обращения: 28.03.2023).
3. В Калмыкии введена в эксплуатацию самая крупная солнечная электростанция в России. URL: <http://kalmregion.ru/novosti/v-kalmykii-vvedena-v-ekspluatatsiyu-samaya-krupnaya-solnechnaya-elektrostantsiya-v-rossii/> (дата обращения: 28.03.2023).
4. Международное агентство по возобновляемой энергии. URL: <https://www.irena.org/> (дата обращения: 28.03.2023).

УДК 004.356.2

С. В. Ляшенко

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

А. А. Мартынов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЭКСТРУДЕРА 3D-ПРИНТЕРА**

В современном мире компьютерная вся техника развивается семимильными шагами и 3D-принтеры не исключение. За последние 20 лет вклад аддитивных технологий трудно переоценить. 3D-принтеры могут работать с пластиком, металлами, строительными смесями с разнообразными присадками и даже с клетками человека. Теперь есть возможность создавать дома, машины, органы человека и большое количество разнообразных деталей и моделей, за счет чего снижается себестоимость разработки того или иного объекта.

Благодаря большому спросу на 3D-принтеры появились модели и для бытового применения, которые в основном используют при работе метод экструзии. Работают они с различными видами пластика (филаментом). О них и пойдет речь в данной статье [1].

В 1995 г. двумя студентами Массачусетского технологического института был модифицирован струйный принтер. Он создавал изображения не на бумаге, а в специальной емкости, и эти изображения были объемными. Тогда же появилось само понятие **3D-печати** и термин **3D-принтер**. Этот метод был запатентован, и теперь используется в созданной теми же студентами компании Z Corporation.

Устройство 3D-принтера (рис. 1) состоит из трех осей, по одной из которых движется нагревательный стол, а по другим двум осям – экструдер, в который подается нить филамента, после чего она нагревается внутри экструдера и через сопло выдавливается на плоскость нагревательного стола, и слой за слоем создает заданную модель.

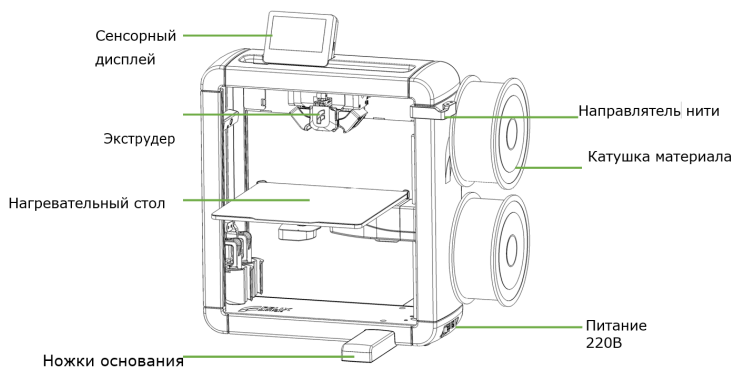


Рис. 1. Устройство 3D-принтера

В связи с тем что филамент подается из сопла в расплавленном виде, то после нанесения очередного слоя его остаток может наложиться поверх других слоев. Это становится заметно, когда моделирование происходит двухсопелным экструдером с двумя разными цветами филамента (рис. 2) [2–3].

Среди литературы как патентной, так и общеобразовательной встречается очистка сопла разными методами. Например, в патенте № 2678006 «Способ и устройство очистки печатающей головки 3D-принтера» описывается устройство (рис. 3, 4), очищающее головку принтера путем переноса экструдера после нанесения им очередного слоя на модель, на площадку, где находится очистительный колпачок (рис. 5). Сопло экструдера помещается внутрь колпачка с отверстием обратной конусности и происходит очистка остатков филамента.



Рис. 2. Брак в работе экструдера 3D-принтера

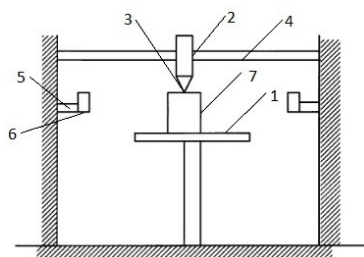


Рис. 3. Печать модели: 1 – рабочий стол, 2 – печатающая головка, 3 – сопло, 4 – направляющая по оси Y, 5 – держатель очистителя сопла, 6 – очиститель сопла, 7 – печатающая деталь

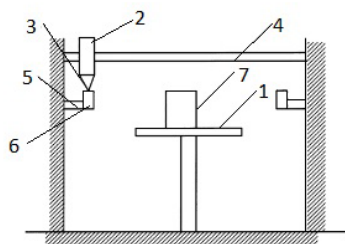


Рис. 4. Самоочистка сопла экструдера: 1 – рабочий стол, 2 – печатающая головка, 3 – сопло, 4 – направляющая по оси Y, 5 – держатель очистителя сопла, 6 – очиститель сопла, 7 – печатающая деталь

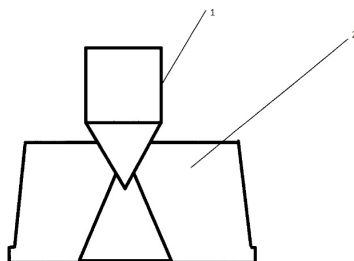


Рис. 5. Очистительный колпачок

Метод интересный, но он не исключает того момента, что когда головка экструдера будет передвигаться от модели до очищающего колпачка, то часть расплавленного филамента может упасть на поверхность модели [4].

Другой метод основывается на принципе шнекового экструдера (рис. 6, 7).

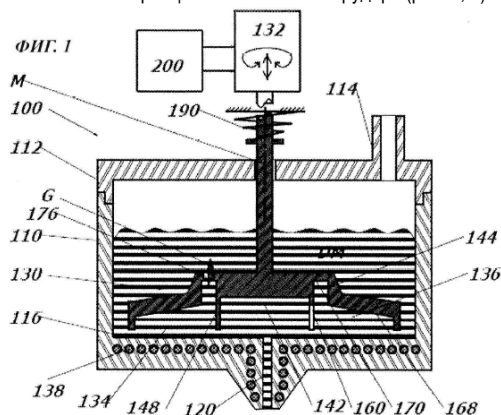


Рис. 6. Устройство шнекового экструдера. Вид сбоку

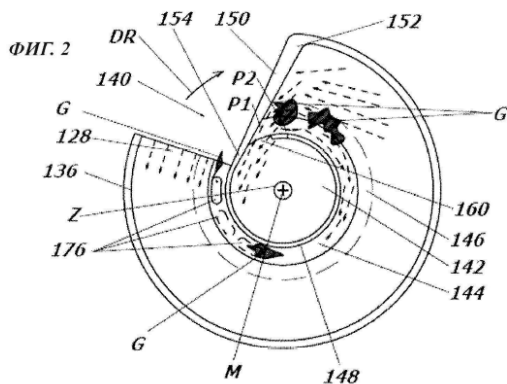


Рис. 7. Устройство шнекового экструдера. Вид сверху

Обозначения для рис. 6, 7.

100 головка 3D-принтера

110 чашеобразная камера

112 крышка

114 впуск

DM жидкий или твердый материал для печати

116 поверхность

120 выходное отверстие

128 вход

160 отверстие

164 буртик

166 свободный край

168 верхняя поверхность подводящего транспортера 136

170 верхняя поверхность отводящего транспортера 144

190 пружина

130 спиральный подающий шнек	200 управляющее устройство
132 привод	X-A, Y-A, Z-A приводы осей
134 торцевая сторона	DM материал для печати
136 подводящий транспортер	G газовые включения
138 нагревательная спираль	M центральная продольная ось спирального подающего шнека 130
140 область впуска	DR направление вращения спирального подающего шнека 130
142 область выпуска	Z центр спирального подающего шнека 130
144 отводящий транспортер	P1 и P2 стрелки
146 радиально внутренняя краевая зона	AG расположенное снаружи газовое включение
150 стенка	IG расположенное внутри газовое включение
152 расположенный снаружи конец стенки 150	
154 расположенный внутри конец стенки 150	
148 кольцевая стенка	

Головка (100) 3D-принтера, содержит камеру (110), которая выполнена с возможностью приема через впуск (114) твердого или жидкого материала (DM) для печати. Камера (110) имеет выходное отверстие (120) на одной поверхности (116).

Камера (110) снабжена спиральным подающим шнеком (130), выполненным с возможностью подачи материала для печати, поступившего в камеру из впуска, в выходное отверстие путем соединения спирального подающего шнека (130) с приводом (132), выполненным с возможностью приведения во вращение спирального подающего шнека относительно камеры таким образом, чтобы спиральный подающий шнек вращался на расстоянии от указанной поверхности камеры.

Привод (132) выполнен с возможностью вращения спирального подающего шнека (130) относительно камеры таким образом, чтобы газовые включения, присутствующие в материале для печати, отводились через отводящий транспортер по меньшей мере из радиально внутренней краевой зоны подводящего транспортера, прежде чем такие газовые включения могли бы попасть внутрь области выпуска, вследствие чего предусмотрена возможность транспортировки спиральным подающим шнеком материала для печати, который в значительной степени свободен от газа, внутрь области выпуска, а оттуда – к выходному отверстию камеры.

Этот метод тоже не может обеспечить четкого отсека филамента после его остановки, и, как следствие, возможен брак на модели. Рассмотренные запатентованные методы, которые не решают поставленную задачу.

Предлагаемый принцип заключается в следующем: после наложения экструдером целого слоя филамента на модель рабочий стол опускается на несколько сантиметров от головки экструдера, в это же время к ней придвигается отсекатель с насосом, который удаляет оставшийся филамент и засасывает его через подводящую трубку в специальный контейнер с отходами. Трубка состоит из двух слоев: во внешнем находится растворитель филамента, который через поры просачивается во внутренний слой и тем самым не дает создаваться пробке из филамента в насосной трубке [5–9]. Для устранения возможности брака предлагаемый механизм, дешев в изготовлении, имеет минимум деталей и прост в использовании.

Библиографический список

1. Шкуро А. Е., Кривоногов П. С. Технологии и материалы 3D-печати. Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2017. С. 99.
2. Канесса Э., Фонда К., Зеннаро М. Доступная печать 3D-печать для науки, образования и устойчивого развития. URL: <https://notabenoid.com/book/41907> (дата обращения: 18.12.2022).
3. Горобец О. Д. Достижения и рекорды 3D-индустрии в 2019 году. URL: <https://blog.iqb.ru/results-2019/> (дата обращения: 11.12.2022).
4. Патент № 2765291 РФ. Головка 3D-принтера для использования в 3D-принтере / М. Штубенрусс 28.01.2022.
5. Патент № 2678006РФ. Способ и устройство очистки печатающей головки 3D-принтера / В. В. Исупов. 22.01.2019.

6. Наумов В. М. Обзор DPL-принтеров. URL: <https://blog.iqb.ru/rayshape-review/> (дата обращения: 11.12.2022).

7. Озеров А. П. Все о PLA-самом популярном пластике для FDM-печати. URL: <https://blog.iqb.ru/pla-plastic/> (дата обращения: 11.12.2022).

8. Озеров А. П. ABS-пластик в аддитивном производстве. URL: <https://blog.iqb.ru/abs-plastic/> (дата обращения: 11.12.2022).

9. Озеров А. П. Binder Jetting и как изготовить литейную форму за сутки. URL: <https://blog.iqb.ru/binder-jetting/> (дата обращения: 11.12.2022).

УДК 621.311.61

Д. И. Марлухин

ученик 9-го класса гимназии № 41

К. Г. Вашиуров – студент кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель

ЗАРЯДНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ДЛЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА В РОССИИ

С развитием технологического прогресса и нарастанием проблем экологии и здоровья населения электромобили становятся все более популярным видом транспорта. Но одним из главных препятствий на пути развития электротранспорта является отсутствие развитой зарядной инфраструктуры, особенно в России. Рассмотрим проблемы и перспективы развития зарядной инфраструктуры для электротранспорта в России [1].

Текущее состояние зарядной инфраструктуры для электротранспорта в России

На данный момент в России зарядная инфраструктура для электротранспорта находится в начальном этапе развития. В начале 2021 г. в России было установлено около 11 тыс. зарядных устройств для электромобилей (рис. 1). В основном это зарядные станции с мощностью от 3 до 22 кВт, которые находятся на автозаправочных станциях, на парковках и в торговых центрах. Также есть несколько быстрых зарядных станций мощностью 50 кВт на крупных магистралях.

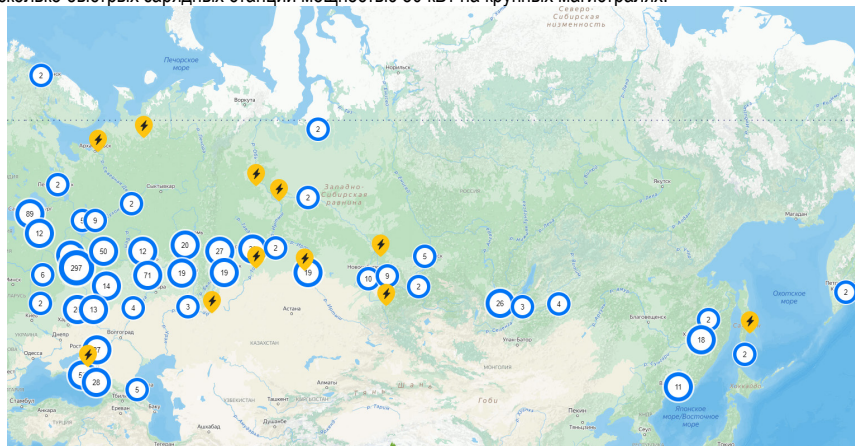


Рис. 1. Карта зарядных станций для электромобилей в России

Однако количество зарядных станций для электромобилей в России далеко от того, что нужно для нормальной эксплуатации электротранспорта. По сравнению с другими странами мира, такими как США, Китай, Япония и западные европейские страны, количество зарядных устройств для электромобилей в России одно из самых низких [2].

Проблемы развития зарядной инфраструктуры для электротранспорта в России

Одна из главных проблем развития зарядной инфраструктуры для электротранспорта в России – недостаток инвестиций. Разработка и установка зарядных устройств для электромобилей требует значительных вложений, которые могут быть окупаемы только в течение длительного времени. Бизнес-модель зарядных станций для электромобилей еще не отработана и не выстроена в России, что также становится препятствием для инвесторов.

Другая проблема – необходимость согласования всех стандартов зарядных устройств для электромобилей. В настоящее время существуют различные стандарты зарядных устройств для электромобилей, разработанные разными производителями. Это приводит к тому, что некоторые зарядные устройства несовместимы с теми или иными моделями электромобилей [3].

Также препятствием развития зарядной инфраструктуры для электротранспорта в России является невысокий интерес потенциальных покупателей электромобилей из-за отсутствия удобной и доступной зарядной инфраструктуры.

Перспективы развития зарядной инфраструктуры для электротранспорта в России

Несмотря на ряд сложностей и препятствий, в России заметен рост интереса к электротранспорту и развитию зарядной инфраструктуры (рис. 2). Правительство активно разрабатывает меры поддержки развития зарядной инфраструктуры, а также налоговые льготы для владельцев электромобилей [4]. Становление зарядной инфраструктуры для электротранспорта в России занимает много времени, однако уже сейчас можно наблюдать положительные изменения на этом пути. В ближайшие годы планируется создание нескольких сотен тысяч зарядных устройств для электромобилей по всей России.



Рис. 2. Зарядная станция для электромобилей

Заключение

В России начинается формирование зарядной инфраструктуры для электротранспорта (рис. 3), хотя на данный момент она находится на начальном этапе своего развития. Однако при поддержке правительства и инвестиций частных компаний развитие зарядной инфраструктуры может перейти на новый уровень.

Электромобили становятся все более популярными в России, но отсутствие развитой зарядной инфраструктуры становится главным препятствием на пути их развития. На данный момент количество зарядных устройств для электромобилей в России одно из самых низких по сравнению с другими странами мира. Проблемой развития зарядной инфраструктуры является недостаток инвестиций, необходимость согласования всех стандартов зарядных устройств и невысокий интерес потенциальных покупателей электромобилей.

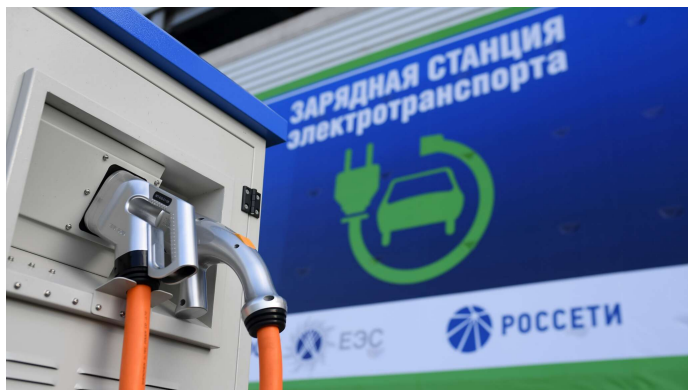


Рис. 3. Зарядная станция для электромобилей

Однако при активной поддержке правительства и инвестициях частных компаний, перспективы развития зарядной инфраструктуры для электротранспорта в России достаточно оптимистичны.

Библиографический список

1. Перспективы развития рынка электротранспорта и зарядной инфраструктуры в России: эксперт.-аналит. докл., краткая версия / Д. В. Санатов, А. М. Абакумов, А. Ю. Айдемиров [и др.]. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. 20 с. URL: <https://csr-nw.ru/upload/iblock/a28/Доклад%20Перспективы%20развития%20рынка%20электротранспорта%20и%20зарядной%20инфраструктуры%20в%20России%20сокращеннаяверсия.pdf> (дата обращения: 13.03.2023).
2. Пилипенко А. В., Кузьмин О. В. Организация инфраструктуры для электромобилей // Молодой ученый. 2022. URL: <https://moluch.ru/archive/436/95329/> (дата обращения: 13.03.2023).
3. Строганов В. И. Моделирование систем электромобилей и автомобилей с комбинированной силовой установкой в процессах проектирования и производства. 2014. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematiceskoe-modelirovanie-osnovnyh-protsessov-elektromobiley-i-avtomobiley-s-kombinirovannoy-silovoy-ustanovkoj> (дата обращения: 13.03.2023).
4. Мацкерле Ю. Современный экономический автомобиль: учеб. пособие. 1987. URL: <http://forum.ustroistvo-avtomobilya.ru/viewtopic.php?f=51&t=630> (дата обращения: 13.03.2023).

УДК 504.054

А. А. Мезько

ученица 10-го класса лицея № 144

Н. А. Михаялян, А. Д. Мохомет – магистранты института киберфизических систем – научные руководители**ВЛИЯНИЕ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Уже не менее 50 лет в мире наблюдается увеличение популярности «зеленой» энергетики, которая основывается на производстве электроэнергии из возобновляемых источников (ВИЭ). Многие считают, что за счет развития данного направления возможно будет решить проблемы глобального изменения климата и снизить негативное влияние человека на природу [1]. Однако большую опасность для экологии представляют производство и утилизация аккумуляторов.

Цель настоящей работы – изучение влияния, оказываемого аккумуляторами на окружающую среду, и рассмотрение возможных способов борьбы с загрязнениями окружающей среды.

Аккумулятор – это прибор для накопления электрической энергии в химическом состоянии с последующей выдачей электрической энергии [2]. Он состоит из свинца или других тяжелых металлов (таблица), раствора серной кислоты и полипропиленовой банки. Поэтому при выходе из строя аккумуляторы представляют риск для окружающей среды.

Виды аккумуляторов

Тип АКБ	Где используется	Обозначение	ЭДС
Свинцово-кислотный	Автотранспорт, самолеты, морской транспорт, ИБП	Pb	2,1 В
Никель-кадмиевый	Электроинструменты, самолеты, троллейбусы	Ni-Cd	1,2 В
Никель-солевой	Автотранспорт, поездка, телекоммуникации, СНЭ	Na/NiCl	2,6 В
Литий-ионный	Электромобили, троллейбусы, системы резервного электроснабжения, электроинструменты	Li-Ion	4 В
Никель-металл-гибридный	Медицина, космическая отрасль, радиотехника, электромобили	Ni-MH	1,2 В

Восстановление экосистемы после загрязнения отходами литий-ионных аккумуляторов, относящихся ко 2-му классу опасности (к данному классу относятся отходы высокой опасности, которые разлагаются не менее 30 лет и нарушают экологическую систему) [3], займет около 30 лет. Добыча лития также приводит к негативным изменениям в окружающей среде. Чрезмерное содержание лития влечет за собой нарушение экосистемы и гидрологического баланса, но данный металл применяется в разных сферах промышленности (рис. 1), что делает проблематичным отказ от его использования, однако переработка помогла бы снизить негативное влияние лития на окружающую среду.

При разложении свинцовые аккумуляторы выделяют в почву свинец [4]. Когда концентрация свинца становится критической, земля становится непригодной для сельского хозяйства, происходит разрушение органики грунта. В этом случае существует вероятность попадания свинца в грунтовые воды, а затем в организмы людей и животных. В городах причинами загрязнения воздуха являются не только выхлопные газы автомобилей, но и промышленные предприятия и горящие свалки. При производстве аккумуляторов образуются пылевидные частицы, которые также представляют опасность [5]. Избыток свинца в организме может привести к судорогам или даже летальному исходу. Данный тяжелый металл способствует нарушению работы центральной нервной и репродуктивной систем. Отравление свинцом в раннем возрасте может привести к задержке развития. Однако имеется возможность стопроцентной утилизации. Утилизация серной кислоты также возможна, но обычно предпочитают ее нейтрализацию.

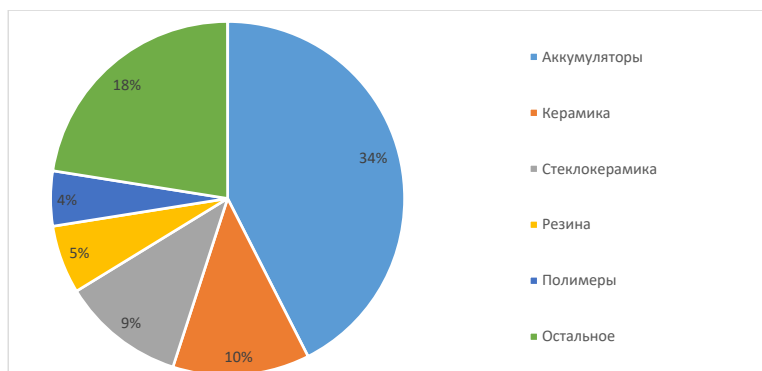


Рис. 1. Спрос на литий по сегментам

На диаграмме рис. 2 видно, что в 2020–2021 гг. наблюдалось увеличение популярности электрического транспорта, что способствовало увеличению спроса и на аккумуляторы, которые являются неотъемлемой частью электромобилей. Аккумулятор рассчитан в среднем на 1000–1500 циклов зарядки/разрядки, из чего следует, что его будет необходимо периодически менять [6]. Повышенный спрос на аккумуляторы и необходимость регулярной замены хотя и приносят производителям большую прибыль, но также они наносят значительный урон экологии нашей планеты.



Рис. 2. Динамика количества проданных электромобилей в России

Аккумуляторы используются также в автомобилях, аварийных источниках электроэнергии, резервных источниках энергии. Они необходимы и для работы мобильных телефонов, которыми, согласно свежим данным StockApps, пользуются 5,3 млрд чел., или 67% мирового населения [7].

Литий-ионные аккумуляторы, используемые в электромобилях, более громоздкие. Они также легко воспламеняются и могут взрываться при неправильном демонтаже. Количество электромобилей будет лишь увеличиваться, и компании по переработке должны быть готовы утилизировать не только металл и детали, но и правильно утилизировать отходы. В настоящее время утилизируется лишь 5%

литий-ионных аккумуляторов [8]. Их переработка осуществляется путем плавления аккумуляторов до шлака, а затем используются методы химического разделения, позволяющие восстановить некоторые металлы, такие как кобальт. Пирометаллургические и гидрометаллургические процессы, происходящие при использовании данного метода, производят токсичные побочные газы, а в результате нередко получают материалы плохого качества. Извлечение и разборка аккумулятора требуют высокой образованности рабочих во избежание несчастных случаев при работе с высоким напряжением. В странах с высокими затратами на рабочую силу ручной демонтаж неэкономичен, поэтому обсуждается возможность роботизации данной сферы. Это поможет снизить риск травмирования рабочих и понизить затраты на переработку.

Переработка свинцовых аккумуляторов состоит из следующих этапов (рис. 3):

- 1) нейтрализация кислотной среды;
- 2) отделение пластинчатых частей из свинца от конструкции корпуса;
- 3) переработка металла;
- 4) переработка пластика.



Рис. 3. Этапы переработки аккумуляторов

Заниматься переработкой аккумуляторных батарей имеют право только организации, специализирующиеся на данном направлении и обладающие лицензией и разрешением на данную деятельность. Выбрасывать аккумуляторы на свалку запрещено, так как они относятся ко 2-му классу опасности [3].

В странах Европы процесс переработки свинцовых аккумуляторов отработан лучше, чем в России. Альпийский завод ТАВ перерабатывает 45000 т аккумуляторных батарей в год. На выходе получается около 30000 т свинца, 2000 т полипропилена и 1000 т гипса. Последние два пункта имеют по большей части экологическое значение: отравляющие и долго разлагающиеся вещества не попадают в окружающую среду. Батареи приходят на завод не как в России, на паллетах, а в долговечных пласти-

ковых контейнерах, после чего сбрасываются в большую бетонную яму, откуда попадают в дробилку. На подобных заводах в Словении перерабатываются батареи из Италии, Германии, Хорватии, Сербии, Венгрии.

Сбор батарей – один из самых сложных этапов переработки. После дробления аккумуляторные батареи подвергаются гидродинамической сепарации, в то время как вытекший электролит собирается в специальных каналах, после чего полипропилен поднимается к поверхности, а свинец тонет. Затем полипропилен продолжают дробить, а свинец отправляют в печи, где металл окончательно извлекают от примесей.

Более 50% всего используемого в мировой промышленности свинца производится из вторсырья. Свинец – дорогой и нередко дефицитный металл. Человечество нуждается в переработке свинцовых аккумуляторов, и Россия могла бы развиваться в данной области. На данный момент российские заводы производят 60000 т свинца, в то время как один из шести словенских заводов TAB – 30000 т. Вода, уходящая с заводов TAB, очищается ионными обменниками и песчаными фильтрами, а воздух – импульсными струйными фильтрами с тефлоновыми мембранами.

На данный момент в России полученный из аккумуляторных батарей электролит нейтрализуют и сливают в сточные воды, в то время как на заводах TAB из него производят около 1000 т гипса, который затем продают.

Сейчас Россия находится на этапе легализации сбора и переработки отработанных химических источников питания. Существует большое количество нелегальных сборщиков, многие покупают аккумуляторы, из которых уже слит электролит, и бывшим владельцам приходится самостоятельно избавляться от серной кислоты, что вновь приводит к загрязнению грунта, подземных вод и воздуха. Необходимо быть внимательным при сдаче аккумуляторов на переработку, чтобы избежать реализации их опасного потенциала.

Переработка аккумуляторов и утилизация отходов переработки – перспективные области для развития на территории России. В качестве основы можно использовать опыт других стран. Переработка свинца и лития позволит уменьшить расходы на закупку металла за счет использования вторсырья. Дальнейшая утилизация отходов переработки уменьшит количество попадающих в окружающую среду тяжелых металлов, что в будущем приведет к минимизации влияния свинца на организм человека.

Библиографический список

1. *Ивановский Б. Г.* Проблемы и перспективы перехода к «зеленой» энергетике: опыт разных стран мира (обзор) // Экономические и социальные проблемы России. 2022. № 1. С. 58–78.
2. Все об аккумуляторах. URL: <https://www.mutlu.ru/are-batteries-harmful-for-the-environment-ru> (дата обращения: 20.03.2023).
3. Перечень отходов 2 класса опасности. URL: <https://e-ecolog.ru/fkko/all/2> (дата обращения: 23.03.2023).
4. Влияние свинца на окружающую среду. URL: https://ecoview.ru/chasto_zadavaemye_voprosy/vliyaniye_svinca_na_okruzhayuyuyu_sredyu/ (дата обращения: 20.03.2023).
5. *Маркова О. Л., Иванова Е. В., Кирьянова М. Н.* Основные направления снижения уровня загрязнения воздушной среды в производстве свинцово-кислотных аккумуляторов // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. СПб., 2019.
6. Производство батарей для электромобилей: топ-10 компаний-изготовителей в 2022 году. URL: <https://e-cars.tech/analitika/proizvodstvo-batarey-dlya-elektromobiley-top-10-kompaniy-izgotoviteley-v-2022-godu/> (дата обращения: 21.03.2023).
7. В мире уже 5,3 млрд пользователей телефонов, а Россия входит в топ-3 стран с самым дешевым мобильным интернетом. URL: <https://www.ixbt.com/news/2021/09/02/5-3-3.html> (дата обращения: 20.03.2023).
8. *Ростарчук А.* Как утилизируют аккумуляторы в Европе. URL: <https://www.avtovzglyad.ru/amp/article/2014/09/23/614760-kak-utiliziruyut-akkumulyatoryi-v-evrope.html> (дата обращения: 20.03.2023).

УДК 336.71

Д. С. Митюков

студент кафедры информационной безопасности

А. В. Воронов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**О СИСТЕМАХ СТРЕСС-ТЕСТИРОВАНИЯ СЕРВЕРОВ НА ПРЕДМЕТ ХИЩЕНИЯ ДАННЫХ**

Рассмотрены подходы к созданию системы стресс-тестирования серверов на предмет хищения данных с учетом актуальных реалий рынка.

На сегодняшний день на рынке не существует систем, которые бы отвечали запросу «стресс-тестирование на предмет хищения данных», но существует несколько систем, позволяющих провести стресс-тест сервера для выявления проблем в его эксплуатации. Оговоримся, что под этим запросом мы ищем системы, позволяющие проверить наличие возможности получения доступа к работе сервера путем использования двух инструментов: DoS-атаки и атаки подбором паролей. Инструментов для проведения DoS в открытом доступе достаточное количество, чего не скажешь об инструментах, позволяющих провести вторую атаку. Также важно, чтобы после проведения операции пользователь получал подробный отчет о работе сервера во время атаки, чтобы, проанализировав ситуацию, скорректировать защиту сервера и избежать потери данных в случае настоящей хакерской атаки.

Атака «подбором паролей», она же брутфорс, – это способ угадывания пароля (или ключа), путем перебора всех возможных комбинаций символов.

Разберем DoS-атаку. Сетевые ресурсы имеют предел по объему обрабатываемых запросов. Помимо допустимой нагрузки на сервер, существует ограничение пропускной способности канала. Если количество запросов превышает возможности обработки сервера, то веб-ресурс прекращает свою работу. Это называется «отказ в обслуживании» или DoS (Denial-of-service) [1].

Существует несколько инструментов для модерации подобных атак. Выделим несколько лучших и самых популярных решений в этом вопросе: Tomahawk, который находится под лицензией Reciprocal Public License, сетевой сканирующий инструмент от автора Salvatore Sanfilippo hping3, утилита из Linux-систем Stress-ng, приложение, написанное Дэвидом Мосберггером из Исследовательской лаборатории Hewlett-Packard Httpperf и утилита Siege. Все эти инструменты отличаются друг от друга добавочными функциями, но отвечают главному требованию – могут проводить DoS-атаки на сервер. Рассмотрим их подробнее и сравним технические характеристики (таблица).

Характеристика инструментов для модерации атак

Критерий	Tomahawk	hping3	Stress-ng	Httpperf	Siege	BKP
Поддерживаемая операционная система	Linux	Linux/Windows	Linux	Linux	Linux	Linux
Доступность	Свободное скачивание. Открытый код	Свободное скачивание	Свободное скачивание. Открытый код	Свободное скачивание при регистрации	Свободное скачивание. Открытый код	Свободное скачивание. Открытый код
Интерфейс	Приложение	Строка/приложение	Строка	Строка	Строка	Приложение
Поддержка на территории России	+	+	+	–	+	+
Проведение атаки «подбор паролей»	–	–	–	–	–	+
Настраиваемая DoS-атака	+	+	+	–	+	+
Возможность интеграции отчетов в MS Excel	–	–	+	–	–	+

Tomahawk

Инструмент, созданный для тестирования производительности и встроенной защиты сервера, как написано в документации, приложенной на сайте [2]. Он создан для имитации реальных условий. Tomahawk тестирует пропускную систему NIPS, имитируя максимально реалистичное сочетание протоколов, путем забора образца трафика из сети. Один сервер Tomahawk способен генерировать 200–450 Мбит трафика. Не исключена возможность использования больше одного сервера. Также с помощью этого инструмента можно тестировать рейтинг подключений/секунд NIPS. Самое важное для этого исследования – то, что Tomahawk так же может проверить блокирующие возможности NIPS путем воспроизведения атак, встроенных в трассировку пакета. Он сообщает о результатах атаки (завершена или заблокирована), что позволяет оценить блокирующую возможность в NIPS. У системы есть лицензия от Reciprocal Public License. Скачать систему можно бесплатно в интернете.

hping3

Сетевой сканирующий инструмент. Бесплатный генератор пакетов и анализатор протокола TCP/IP, созданный одиноким программистом, известным как Antirez. Используется для аудита безопасности, тестирования брандмауэров и сетей, используется для технологии сканирования бездействия [3; 4]. Сейчас является частью известной и авторитетной утилиты NMAP [5], предназначенной для разнотипного сканирования сетей с любым числом объектов в оной. Утилита обладает множеством функций, полезных для разработчиков и белых хакеров.

Stress-ng

Утилита в Linux-системах для проведения стресс-тестирования. С помощью нее можно сгенерировать реальную нагрузку на тестируемые подсистемы. Работает традиционно для Linux через командную строку. Одно из ключевых отличий этой системы в том, что во время выполнения теста нет обращений к сторонним и/или внешним ресурсам. Stress-ng самодостаточна [6]. Также утилита позволяет сгенерировать нагрузку на ЦПУ. После тестирования выдает статистику основных метрик, отражающих работу системы во время тестирования.

Httpperf

Инструмент для проведения стресс-тестирования сервера от американской исследовательской лаборатории Hewlett-Packard [7]. Основная операция Httpperf – генерировать фиксированное количество (общее и количество в секунду) запросов HTTP GET и измерять, сколько ответов пришло. При увеличении количества запросов будет возрастать нагрузка на сервер. При отправке большого количества пакетов произойдет имитированная атака на сервер. На справочной странице Linux [8] советуют не запускать более одного процесса одновременно. Отличие этой утилиты от конкурентов – возможность подробной настройки отправляемого пакета, возможность поменять в нем любые данные, кроме времени отправки.

Siege [9; 10]

Имитирует обращение к серверу сразу нескольких пользователей. Результат после тестирования, который предоставляет утилита, включает затраченное время на проверку, совокупное количество переданной информации (включая заголовки), среднее время ответа и пропускную способность. Утилита отличается удобным использованием. Воспроизвести DoS-атаку можно всего в несколько строк команд. Позволяет проводить атаку «волнами» запросов, бесконечную атаку до отключения сервера и настраивать «число пользователей», от которых будут имитироваться запросы.

Были рассмотрены пять самых известных систем для стресс-тестирования, но ни одна утилита не отвечает нашему запросу. Не все они на сегодняшний день работают в России. Ни одна из них не предлагает атаку подбором паролей.

Выводы

На рынке нет продукта, который бы полностью отвечал требованиям вопроса, поднятого в ВКР. Все эти продукты выполняют лишь часть запланированной работы. Все утилиты позволяют протестировать сервер на устойчивость против DoS-атак, но не предлагают инструмент по проведению атаки подбором паролей. Явный фаворит на данный момент – Tomahawk. Это самый производительный инструмент с самым большим арсеналом дополнительных функций для изучения защищенности сервера

от хакерских атак. Все утилиты работают по похожим схемам, имеют поддержку авторов на сегодняшний день. У всех утилит открытый код. На основании этого можно составить гибрид из представленных систем, максимально отвечающий нашим требованиям по функционалу и производительности, добавив в него недостающую атаку. Целью дипломной работы является создание системы, сопрягающей перечисленные функции рассмотренных программ. Система должна проводить две рассмотренные атаки и создавать понятный и логичный отчет для специалиста информационной безопасности. Задачи: 1) проведение DoS-атаки; 2) проведение атаки подбором паролей; 3) составление отчета по реакции сервера на проведенные атаки.

Библиографический список

1. Как работает DDoS атака // Лаборатория Касперского. URL: <https://www.kaspersky.ru/resource-center/threats/ddos-attacks> (дата обращения: 24.02.2022).
2. Смит Б. Томагавк: учебник. Версия 1.1. URL: <https://tomahawk.sourceforge.net/TUTORIAL.html> (дата обращения: 24.02.2022).
3. hping3 – сетевой сканирующий инструмент – генератор пакетов. URL: <https://itsecforu.ru/2018/02/06/hping3-%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B9-%D1%81%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%80%D1%83%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B9-%D0%B8%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82-%D0%B3%D0%B5%D0%BD/> (дата обращения: 24.02.2022).
4. DoS атака с hping3-. URL: <https://codeby.net/blogs/dos-ataka-s-hping3/> (дата обращения: 24.02.2022).
5. NMAP: офиц. сайт. URL: <https://nmap.org/> (дата обращения: 24.02.2022).
6. Стресс-тестирование систем в Linux – утилита stress-ng // ИТ Проффи. URL: <https://itproffi.ru/stress-testirovanie-sistem-v-linux-utilita-stress-ng/> (дата обращения: 24.02.2022).
7. Приложение для нагрузочного тестирования httpsf // StVDS. URL: <https://firstvds.ru/technology/prilozhenie-dlya-nagruzochnogo-testirovaniya-httpf/> (дата обращения: 24.02.2022).
8. Справочная страница Limux. URL: <https://linux.die.net/man/1/httpperf> (дата обращения: 24.02.2022).
9. Siege – утилита для нагрузочного тестирования веб-сервера // Хабр. URL: <https://habr.com/ru/post/65128/> (дата обращения: 24.02.2022).
10. Нагрузочное тестирование веб-серверов с помощью Siege Benchmarking Tool / Sedicom. URL: <https://blog.sedicom.com/2020/07/15/nagruzochnoe-testirovanie-veb-serverov-s-pomoshhyu-siege-benchmarking-tool/> (дата обращения: 24.02.2022).

УДК 621.3.043.3

Н. А. Михеялн

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

О. Я. Солёная – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ РОТОРА СИНХРОННОГО РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ**

В современных условиях рыночной экономики любое производство должно стремиться к снижению издержек. Одним из вариантов решения данной задачи является уменьшение стоимости производства конечного продукта, которая складывается из стоимости материала, работ и ресурсов, потраченных на его изготовление. По данным Министерства экономического развития Российской Федерации, 72,5% всей вырабатываемой электроэнергии в нашей стране уходит на обеспечение транспорта и различного рода производств промышленного сектора [1]. Более половины этой энергии потребляют электродвигатели, которые приводят в движение большую часть рабочих механизмов на предприятиях. Поэтому электричество – один из ресурсов, уменьшение затрат на получение которого может привести к существенной экономии в долгосрочной перспективе.

Одна из самых распространенных электрических машин в промышленном секторе – асинхронный двигатель (АД) благодаря простоте изготовления, управления и стоимости. На сегодняшний день инженеры добились практически максимального КПД для АД, дальнейшее увеличение данного параметра возможно только за счет использования редкоземельных материалов и более совершенных способов охлаждения, что, в свою очередь, сильно усложняет производство и приводит к увеличению стоимости. Недостатки асинхронного двигателя – тепловые потери на роторе и значительное снижение КПД при работе на частоте ниже номинальной.

Этих проблем не возникает у синхронного реактивного двигателя (СРД). Благодаря развитию силовой электроники и полупроводниковых устройств данная машина, изобретенная еще в 1924 г., вновь набирает популярность, так как является более энергоэффективной. В данной статье будут рассмотрены существующие на сегодняшний день конструкции роторов синхронного реактивного двигателя.

Принцип работы СРД

Статор синхронного реактивного двигателя ничем не отличается от статора асинхронного двигателя и также создает переменное вращающееся магнитное поле. Ротор СРД имеет специальную форму, которая обеспечивает ему различное магнитное сопротивление вдоль магнитопроводящих осей. Ось d (продольная) является осью наименьшего сопротивления, ось q (поперечная) – осью наибольшего сопротивления (рис. 1). Реактивный момент возникает за счет стремления ротора расположить продольную ось вдоль силовых линий вращающегося магнитного поля статора. Величина этого момента зависит от отношения проводимостей X_d/X_q [2].

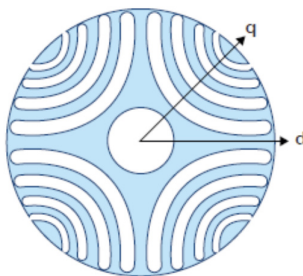


Рис. 1. Направления магнитопроводящих осей d и q

Типы конструкции ротора СРД

Часто СРД проектируется на базе статора АД, и главной задачей является выбор оптимальной конструкции ротора, от этого зависят основные технические характеристики двигателя. На сегодняшний день существуют три основных типа конструкции ротора СРД, которые представлены на рис. 2.

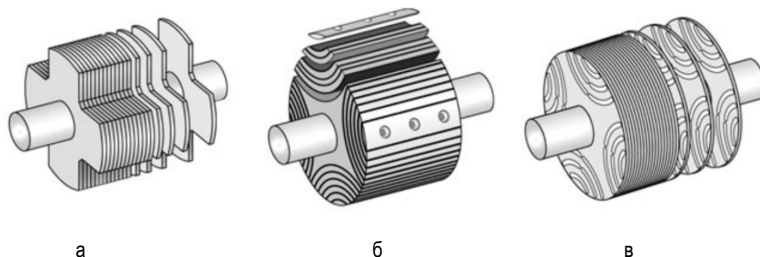


Рис. 2. Типы роторов СРД: а) ротор с явно выраженными полюсами; б) аксиально-расслоенный ротор; в) поперечно-расслоенный ротор

Явнополюсный ротор наиболее простым в изготовлении, а также имеет самые низкие коэффициенты. Он практически не используется в качестве ротора синхронного реактивного двигателя, а применяется для синхронных генераторов. Конструктивное исполнение данного типа ротора в качестве вращающегося элемента генератора весьма разнообразно. В крупных машинах сердечник ротора состоит из полюсов, которые устанавливаются на массивном стальном обode, насаживаемом на вал. Существуют два основных варианта ротора синхронного реактивного двигателя:

- поперечно-расслоенный;
- аксиально-расслоенный.

Первый состоит из шихтованных листов стали, расположенных поперек осевой длины машины, со штампованными «направляющими потока» (стальные линии, разделенные воздушными барьерами) [3]. Существует множество конструктивных вариантов исполнения данного типа ротора, отличающихся количеством «направляющих потока», а также их формой. Чтобы минимизировать поток по оси q , воздушные барьеры должны быть как можно шире, но это приводит к снижению потока по оси d , поскольку уменьшается площадь проводящего металла («направляющих потока»). Поэтому очень важно найти правильное соотношение, чтобы добиться наилучших электромагнитных характеристик машины. Принято считать, что оптимальное количество воздушных барьеров 4.

Аксиально-расслоенный тип ротора также состоит из шихтованных листов стали, но расположены они вдоль оси ротора. Для увеличения сопротивления вдоль оси q между слоями стали вводят большое количество межслоевых воздушных зазоров, намного большее, чем в поперечно-расслоенном роторе [3]. Этот тип конструкции обеспечивает наилучшие электромагнитные характеристики, но он сложен в изготовлении и имеет большие потери на вихревые токи.

Заключение

На сегодняшний день поперечно-расслоенная конструкция ротора СРД – самая используемая благодаря простоте изготовления и получаемым электромагнитным характеристикам. Применение синхронных реактивных двигателей в промышленном секторе становится все более широким и с каждым днем появляются улучшенные конструкции, которые повышают их конкурентоспособность на мировом рынке электродвигателей.

Библиографический список

1. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации / Министерство экономического развития Российской Федерации. М., 2019. 3 с.

2. *Иванов-Смоленский А. В.* Электрические машины: учеб. для вузов: в 2 т. Т. 2. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МЭИ, 2004. 532 с.
3. *Matsuo T., Lipo T. A.* Rotor design optimization of synchronous reluctance machine // IEEE Trans. on Energy Conv. 1994. Vol. 9. P. 359–365.

УДК 658

А. К. Никитин

студент кафедры электромеханики и робототехники

В. А. Семёнова – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ЭНЕРГОПРЕДПРИЯТИЯХ**

Оценка эффективности систем управления на предприятиях электроэнергетики – важная тема в наше время. Эффективность данных систем обуславливается множеством правил. Стандартные методы оценки эффективности зафиксированы в законодательстве, но, несмотря на это, отдельные подходы все-же остаются в управлении энергетических предприятий. В России на данный момент нет большого опыта в этой области. По этой причине одна из главных задач на сегодняшний день – разработать методическую базу по оценке эффективности проектов в энергетической отрасли [1].

Эффективность по отношению к энергетическому сектору выстраивается в сложную системную категорию, задачей которой служит отображение не только деятельности компании, а также всеобщая направленность в сотрудничестве с другими субъектами. Оценка данного показателя отражает заинтересованность как для владельцев предприятия, так и для органов регулирования, инвесторов, клиентов и т. д. (рис. 1).



Рис. 1. Оценка эффективности управления в российской экономике

Путем сравнения результата с затратами, которые связаны с его достижением, формируется система эффективного и рационального управления на предприятиях сферы электроэнергетики.

Анализ оценки эффективности необходим для принятия управленческих решений. Оценка эффективности приводит к принятию оперативных решений и, следовательно, решений, направленных на повышение эффективности и устранение существующих трудностей на предприятии. Оценка организационной структуры предприятия должна быть проведена еще на этапе его проектирования. Затем на этапе полной проработки всех слабых мест можно приступить к следующему этапу – реализации. Данная оценка проводится для принятия важных решений, введения новых мероприятий по эффективному управлению, а также для ликвидации обнаруженных проблем.

Определение субъекта, его качеств и характеристик напрямую влияет на выбор способа оценки эффективности. Данный показатель включает разнообразные условия.

Эксперты выделяют два основных критерия, влияющих на оценку эффективности:

- по степени соответствия фактических результатов и планируемых;
- соответствие субъекта предъявляемым требованиям отрасли [2].

После определения базовых условий сравнения появляется возможность провести релевантный анализ оценки эффективности, при этом за базовые показатели учитываются как нормативные, так и средние показатели для данной отраслевой системы.

Оценка эффективности проводится по количественным показателям. Для этого необходимо провести сравнение фактических и нормативных показателей. Управленческие решения, направленные на повышение эффективности, известны как позиционирование (рис. 2). Позиционирование отвечает на вопросы о роли и положении системы энергоснабжения и формирует более эффективный способ использования энергетических ресурсов.

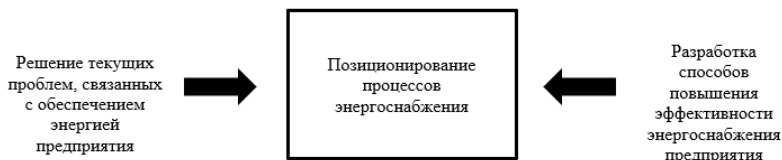


Рис. 2. Позиционирование процессов энергоснабжения

Из рис. 2, можно сделать вывод, что благодаря такому процессу, как позиционирование, у энергетических процессов определяются роль и место в структуре предприятия, а также могут приниматься решения, связанные с повышением эффективности и характером деятельности руководителей предприятия в дальнейших направлениях. Практически все варианты позиционирования предполагают конкретные и достижимые цели, которые могут отличаться областью действия и характером конечных результатов. От того, какие методики, организационные и управленческие области были выбраны, будет зависеть достигаемый эффект [3].

Вариант позиционирования отличается от характера того организационного изменения, которое необходимо провести. Используя организационные изменения, возможно определить текущий уровень интеграции управленческих процессов, целью которых является повышение показателей рационального использования энергетических ресурсов предприятия. Применение в практической сфере таких работ на различных этапах ставит перед собой цель получения информации о появлении в описываемой системе различных изменений, которые связаны с определенными уровнями управления процессами. Такая цепочка может прослеживаться вплоть до стратегического планирования.

Залог успешной работы любого энергетического предприятия – грамотно продуманная система позиционирования в области реализации эффективности энергосберегающих мероприятий. От того, какая модель позиционирования будет выбрана, зависит содержание вектора дальнейшего развития [4].

Приходим к следующим выводам.

За счет такого комплексного показателя, как оценка эффективности, предприятие любой отрасли сможет принимать структурные решения, а также решения, которые направлены на рост производительности в конкретной отрасли деятельности. При выборе методик по оптимизации нужно учитывать исследуемый субъект и его особенности. Оценка эффективности – это комплексный показатель, который включает множество различных инструментов и особенностей. При таком подходе к управлению энергосбережением возможно максимально точно оценить степень влияния на изменения рыночных позиций предприятия и выбрать оптимальные пути для его дальнейшего развития.

Разработка управленческих механизмов – одно из важнейших направлений дальнейшего исследования, основанного на расширении понимания значимости энергоэффективности в инновационной деятельности организаций [5].

Библиографический список

1. Абрютина М. С. Экономический анализ деятельности. М.: Дело и Сервис, 2020. 512 с.

2. Алимжанова А. С. Методы и модели оценки эффективности деятельности предприятия // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2019. № 5-4.
3. Гительман Л. Д., Ратников Б. Е. Энергетический бизнес: учеб. пособие по дисциплинам специализаций специальностей «Менеджмент орг.». М.: Дело, 2020. 600 с.
4. Чеботарева Г. С. Инвестиционная привлекательность энергогенерирующей компании: монография. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. 220 с.
5. Боргардт Е. А. Современные подходы к классификации резервов повышения эффективности деятельности предприятия // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2020. Т. 6. № 1 (18).

УДК 004.896

О. А. Першина

ученица 9-го класса школы № 346

Д. М. Волков, А. В. Зенин – магистранты кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители

РОБОТОТЕХНИКА В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Агропромышленный комплекс (АПК) – это совокупность предприятий и производств, объединяющая все отрасли сельского хозяйства, принимающая участие в производстве сельскохозяйственной продукции, ее переработке и доведении до потребителя.

Робототехника – это технологическая область, создающая роботов в различных сферах применения.

Области применения робототехнических средств в агропромышленном комплексе:

- 1) растениеводство (земельная обработка, мониторинг и управление условиями выращивания растений, сбор урожая);
- 2) животноводство (обслуживание ферм и птицефабрик, стрижка овец, дойка коров);
- 3) общехозяйственные работы (транспортировка грузов, управление транспортом).

Роботы способны облегчить труд человека или вовсе его заменить, положительно повлиять на количество и качество урожая.

Применение робототехники в агропромышленном комплексе

В последние годы развитие технологий и автоматизации значительно повлияло на агропромышленный комплекс. Современные автоматические устройства приносят огромную пользу сельскому хозяйству и помогают увеличить производительность труда и качество продукции.

В первую очередь робототехника используется в сельском хозяйстве для автоматизации задач, требующих высокой точности и многократного повторения одинаковых движений. Ее применение позволяет уменьшить количество ручного труда и повысить эффективность работы.

Автоматизация процесса сбора урожая. Роботы-сборщики могут собирать плоды и овощи со скоростью, не доступной человеку. Они могут существенно повысить скорость производства, снизить затраты на сбор урожая.

Мониторинг и управление условиями выращивания растений, сбор информации о качестве почвы. При помощи датчиков определяются уровень влажности почвы, ее состав и наличие питательных веществ. Например, роботы-контроллеры способны определить точное количество воды и удобрений, которые необходимы для увеличения урожайности и получения наилучшего качества продукции. Это может значительно снизить затраты на эти ресурсы и улучшить качество продукта.

Автоматическая обработка земли. В агропромышленном комплексе уже давно используются тракторы-автоматы, производящие земельную обработку и посев сельскохозяйственных культур. Некоторые подобные устройства позволяют настроить параметры земледелия, принимая во внимание несколько факторов, включая погоду, почву, тип посева и многое другое.

Отслеживание заболеваний растений и вредителей. Некоторые роботы оборудованы датчиками, которые определяют не только наличие вредителей, но и представляют информацию о типах вредителей и их местоположении. Эту информацию можно использовать для разработки точной стратегии для истребления вредителей.

Умные теплицы. Роботизация в данном сегменте значительно превышает по уровню проработанности остальные. Умные теплицы обладают искусственным интеллектом и автоматизацией. В большинстве современных теплиц уже заложены автоматизированные системы управления питанием растений, досвечиванием, микроклиматом, закрытием и открытием форточек, чтобы регулировать температуру и влажность.

Применение робототехники в агропромышленном комплексе уже становится неотъемлемой частью сельского хозяйства. Их использование позволяет увеличить эффективность производства, повы-

ситель качество продукции, уменьшить затраты на ресурсы. С учетом постоянного роста технологий в будущем роботы в агропромышленном комплексе обещают принести много новшеств и улучшений в сельское хозяйство [1].

Организация ООН прогнозирует, что к 2050 г. население Земли достигнет 10 млрд чел. Производство продуктов питания должно увеличиться, чтобы прокормить человечество.

Применение робототехники в АПК в России

Во многих странах уже начали применять робототехнические устройства в агропромышленном комплексе. В России также начинается развитие данной отрасли, но не все так просто. Есть некоторые факторы, что мешают в России активно внедрять робототехнику в АПК. Среди них:

- 1) зависимость от импортных деталей. Цена их с годами только увеличивается, а значит и себестоимость роботов вырастет в несколько раз. Также существенны расходы транспортировки деталей;
- 2) в стране в целом слабо развита робототехника, поэтому возникают трудности с эксплуатацией роботов;
- 3) отсутствие квалифицированных кадров. В крупных промышленных масштабах невозможно развиваться без достаточного числа рабочих.

Приведем примеры того, как в нашей стране используется робототехника в АПК. В 2020 г. робототехника применялась в 33 регионах России [2]. В КФХ Зубарева Н. В. в Красноярском крае запущена роботизированная карусель для доения на 72 места [3]. Комплекс «Коралл», который создан профессором Б. Лукьяновым, направлен на планирование запасов кормов, автоматизацию расчетов и слежки за скотом [4]. Компания «ФосАгро» установила робота-опрыскивателя, который автоматически наносит химические средства защиты, благодаря чему снижается риск заражения растений заболеваниями и вредителями [5]. Уральский федеральный университет имени Б. Н. Ельцина вместе с компанией Cognitive Technologies еще в 2017 г. создал международную программу роботизации сельского хозяйства, чтобы повысить эффективность предприятий агропромышленного комплекса [6].

Робототехника в агропромышленном комплексе в нашей стране начинает набирать популярность и приносить пользу сельскому хозяйству. Она является настоящим и будущим современного агропромышленного комплекса.

Библиографический список

1. Несмиянов И. А., Токарев В. И. Направления развития роботизированных погрузочных манипуляторов для агропромышленного комплекса. URL: <https://technology.snauka.ru/2012/11/1382> (дата обращения: 22.03.2023).
2. Кондрашова А. Р., Хежеев А. М. Использование робототехники в АПК России. URL: <http://elib.timacad.ru/dl/full/sb-ek2022-67.pdf/download/sb-ek2022-67.pdf> (дата обращения: 23.03.2023).
3. Максимова Е. Роботы в аграрной отрасли. Уровень использования новых технологий на российских сельхозпредприятиях остается невысоким. URL: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/39143-roboty-v-agrarnoy-otrasli-uroven-ispolzovaniya-novykh-tehnologiy-na-rossijskikh-selkhozpredpriyatiy/> (дата обращения: 22.03.2023).
4. Лукьянов Б. В., Лукьянов П. Б. Руководство пользователя по компьютерным программам КОРАЛЛ. URL: <https://www.korall-agro.ru/KORALL.pdf> (дата обращения: 31.03.2023).
5. Особенности проектов роботизации. Когда эффективны RPA-решения и что ожидать от внедрения. Взгляд компании «ФосАгро». URL: <https://ict.moscow/presentation/osobennosti-proektov-robotizatsii-kogda-effektivny-rpa-resheniia-i-cto-ozhidat-ot-vnedreniia-vzgliad-kompanii-fosagro/> (дата обращения: 31.03.2023).
6. Коновалов А. С., Кублин И. М. Роботизация агропромышленного комплекса: актуальность, перспективы и проблемы развития. URL: <http://vernadsky.tstu.ru/pdf/2020/02/08.pdf> (дата обращения: 23.03.2023).

УДК 001.89

Л. А. Петрук, А. П. Сапрыкина, С. А. Пак

студенты кафедры электромеханики и робототехники

В. П. Кузьменко – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ПУТЕЙ СТИМУЛИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Введение

На сегодняшний день большая часть промышленно прогрессивных стран осуществляют проект долгосрочного экономического роста путем перехода на инновационный путь развития. Международная практическая деятельность выдвигает множество финансовых средств инновационной, промышленной и научно-технической стратегии, при участии которых возможно координировать передовые процессы. Однако их использование потребует больших финансовых ресурсов.

Данный подход нецелесообразен, поскольку для каждого условия необходим свой инструмент. Таким образом выявляется основная проблема – найти и применять те инструменты, которые более производительны в определенных конвенциях, и зафиксировать на них имеющиеся ресурсы. Другими словами, нужно обнаружить верные секторы экономического управления, позволяющие найти путь инновационного роста с наименьшими затратами [1].

Затраты на НИОКР

Всеобщими рычагами для отечественной электроэнергетики можно считать следующие:

- разработка необходимых условий для частных и государственных финансовых вложений в сферу научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР);
- овладение инновационными технологиями;
- совершенствование инновационного потенциала регионов и территорий благодаря содержащимся у них научно-технических ресурсов.

За период 2016–2020 гг. (рис. 1) наблюдается стабильный рост вложений государством на развитие НИОКР в электроэнергетическую область [2].

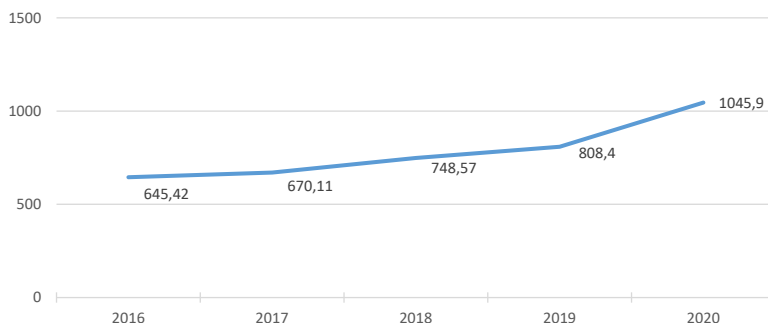


Рис. 1. Динамика затрат на НИОКР, млн руб.

Одним из основных рычагов являются особые налоговые льготы, содействующие проведению НИОКР, а также исполнению инновационной деятельности. Идея многообразных национальных подходов заключается в уменьшении процентов налогов на прибыль компаний. Чем выше инновационная активность предприятия, тем больше налоговых льгот возможно приобрести при условии успешной коммерциализации результатов НИОКР на предприятии.

Организации, не привлеченные к освоению современных высокотехнологичных типов продукции или технологий, при целесообразных экономических действиях не будут финансировать свои средства на проведение НИОКР. Так как результаты не принесут компаниям заметной прибыли в скором будущем, а значит, такая компания не сможет претендовать на приобретение налоговых льгот.

На этом формируется принцип непрямого налогового стимулирования, который в последние годы приобретает все большую распространенность. Государство ставит перед частным сектором конкретные задачи и выделяет экономические средства на их осуществление. Тем не менее возможность получения льгот по уплате налога на прибыль предлагается только активным компаниям.

Примером льгот является Постановление Правительства Российской Федерации № 218 от 9 апреля 2010 г. «Об утверждении Правил предоставления субсидий на развитие кооперации российских образовательных организаций высшего образования, государственных научных учреждений и организаций реального сектора экономики в целях реализации комплексных проектов по созданию высокотехнологичных производств» [3]. Исходя из постановления, предприятия имеют возможность получить субсидии от государства сроком от 1 до 3 лет, объем которого не превышает 100 млн руб. в год на высокотехнологичные проекты. За 2010–2020 гг. объем финансирования составил около 55 млрд руб. Количество средств, вкладываемых в проект предприятиями, не должен быть меньше 100% от размера полученных субсидий.

Целевое значение затрат на НИОКР за период 2016–2020 гг. крупными компаниями электроэнергетической отрасли представлено на рис. 2.

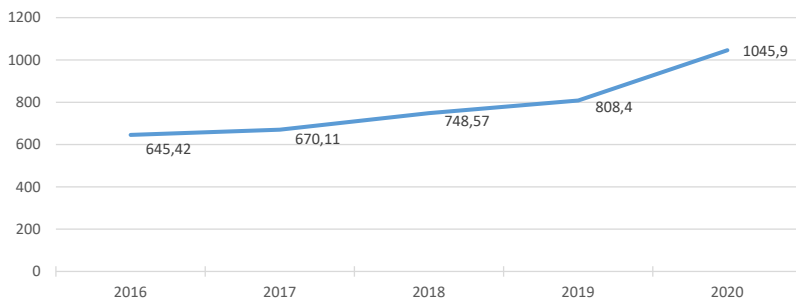


Рис. 2. Целевое значение затрат на НИОКР, млн руб.

Варианты специальных налоговых льгот для активизации инновационной деятельности:

- право погашения государством затрат предприятия на инновационную деятельность при подсчитывании размера налогов;
- право изменения периода списания затрат на НИОКР на выгодное для организации время. Это наиболее благоприятно для инновационных фирм, которые не располагают на текущий период средствами для использования определенными налоговыми льготами;
- повышенная амортизация оснащения и объектов предприятий, используемых для проведения НИОКР.

Распределение лицензионных платежей на примере компаний Россети показано на рис. 3

Важнейшим потенциалом увеличения инновационного роста электроэнергетической отрасли в объемах государства считается усиление инновационных возможностей регионов и территорий благодаря использованию имеющихся у них научно-технических ресурсов.

Повышение инновационного развития в регионах страны является главной экономической и социально-политической задачей, требующей пристального внимания со стороны государства, а также областных организаций.

Существует несколько организационно-экономических мер, повышающих инновационное развитие в регионах:

- образование центров по передаче технологий из госсектора в промышленность;
- формирование инновационных парков;
- проведение определенных целевых программ на общегосударственном, региональном и местном уровнях;
- специальные государственные субсидии и целевые ассигнования региональных органов власти;
- налоговые льготы;
- организация управленческого консультирования.

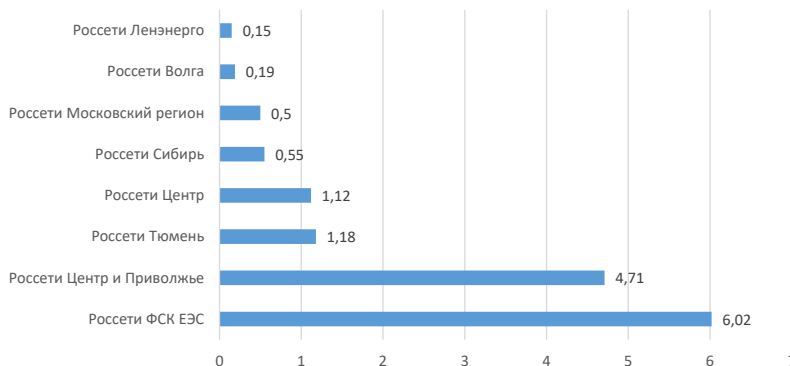


Рис. 3. Распределение лицензионных платежей по ДЗО, млн руб.

Объем выполняемых НИОКР в 2020 г. в группе компаний Россети продемонстрирован на рис. 4.

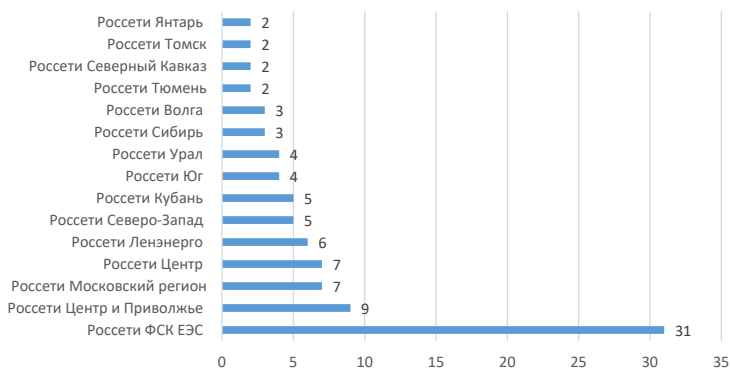


Рис. 4. Объем выполняемых НИОКР за 2020 г.

Примеры крупных технических результатов НИОКР

- С 2018 по 2020 г. в АО «Россети Тюмень» был разработан научно-исследовательский проект целевой модели Mini/Microgrid, направленный на переход электроэнергетики на новый технологический уклад.
- В 2020 г. в ПАО «Россети Ленэнерго» завершена научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа, направленная на разработку, создание и апробирование в промышленных

условиях комплекса определения мест повреждения при всех видах замыканий на воздушных линиях 35 кВ с изолированной нейтралью для повышения надежности функционирования электросетевого комплекса.

- В 2020 г. в ПАО «Россети ФСК ЕЭС» разработан и введен в опытно-промышленную эксплуатацию программно-технический комплекс визуального осмотра и наблюдения за состоянием оборудования подстанций для предупреждения возникновения технологических нарушений. Работа выполнялась АО «НТЦ ФСК ЕЭС» совместно ООО «МТК Бизнес. Оптима».

Заключение

В настоящее время можно наблюдать возрастающее внимание электроэнергетических предприятий и государства к инновационной деятельности. Государство предлагает выгодные условия для проведения НИОКР и поощряет предприятия в развитии электроэнергетики. Заключаются выгодные контракты с учебными учреждениями для развития НИОКР. За 2020 г. уже внедрено несколько инновационных проектов, которые способствуют повышению экономических показателей функционирования энергосистем, надежности, качества управления режимами электроэнергетических систем.

Несмотря на поддержку со стороны государства, множество предприятий не намерены идти путем инновационного развития, так как открывающиеся перспективы не дают кратковременной прибыли. Это в значительной мере препятствует росту инновационной активности. Также ключевую роль в препятствии роста играет незаинтересованность молодых специалистов в данной сфере из-за отсутствия выгодных условий и предложений.

Библиографический список

1. Мишина М. Ю., Полякова О. Н. Проблемы управления энергоэффективностью на предприятиях промышленности // Вестник Брянского государственного университета. 2012. № 3. С. 44–51.
2. Расходы на НИОКР. Мировой атлас данных. URL: <https://knoema.ru/atlas/topics/> (дата обращения: 27.11.2022).
3. URL: <https://www.rosseti.ru/investment/niokr/382546> (дата обращения: 28.11.2022).

УДК 629.735.33(07)

К. Д. Поздняков

студент кафедры инноватики и интегрированных систем качества

А. В. Чабаненко – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ (БВС)

В последнее время широкое распространение получает развитие технологий, связанных с беспилотными летательными аппаратами. Данные технологии подлежат патентной защите во всем мире.

Цель настоящего исследования – изучение уровня техники и основных тенденций развития объекта техники. В соответствии с поставленной целью задачами являются:

1) поиск релевантных объекту исследований решений (среди источников патентной и научно-технической, рекламной и иной информации);

2) систематизация найденных решений по типам (видам), выделение наиболее прорабатываемых направлений совершенствования объектов, выделение производителей-лидеров;

3) статистическая обработка найденных решений: сортировка по странам, годам, производителям, видам (графическое отображение результатов статистики).

Ретроспективность поиска выбрана в соответствии с целями патентных исследований – 20 лет.

Поиск проводился с использованием следующих ресурсов:

1) российские поисковые базы:

– Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС). Роспатент – www.fips.ru;

– патентный поиск Яндекса – www.yandex.ru/patents;

2) зарубежные поисковые базы:

– Европейская патентная организация (EPO-espacenet) – www.worldwide.espacenet.com;

– патентный поиск Google – www.patents.google.com;

3) открытые источники научно-технической и рекламной информации в интернете.

В ходе изысканий произведен поиск по открытым источникам информации, в результате которого собран значительный объем документов по данному направлению: соответствующими объекту поиска являются 25 решений, функционал и сфера применения которых отвечают исследуемым объектам и целям исследования.

Выявлены четыре типа технических решений:

– системы и способы доставки;

– системы управления и удаленного наблюдения;

– системы приема товара и БЛА;

– конструкция БЛА. Найденные решения распределяются так, как показано на рис. 1.



Рис. 1. Количественное распределение типов технических решений

Таким образом, наиболее распространенными техническими решениями защищенными патентами являются системы и способы доставки, а также системы управления и удаленного наблюдения.

Патент RU 2 734 927 C1 «Система точной доставки дронами с идентификацией личности получателя» (рис. 2). Данный патент описывает систему доставки контейнера с помощью дрона, включающую центр отправки контейнера, дрон, снабженный модулем навигации, модулем пеленгации, датчиком точной посадки и устройством крепления контейнера, смартфон с установленным на нем приложением, мобильный радиомаяк кругового излучения со встроенной системой беспроводной связи для взаимодействия со смартфоном и дроном [1].

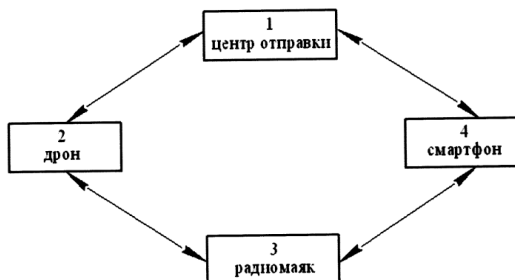


Рис. 2. Система доставки контейнера

Патент RU 107 601 U1 «Система управления беспилотным летательным аппаратом с комплексным устройством измерения высоты полета» относится к системам управления местоположением и курсом беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), предназначенных для высокоточного приведения в заданную точку морской и земной поверхности, в частности для доставки грузов в зараженные районы или решения задач экологического и промышленного мониторинга (рис. 3).

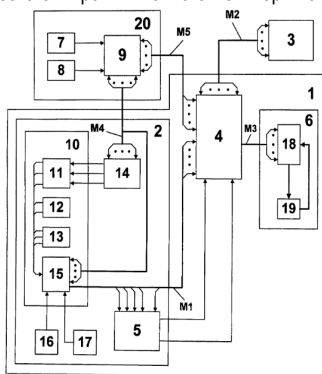


Рис. 3. Структурно-функциональная схема системы управления БПЛА

Пояснения к рис. 3: 1 – система управления движением (СУД), 2 – устройство измерения параметров движения, 3 – система обнаружения и сопровождения объектов мониторинга (СОСОМ), 4 – электронно-вычислительная машина (ЭВМ) СУД, 5 – устройство комплексной оценки высоты и вертикальной скорости, 6 – исполнительное устройство, 7 – пульт оператора устройства предполетной подготовки, 8 – корабельная инерциальная навигационная система, 9 – ЭВМ-устройства предполетной подготовки, 10 – инерциальное навигационное устройство БПЛА (далее по тексту – ИНУ), 11 – гиросистема

билизованная платформа, 12 – блок маятниковых акселерометров, 13 – блок струнных акселерометров, 14 – блок выработки сигналов выставки ГСП, 15 – блок обработки данных измерителей, 16 – блок датчиков угловых скоростей, 17 – радиовысотомер, 18 – усилительно-преобразовательное устройство рулевых приводов, 19 – блок рулевых механизмов, 20 – устройство предполетной подготовки, М1–М5 – информационные магистрали (например, интерфейсные магистрали мультимплексных каналов информационного обмена) [2].

Патент **RU 2 710 983 C1** «Способ многопозиционного наблюдения, контроля и управления над полетами пилотируемых и беспилотных авиационных систем в общем воздушном пространстве» относится к способу самоорганизующегося многопозиционного наблюдения, контроля и управления полетами пилотируемых и беспилотных авиационных систем (рис. 4). Для его реализации используют наземную службу контроля и управления за полетом летательных аппаратов, куда передают информацию о трафиках взаимного полета, аэронавигационные данные, пилотажно-навигационные характеристики каждого из летательных аппаратов, их идентификационные номера и координаты, параметры движения, вырабатывают команды управления трафиком полета. При потере связи с наземными службами летательный аппарат переходит в режим автономного полета, осуществляя связь с другими летательными аппаратами для корректировки полета. В случае потери управления летательным аппаратом технические данные передаются в службу пресечения несанкционированного полета. Обеспечивается повышение управляемости летательных аппаратов и безопасности их полетов.

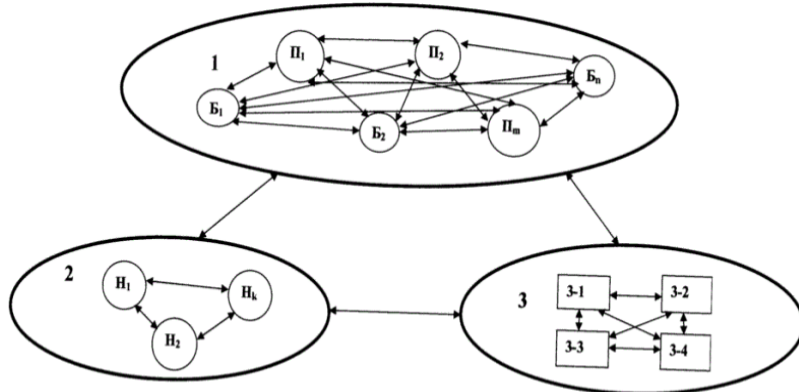


Рис. 4. Схема самоорганизующейся многопозиционной системы наблюдения, контроля и пилотируемых и беспилотных авиационных систем в общем воздушном пространстве

Пояснения к рис. 4: 1 – воздушная многопозиционная система наблюдения, использующая летательные аппараты, включающая сеть пилотируемых летательных аппаратов П1, П1, ..., Пn и беспилотных летательных аппаратов Б1, Б2, ..., Бn; 2 – наземные многопозиционные системы наблюдения, использующие распределенные наземные маяки Н1, Н2, ..., Нk; 3 – служба управления воздушным движением, использующая центр контроля и управления 3-1, центр анализа и обработки информации 3-2, центр приема и передачи информации 3-3; портал базы данных 3-4 [3].

С целью оценки сложившейся ситуации в области разработок заданного объекта техники был проведен анализ всей найденной и включенной в настоящий отчет релевантной документации (рис. 5).

Одним из базовых аналитических представлений при проведении исследований мировых трендов в рассматриваемой области является распределение числа публикаций по годам. Данное представление иллюстрирует динамику публикационной активности и позволяет оценить интерес компаний и/или физических лиц к разработкам в интересующей области. На рис. 6 приведена диаграмма публикационной динамики в области объекта исследований. Все публикации на графиках составлены по дате подачи заявки/приоритета.

МОЛОДЕЖНАЯ СЕКЦИЯ



Рис. 5. Динамика публикационной активности

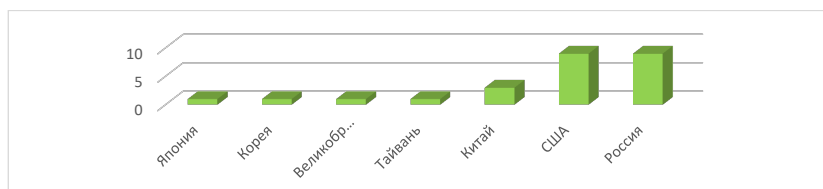


Рис. 6. География активности

Проанализировав диаграмму, можно сделать следующие выводы. Публикации по данной теме активно появляются с 2014 г. Это означает, что система беспилотной доставки в настоящее время считается актуальной. Наибольшей активностью в интересующей отрасли отличаются Российская Федерация и США, что говорит о заинтересованности российских и американских заявителей в освоении рынка (рис. 7).

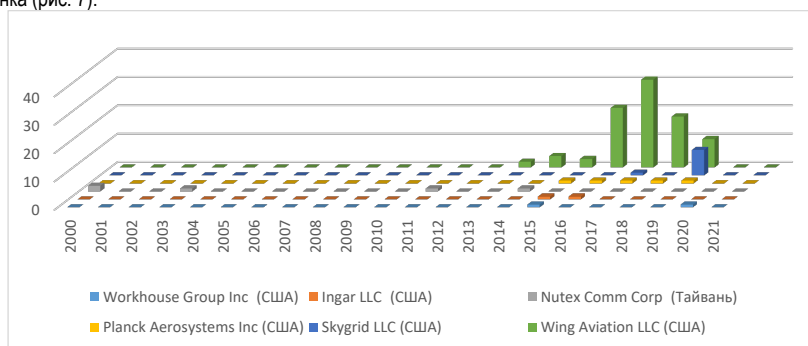


Рис. 7. График публикаций малых зарубежных патентообладателей (до 1000 патентов)

Среди зарубежных компаний, ведущих свою деятельность в рамках исследуемого направления техники, можно выделить следующие (рис. 8): Wing Aviation LLC (США), Toyota Motor Corp (Япония), Amazon Tech Inc (США), Workhouse Group Inc (США), Ingar LLC (США), Nutex Comm Corp (Тайвань), Wuxi Tongchun New Energy Tech (Китай), Planck Aerosystems Inc (США), Skygrid LLC (США), PayPal Inc (США). В Российской Федерации (рис. 9, 10) стоит отметить таких производителей, как ООО Инжиниринговая Компания «Велес», ООО «Аэроксо», МИНПРОМТОРГ России.

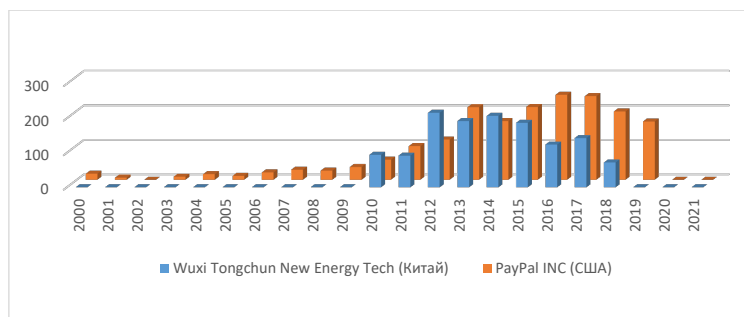


Рис. 8. График публикаций крупных зарубежных патентообладателей (от 1000 до 10000 патентов)



Рис. 9. График публикаций малых отечественных патентообладателей (до 1000 патентов)



Рис. 10. График публикаций крупных отечественных патентообладателей (от 1000 до 10000 патентов)

При выполнении исследования осуществлены поиск и анализ источников информации, относящейся к исследуемому объекту, отобраны наиболее информативные и релевантные документы, отражающие технический уровень в области создания систем беспилотной доставки грузов, произведен анализ сложившейся ситуации на мировом рынке.

Большинство найденных патентов посвящено разработкам в области систем и способов доставки грузов/товаров. Патенты, приведенные в отчете, преимущественно разработаны в таких странах, как США, РФ и Китай. Среди компании-патентообладателей можно выделить крупные корпорации Toyota Motor Corp (Япония) и Amazon Tech Inc (США). Данные технологии имеют большие перспективы, о чем свидетельствует значительное количество запатентованных решений и тенденции к их увеличению и совершенствованию.

Библиографический список

1. RU 2 734 927 C1 «Система точной доставки дронами с идентификацией личности получателя» / Сулейманов Р. М. 18.02.2020.
2. RU 107 601 U1 «Система управления беспилотным летательным аппаратом с комплексным устройством измерения высоты полета» / Каманин В. В., Симановский И. В., Юрескул А. Г. 21.02.2011.
3. RU 2 710 983 C1 «Способ многопозиционного наблюдения, контроля и управления над полетами пилотируемых и беспилотных авиационных систем в общем воздушном пространстве» / Ильин А. И. 26.03.2019.

В. В. Примаченко, М. В. Примаченко

ученики 10-го класса лицея № 144

И. С. Афанасьев – магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель**ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ PENTEST ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ****Введение**

Что такое пентестирование или тестирование на проникновение? Это процесс санкционированного взлома информационной системы по просьбе клиента с целью выявления слабых мест в ней. В этом заключается основное отличие данного процесса от реального взлома. Специалист (пентестер), получивший от клиента заказ на устранение неполадок во внешней сети, должен точно исследовать один узел за другим, даже если многие слабые места уже были найдены. Один и тот же тип хоста (оборудования) (например, 500 одинаковых рабочих станций) позволит пентестеру сделать тестовую выборку, но перескакивание через радикально отличающиеся системы недопустимо.

Тестирование на проникновение не является заменой удовлетворительного аудита ИБ, но это самый простой способ для клиентов выявить некачественные пентесты. Этот метод характеризуется особым взглядом на исследуемую систему. Пентестирование имеет дело с результатами, а не с причинами слабых мест ИБ. Зачем вообще проводить пентесты? Потому что они позволяют проанализировать, так ли хорош процесс ИБ, как мы думаем, так ли надежна система защиты и т. д. Поэтому он может показаться необходимой техникой для компаний, которые уже сделали соответствующие инвестиции в ИБ.

Мы разработали формулу для проведения пентеста: пентест = анализ + отчет и рекомендации + презентация.

Анализ – самая простая часть пентеста. Вы когда-нибудь смотрели фильмы про ИТ и видели, как эти парни врываются в ИТ-компанию посреди ночи? В реальности все часто бывает немного скучнее, но такой образ позволяет Pentest не придерживаться внутреннего корпоративного дресс-кода компании. Отчетность – важная часть процесса. Заказчик должен получить подробное описание всех успешных и неуспешных попыток проникновения, четкое объяснение слабых мест и рекомендации по их устранению. Последним компонентом является представление. Эта проверка на порядок выше любой другой в плане наглядности, особенно для неспециалистов. Это лучший способ указать руководству фирмы на слабые места ИБ в понятной для новичков форме.

Параметры тестов

Тесты можно классифицировать различными способами. Однако здесь мы сосредоточимся на тех, которые имеют практическое значение при организации пентеста. Простой пентест обычно включает контроль ИТ-инфраструктуры (например, привилегии администратора домена), но существуют и целенаправленные пентесты. Сеть банка может быть полностью захвачена в первый день, но, если последний фрагмент информации с конфиденциальными данными не пропадет, организация пройдет тест с блеском. Модель знаний системы определяет начальную позицию пентестера. Она варьируется от «белого ящика» с полной информацией о системе до «черного ящика» без какой-либо информации вообще. Существуют также промежуточные варианты «серого ящика», например когда пентестер имитирует поведение пользователя с ограниченными привилегиями.

Эти киберучения позволяют оценить, насколько уязвима система, развитие процессов ИБ и уровень взаимодействия между группами. Отличной контрмерой является имитация поведения хакеров и тренировка защитных систем. В этом случае специалисты по ИБ работают в замкнутом пространстве, а администраторы сосредоточиваются на обороне и реакции ИТ-системы, корректируют настройки и т. д. Например, смоделируйте ситуацию, когда злоумышленник уже проник в закрытый сегмент.

Методы тестирования на проникновение.

1. Внешнее тестирование – посторонний атакует извне и пытается получить удаленный доступ к системе.

2. Внутреннее тестирование – во время тестирования человек (с правами сотрудника компании) находит способ нанести вред системе изнутри.
3. Белый ящик – тестировщик обладает знаниями о системе.
4. Черный ящик (слепое тестирование) – тестировщик не имеет никаких знаний о системе. Может полагаться только на общедоступные данные.
5. Серый ящик – испытатель имеет частичные знания о системе.
6. Двойной слепой тест (двойной черный ящик, скрытый) – данный тип теста является секретным (даже от служб безопасности) и о нем знают 1–2 чел. Этот метод помогает обнаружить уязвимости, которые не могут быть обнаружены другими методами. При данном типе тестирования тестировщик должен иметь разрешение (работать легально) [1].

Виды атак

В информационной безопасности существует множество типов атак. Перечислим типы атак, часто используемые специалистами по ИБ.

Веб-атаки. Веб-ресурсы – это отдельный мир для специалистов по ИБ и для пентестирования. Мы предполагаем наличие различных веб-сайтов, определенных API, к которым можно получить доступ из сети, и т. д. В целом опыт показывает, что время, необходимое компании для оценки всего периметра, меньше, чем время, необходимое для оценки одного веб-сайта, особенно если он имеет интерактивные функции.

В настоящее время это направление одно из самых популярных в связи с развитием электронного бизнеса, в первую очередь банков, и большим количеством коммерческих операций в интернете. Основными последствиями атак на веб-ресурсы обычно являются компрометация данных из баз данных и возможность атаковать клиентов. При исследовании веб-ресурса в первую очередь необходимо проверить не только технические аспекты, но и саму логику и поведение бизнес-функций.

Например, иногда можно использовать чужие бонусные баллы при получении 99% скидки в интернет-магазине или немного изменить строку запроса к серверу в адресной строке, но мы не рекомендуем этого делать. Атаки на веб-ресурсы можно проводить внутри сети, и это самый короткий путь к администратору домена, так как большинство хакеров генерируют атаки сначала на инфраструктуру. В основном за экспертов берутся, когда нужно взять веб-ресурс и ничто другое не помогает.

Атака Wi-Fi. Атаку Wi-Fi часто называют внутренним пентестом, но это не так. При проведении пентеста Wi-Fi не всегда рассматривается как точка доступа к сети. Он часто используется для атаки на пользователей. Например, пентестер подъезжает к компании и разворачивает сеть с тем же именем (SSID), что и корпоративная сеть Wi-Fi. Сотрудник, желающий подключиться к известной сети, отправляет имя пользователя и пароль для домена, чтобы пройти аутентификацию в этой сети. Пентестер использует утечку информации для доступа к электронной почте пользователя, его личной информации и т. д.

Терминология пентестинга

Основными терминами, которые отличают пентестинг от реальных атак, являются уголовное право и этика. Как правило, пентестеры не могут атаковать клиентские системы, домашний компьютер сотрудника или базу данных телекоммуникационной компании. Прежде чем заказать пентест, подумайте о том, что пентестер, проводящий тест, будет иметь доступ к вашим данным и системам.

Основные дистрибутивы, используемые для тестирования на проникновение.

1. Kali Linux – самая популярная операционная система для пентестирования; написана на языке Debian. Включает около 100 инструментов для проведения пентестов для различных типов операций, таких как сканирование сети; криминалистический анализ; тестирование на проникновение; сбор информации; разное.

2. Parrot Security OS – одна из лучших ОС для проведения пентестов и криминалистического анализа. Эта ОС предназначена для профессионалов в области информационной безопасности и этичных хакеров. Основанная на Debian, Parrot Security OS предлагает огромное количество инструментов, а также имеет отличный графический интерфейс.

3. Backbox Linux основана на Ubuntu LTS. Окружение рабочего стола – XFCE. Хороший выбор для проведения пентестирования, поскольку включает популярные профессиональные инструменты в этой области, такие как: BurpSuite; NMAP; Armitage; SQL Map и др.

4. BlackArch Linux. В качестве основы используется Arch Linux; BlackArch Linux. Быстрая и простая ОС для пентестирования. Она подходит для элитных белых хакеров. Содержит около 2500 различных хакерских инструментов. Настольными средами являются Fluxbox и OpenBox [3].

Мы рассмотрели интересную тему пен-тестирования и узнали о его видах. Тестирование на проникновение – это попытка оценить безопасность реальной информационной системы с использованием контролируемой максимальной защиты, а также атаки на инфраструктуру и бизнес-процессы, попытки обнаружить и использовать уязвимости [3].

Библиографический список

1. Шкрадюк А. Д. Оценка безопасности информационных систем с помощью тестирования на проникновение. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-bezopasnosti-informatsionnyh-sistem-s-pomoschyu-testirovaniya-na-proniknovenie/viewer> (дата обращения: 19.03.23).

2. Топ-10 лучших дистрибутивов Linux для этичного взлома и пентеста в 2020 году // Habr.com. URL: <https://habr.com/ru/company/alexhost/blog/525102/> (дата обращения: 19.03.23).

3. Penetration Test по полочкам // JETINFO. URL: <https://www.jetinfo.ru/penetration-test-popolochkam/> (дата обращения: 19.03.23).

УДК 531.1:617-7

А. А. Приходский

студент кафедры электромеханики и робототехники

М. В. Сержантова – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ В РЕАБИЛИТАЦИОННОМ ОБОРУДОВАНИИ

Электромиография – это специализированный диагностический метод исследования мышечной активности, используемый для изучения функции мышц путем анализа электрических сигналов, исходящих от нервов и мышц в покое и при их активации [1]. Он позволяет оценить электрические сигналы, генерируемые скелетными мышцами во время их сокращения. Обычно используется для диагностики заболеваний, связанных с мышечной слабостью, болезней нервной системы и других патологий, которые могут изменять функцию мышц.

Основное электромиографическое оборудование состоит из электродов, соединительных кабелей, соединяющих электроды с усилителем сигнала, осциллографа и записывающего устройства. Для снятия показаний можно использовать игольчатые или поверхностные электроды, поскольку они просты в применении и безболезненны.

Электромиограмма (ЭМГ) (мио – мышца, графо – пишу) – это регистрация электрических сигналов мышцы или группы мышц. Электрические сигналы записываются при помощи специальных датчиков, расположенных на поверхности кожи, или электродов, вводимых в мышцу.

В состоянии покоя мышцы не проявляют электрической активности, но при выполнении какой-либо работы она проявляется в виде изменения электрического потенциала (как внутри мышцы, так и на поверхности кожи), и величина такого потенциала может быть зарегистрирована. Снятие показаний проводится с помощью электродов, которые вводятся в мышцы или прикрепляются к поверхности кожи. В процессе сокращения мышцы электроды регистрируют электрический сигнал, который передается на прибор, где происходит его анализ и запись.

ЭМГ может использоваться для диагностики таких заболеваний, как мышечная дистрофия, миастения гравис, полиомиелит, болезнь Паркинсона, амиотрофический боковой склероз и другие патологии, связанные с мышечной слабостью и нарушением мышечной координации. Электромиография также может использоваться для оценки эффективности лечения и реабилитации после травм и операций, связанных с мышцами и нервами.

Процедура ЭМГ безболезненна, но может вызывать некоторый дискомфорт из-за введения электродов в мышцы или на кожу. Однако этот метод является очень эффективным инструментом для диагностики и оценки функции мышц и нервной системы.

Основная единица мышцы – мышечное волокно. Когда мышца активируется, мышечные волокна работают группами, поскольку каждый двигательный нейрон образует связи сразу с несколькими мышечными волокнами. Такое соединение между двигательным нейроном и группой мышечных клеток называется двигательной единицей (ДЕ). Они могут либо активироваться для создания строго дозированной силы, либо оставаться неактивными; сила, создаваемая ДЕ, модулируется путем изменения частоты их сокращения. В среднем она составляет от 8 до 15 импульсов в секунду, но может варьироваться от 5 до десятков импульсов в секунду [1].

Электрические сигналы во время мышечной деятельности генерируются следующим образом: после получения нервного импульса двигательной единицей происходит деполяризация мембраны мышечного волокна (в течение 0,5 мс). Деполяризация мембраны происходит из-за перемещения внутрь ионов Na^+ . Процесс деполяризации распространяется в обе стороны мышечной клетки со скоростью 2–6 м/с (рис. 1). Электроды, расположенные в этом поле, регистрируют потенциал мышечных волокон. Когда электроды располагаются вдоль мышечных волокон, электрический сигнал становится биполярным, причем знак первой волны зависит от положения электрода относительно волокон.

Поверхностная электромиография – это неинвазивный метод, используемый для измерения электрической активности скелетных мышц [2]. Он включает размещение электродов на коже над ин-

тересующей мышцей и запись электрических сигналов, генерируемых мышечными волокнами. Эти сигналы можно анализировать, чтобы получить представление о мышечной функции, паттернах активации и нервно-мышечном контроле.

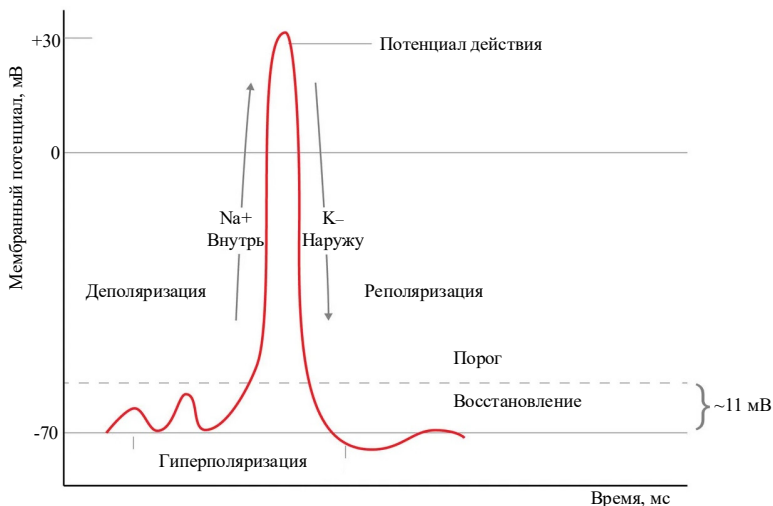


Рис. 1. Процессы, протекающие в мембране мышечного волокна

Существует несколько типов электродов, используемых для записи электромиографии.

Одноразовые электроды Ag/AgCl – наиболее распространенный тип электродов (рис. 2), используемых для записи ЭМГ. Они просты в использовании и относительно недороги. Состоят из круглой металлической пластины с проводящим гелем или пастой, которую помещают на кожу над мышцей. Гель или паста помогают улучшить электрический контакт между электродом и кожей, что, в свою очередь, повышает точность регистрации.

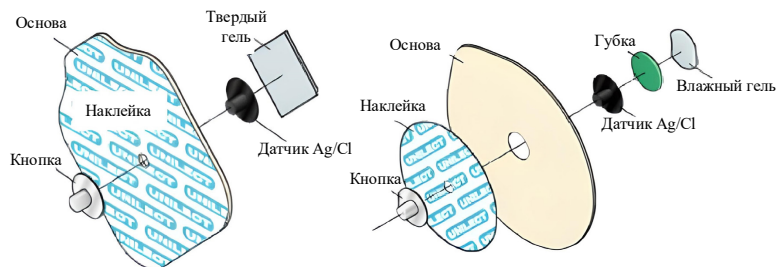


Рис. 2. Структура одноразового электрода

Сухие электроды – еще один тип электродов, используемых для снятия показаний (рис. 3) [3]. Не требуют нанесения геля или пасты на кожу. Вместо этого они обычно полагаются на специальное покрытие электрода, которое улавливает электрические сигналы от мышц. Это может сделать их более удобными в использовании, так как нет необходимости наносить и удалять гель или пасту.



Рис. 3. Сухой электрод MYO v1.4

Игольчатые электроды представляют собой третий тип электродов, используемых для записи ЭМГ. Они вставляются непосредственно в мышечную ткань для записи сигналов. Обычно используются в диагностических целях.

Игольчатые электроды точно регистрируют сигналы малой амплитуды. Тонкая проволока прикреплена к оси иглы. Площадь поверхности оси иглы определяет объем мышцы, к которой прикрепляется электрод. Обычно иглы ЭМГ могут регистрировать с полушария радиусом 1 мм. Этот 1 мм может покрывать около 100 мышечных волокон. Записанные нервные и мышечные потенциалы передаются на усилители для увеличения размера до миллиона раз [4].

Таким образом, существует несколько различных типов электродов, которые можно использовать для получения электромиограммы, каждый из которых имеет преимущества и недостатки. Выбор типа электрода будет зависеть от конкретного применения и предпочтений пользователя.

Электромиография может быть использована для управления экзоскелетом, который помогает людям с ограниченными двигательными возможностями перемещаться и выполнять задачи, которые ранее были недоступны. Для этого с помощью ЭМГ электроды размещаются на коже над мышцами, которые будут использоваться в целях управления (рис. 4). Когда мышцы сокращаются, изменяется электрическая активность, которая может быть зарегистрирована с помощью этих электродов. Сигналы ЭМГ затем передаются в компьютер, который анализирует их, чтобы определить, какую команду нужно отправить экзоскелету.

Применение ЭМГ для управления экзоскелетом позволяет пользователям естественным образом управлять своими движениями, что повышает мобильность и самостоятельность пациентов. Такое устройство может успешно использоваться для восстановления функций человека после травмы или инсульта.

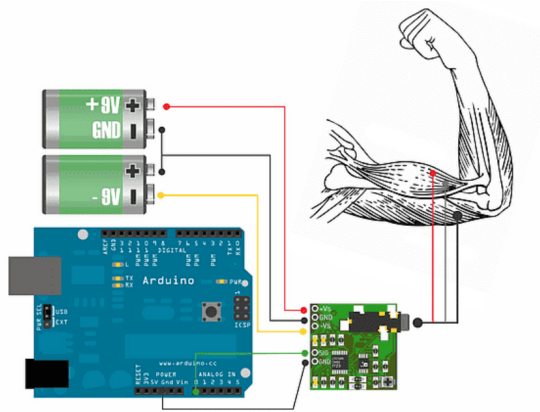


Рис. 4. Схема подключения датчика к контроллеру Arduino

Одним из последних достижений в мире медицинских технологий является разработка управляемого ЭМГ ортопедического экзоскелета (механотерапии) для восстановления верхних конечностей. Это устройство способно дать пациентам с параличом или после перенесенных травм возможность быстро и успешно реабилитироваться.

Приведем пример кода для контроллера Arduino, позволяющий управлять сервоприводом с помощью датчика.

```
#include <Servo.h>

//Порог для управления серводвигателем с мышечным датчиком.
//Вы можете установить порог в соответствии с максимальным и минимальным значениями дат-
чика мышц.
#define THRESHOLD 250

//Номер контакта, к которому подключен датчик. (Analog 0)
#define EMG_PIN 0

//Номер контакта, к которому подключен сервопривод. (Digital PWM 3)
#define SERVO_PIN 3

//Определение серводвигателя
Servo SERVO_1;

void setup(){

//BAUDRATE устанавливает серийный номер монитора.
//Используется эта скорость передачи данных и параметр «NL&CR» для правильной визуализа-
ции значений
Serial.begin(9600);
//Установка серводвигателя на digital pin 3
SERVO_1.attach(SERVO_PIN);
}

void loop(){
//Считывание значение с аналогового вывода, к которому подключен датчик.
int value = analogRead(EMG_PIN);

//Если значение датчика больше порога, серводвигатель повернется на 170 градусов.
if(value > THRESHOLD){
SERVO_1.write(170);
}
//Если значение датчика меньше порога, серводвигатель повернется на 10 градусов.
else{
SERVO_1.write(10);
}
//Вы можете использовать последовательный монитор, чтобы правильно установить порог, срав-
нивая значения, отображаемые при сжатии и расслаблением руки.
Serial.println(value);
}

Пример кода для проведения ЭМГ и анализа полученных данных на языке Python:
import numpy as np
import scipy.signal as signal
# Загрузка данных из файла
data = np.loadtxt('emg_data.txt', delimiter=',')
```

```
# Фильтрация данных
fs = 1000 # Частота дискретизации
lowcut = 10 # Нижняя частота среза фильтра
highcut = 500 # Верхняя частота среза фильтра
order = 4 # Порядок фильтра
nyq = 0.5 * fs
low = lowcut / nyq
high = highcut / nyq
b, a = signal.butter(order, [low, high], btype='band')
filtered_data = signal.filtfilt(b, a, data)
# Анализ данных
rms = np.sqrt(np.mean(filtered_data**2))
mean_amp = np.mean(np.abs(filtered_data))
print('RMS: ', rms)
print('Mean Amplitude: ', mean_amp)
```

В последнем случае можно загрузить данные ЭМГ из файла, провести фильтрацию данных и проанализировать результаты путем расчета корня из среднеквадратичного значения и среднего абсолютного значения.

В дальнейшем будет разработан ортопедический экзоскелет, который представляет собой носимое устройство, закрепленное на плече и предплечье. Он питается от батарей и использует сигналы электромиографии от мышц пользователя для управления движением экзоскелета. Устройство разрабатывается, чтобы помочь пациентам, которые потеряли способность пользоваться руками из-за таких состояний, как инсульт, травма локтевого сустава или церебральный паралич.

Библиографический список

1. Команцев В. Н. Методические основы клинической электро-нейромиографии, СПб., 2006. 362 с.
2. Метод поверхностной электромиографии: роль и возможности при разработке экзоскелета (обзор) / Н. Н. Рукина, А. Н. Кузнецов, В. В. Борзиков [и др.] // Современные технологии в медицине. 2016. Т. 8, № 2. С. 109–118.
3. ЭМГ, ЭКГ и ЭЭГ датчики. URL: <https://www.elemyo.com/ru> (дата обращения: 12.03.2023).
4. Съем и обработка биоэлектрических сигналов: учеб. пособие / К. В. Зайченко, О. О. Жаринов, А. Н. Кулин [и др.]; под ред. К. В. Зайченко. СПб.: ГУАП, 2001. 140 с.

УДК 621.311

Е. А. Прудников

ученик 10-го класса лица № 144

А. В. Задорожный – студент кафедры управления в технических системах – научный руководитель**СОВРЕМЕННЫЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ****Список сокращений**

ВЭУ – ветроэнергетическая установка

ВЭС – ветроэлектростанция

Введение

На сегодняшний день невозможно представить мир без электричества, но большую ее часть получают за счет невозобновляемых источников энергии, резерв которых сокращается в геометрической прогрессии. Опираясь на наблюдения экспертов, можно сказать, что запаса угля хватит еще примерно на пять веков, а нефти и газа – на один. В связи с этим ученые обратили внимание на возобновляемые источники энергии. Их использование позволит обеспечить энергобезопасность страны, снизить вредное воздействие на окружающую среду и сэкономить запас угля, нефти и газа. Энергия ветра доступна практически в любой стране и не зависит от колебания цен на ископаемое топливо, запасы которого неуклонно сокращаются.

Одно из самых развивающихся и многообещающих направлений возобновляемой энергии – энергия ветра. Ветроэнергетика – это отрасль энергетики, которая специализируется на использовании кинетической энергии ветрового потока. Развитие современных технологий способствовало тому, что за последние десятилетия стоимость ВЭУ, расходы на их установку и обслуживание значительно снизились. ВЭУ представляет собой набор оборудования (рис. 1), в состав которого входят: ветрогенератор, провода, аккумулятор, инвертор, коммутационное оборудование и прочие устройства.



Рис. 1. Набор оборудования в ВЭУ

Типы ветроэлектростанций

ВЭС – несколько ветроэнергетических установок, собранных в одном или нескольких местах и объединенных в единую сеть.

ВЭС классифицируются по разным основаниям.

1. Функциональность: мобильные (рис. 2, а); стационарные (рис. 2, б).
2. Расположение: наземные (рис. 3, а); прибрежные (рис. 3, б); шельфовые (рис. 3, в); плавающие (рис. 3, г).
3. Тип конструкции: роторные (рис. 4, а); крыльчатые (рис. 4, б).
4. Мощность: малые (рис. 5, а); средние (рис. 5, б); крупные (рис. 5, в); сверхкрупные (рис. 5, г).



а



б

Рис. 2. Классификация ВЭС по функциональности: а – стационарные, б – мобильные



а



б



в



г

Рис. 3. Классификация ВЭС по расположению:
а – наземные, б – прибрежные, в – шельфовые, г – плавающие

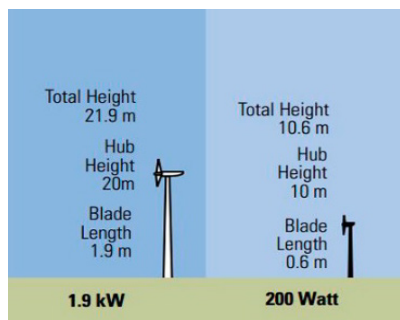


а

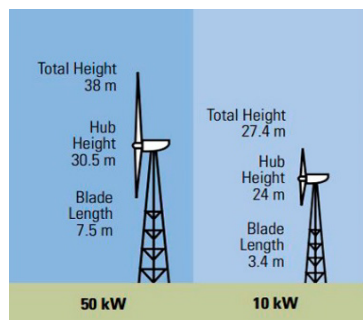


б

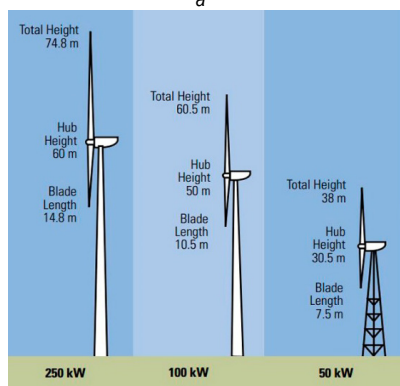
Рис. 4. Классификация ВЭС по типу конструкции: а – роторные, б – крыльчатые



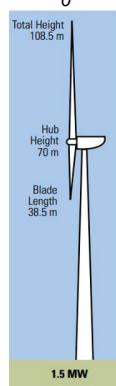
а



б



в



г

Рис. 5. Классификация ВЭС по мощности: а – малые, б – средние, в – крупные, г – сверхкрупные

Ветроэнергетика в России

Ветроэнергетика считается сформировавшимся и развивающимся направлением возобновляемой энергетики. Но Российская Федерация, невзирая на ветроэнергетические возможности и присутствие более 65% земель, никак не охваченных единой энергетической сетью, находится у истоков данного направления. Государственная помощь доступна только объектам с необходимой степенью локализации оборудования и конкурентоспособными удельными капитальными расходами. Для выполнения данных условий требуется формирование новых либо переоснащение существующих промышленных компаний с целью изготовления на территории Российской Федерации технического оснащения для ветроэнергетики [1].

Невзирая на серьезное развитие европейских стран в области ветроэнергетики, в Российской Федерации это течение не имеет обширного распространения. В нашей стране находятся одни из самых ветреных районов в мире, например: Обская губа, прибрежная полоса Дальнего Востока, Сахалин, Якутия. Учитывая этот факт, можно смело сказать, что у России есть все условия для того, чтобы твердо закрепиться на этом рынке [2].

Многообещающим районом в плане освоения альтернативной энергетики считается Северо-Западный федеральный округ. Здесь преобладают суровые природно-климатические условия: низкие температуры воздуха, сильные ветра, наличие полярного дня и полярной ночи, достаточно продолжительный зимний период. Из-за того, что населенные пункты расположены далеко друг от друга, а транспортировка топлива не оправдывает себя с экономической стороны, затрудняется традиционное энергоснабжение. Поскольку экологическую обстановку в данной местности невозможно назвать благополучной, то шаги по замещению традиционных генерирующих мощностей считаются многообещающими, а порой даже требуемыми [3].

Преимущества и недостатки

Для ветроэнергетики характерны преимущества, которые присущи для альтернативной энергетики в целом:

- 1) отсутствие загрязнения окружающей среды;
- 2) возобновляемость;
- 3) низкая стоимость эксплуатации;
- 4) возможность установки станций в короткие сроки в местах, лишенных других источников электрической энергии;
- 5) незначительное место для установки;
- 6) простота обслуживания;
- 7) стоимость энергии ниже, чем у полученной на ГЭС, АЭС [4].

Кроме достоинств, ветроэнергетика имеет ограничения и недостатки:

- 1) уровень шума в непосредственной близости от ВЭС мощностью более 100 кВт превышает 50 дБ. На расстоянии от 300 м шум снижается;
- 2) вокруг ВЭС возникает опасный инфразвук частотой 6–8 Гц, который вызывает вибрацию. Она способствует дребезжанию стекол, посуды, что вызывает определенный дискомфорт у потребителя;
- 3) вред для птиц, летающих насекомых;
- 4) необходимость расположения установок в определенных районах с высокой интенсивностью ветра;
- 5) выводение из эксплуатации земель, которые могли бы использоваться в других видах хозяйственной деятельности;
- 6) относительно высокие удельные инвестиции в ветроэнергетические проекты по сравнению с традиционными отраслями энергетики, работающими на ископаемом топливе [5].

Ветроэнергетика является нерегулируемым источником энергии. Выработка энергии зависит от ветра, отличающегося непостоянством. Соответственно, выдача электроэнергии с ветрогенератора в энергосистему характеризуется большой неравномерностью как в суточном, так и в недельном, месячном, годовом и многолетнем разрезе.

Современная ветроэнергетика имеет ряд проблем, которые негативно влияют на повышение эффективности энергосбережения. Наиболее актуальные из них следующие:

- обеспечение продолжительного функционирования ветроэлектрических агрегатов;
- обеспечение эффективного использования энергии ветра;
- стабилизация частоты электроэнергии, которую вырабатывают ветроустановки.

Также с ростом доли возобновляемых источников энергии приобретает важное значение качество энергии, которую они поставляют в сеть. Эта проблема особенно актуальна для ветровых генераторов, поскольку скорость ветра является очень нестабильной величиной, а без качественного регулирования нестабильной оказывается и выходная мощность ветрогенератора [6].

Актуальность развития направления

Сейчас во всем мире наблюдается повышенный интерес к использованию нетрадиционных возобновляемых источников энергии в различных отраслях экономики. Ведутся постоянные дискуссии о выборе пути развития энергетики. Это связано с растущей необходимостью охраны окружающей среды и истощением ископаемых природных ресурсов.

Крупные ветряные электростанции включаются в общую сеть, а менее крупные используются для снабжения электричеством удаленных районов. В отличие от ископаемого топлива, энергия ветра практически неисчерпаема, повсеместно доступна и более экологична. Разработка проектов, связанных с ветроэнергетикой, является перспективным направлением в настоящее время.

Необходимо дальнейшее централизованное планирование, с тем чтобы стимулировать инвестиции в использование возобновляемых, менее загрязняющих окружающую среду видов энергии, таких как ветроэнергетика. Логично было бы, если бы хотя бы 1% ежегодного бюджета ядерных исследований и разработок в настоящее время использовался для содействия развитию НИОКР в ветроэнергетике.

Библиографический список

1. Рыбушкин Н. А., Самигуллин Т. А., Хакимов А. Р. Нужна ли ветроэнергетика России // Современные тенденции развития науки и производства: сб. матер. III Междунар. науч.-практ. конф. Кемерово, 2016. С. 157–160.
2. Данейко А. П. Перспективы развития ветроэнергетики в России // Введение в энергетику: сб. матер. II Всерос. (с междунар. участием) молодеж. науч.-практ. конф. Кемерово, 2016. С. 81.
3. Малинина Т. В., Смирнов Д. С. Перспективы развития ветроэнергетики в Северо-Западном регионе РФ // Неделя науки СПбПУ: матер. науч. конф. с междунар. участием. СПб., 2016. С. 286–288.
4. Энергия ветра: преимущества и недостатки. URL: <http://electricalschool.info/energy/1539-jenergija-vetra-preimushhestva-i.html> (дата обращения: 20.03.2023).
5. Нечаев И. С., Шонина Д. Е. Особенности и проблемы развития ветровой энергетики // Молодой ученый. 2019. № 15 (253). С. 44–46.
6. Безруких П. П., Безруких П. П. (мл.), Грибков С. В. Ветроэнергетика: справ.-метод. издание / под общ. ред. П. П. Безруких. М.: Интехэнерго-Издат: Теплоэнергетик, 2014. 299 с.

УДК 620.9

А. С. Пыжов

ученик 10-го класса лицея № 144

Т. Д. Куликова, К. О. Шаронов – студенты кафедры управления в технических системах – научные руководители**МОДЕЛЬ ОХРАННОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ**

Существует несколько типов сигнализаций: автономная охранная сигнализация, пультовая охранная сигнализация, сигнализация, подключенная к телефонной линии, GSM-охранная сигнализация. В данной работе рассматривается система охранной безопасности с использованием технологий интернета вещей. Она позволяет полностью обезопасить дом, как от животных, так и от злоумышленников. Благодаря данной охранной системе вы сможете находиться дома в полном спокойствии при любых обстоятельствах. И когда вы собираетесь в путешествие, вам не нужно тратить деньги на охрану вашего дома. Технологии интернета вещей все сделают за людей, и вы будете спокойны за безопасность своего дома.

Структура охранной системы

Современная охранная система представляет собой центр управления, являющийся ключевым звеном. К нему подключается вся система интернета вещей (рис.1). Модули подключаются по кабелю или по WI-FI. Они делятся на три типа, которые представлены ниже [1]:

- модули управления – пульты, мобильные приложения, управление по GSM-командам;
- модули тревоги – сирены, GSM-передатчики;
- модули безопасности – датчики, камеры, замки.

Умный дом – это охранная система с тем же центром управления и разными модулями. Основные функции умного дома: управление внешним освещением; управление бассейном и баней; управление системой вентиляции; управление воротами; управление жалюзи, маркизами; управление системой орошения; управление электроприборами; управление системой оттаивания льда; поддержание температуры; контроль входа; слежение за территориями; информирование хозяев в случае потенциальной опасности; обнаружение утечки газа; обнаружение утечки воды. Все это соединяется по протоколу ZigBee или WI-FI.



Рис. 1. Модель охранной системы

Приложения контроля

Чтобы проследить за домом дистанционно, необходимо установить приложение на телефон. В зависимости от установленных систем приложения могут сильно отличаться друг от друга, а иногда требуется несколько разных. Например, установлена охранный система Ajax и отдельная камера Xiaomi, значит, нужны приложения Mi Home (рис. 2) и Ajax Security System (рис. 3).



Рис. 2. Логотип приложения Mi Home



Рис. 3. Логотип приложения Ajax Security System

Настраивать приложения для контроля просто. Нужно зайти в магазин приложений телефона, найти подходящий софт и установить его. После этого можно добавлять устройства. Более быстрый способ – через QR-код на каждом умном устройстве. Если у вас нет возможности посмотреть код на обороте, то всегда можно настроить через кнопку на корпусе. Датчики присоединяются таким же образом. В приложении можно посмотреть журнал событий. При срабатывании датчика на телефон приходит sms.

Каждое устройство в системе обладает своим набором функций. Например, у камеры Xiaomi Mi 360° Home Security Camera 2K Pro, помимо простого просмотра, можно крутить само устройство и видеть на календаре журнал обнаружения тех или иных лиц [2].

Как же обезопасить дом? Для этого нужны:

- умные камеры с распознаванием лица по периметру участка;
- датчики движения;
- датчики разбития стекла;
- датчики взлома.

После установки перечисленных датчиков и камер мы подключаем приемно-контрольную панель к GSM-модему и роутеру. В итоге можно уехать далеко от дома и совсем не беспокоиться о его безопасности. Как только злоумышленники попытаются проникнуть в дом, система безопасности умного дома сообщит это (на телефон придет sms). Также с помощью GSM-модема технология умного дома сама сможет вызывать все нужные спецслужбы (если вы не прочтаете sms, которое придет на телефон). Таким образом, ваш дом становится неприступной крепостью.

Каким образом умный дом понимает, что происходит у вас дома?

Некоторые из умных камер Xiaomi (рис. 4) имеют функцию не только распознавания лиц. Также они могут понять, что же именно происходит на охраняемом участке. Например, у вас есть домашний питомец, и он, решив побегать, разбил окно у вас дома. За всем этим наблюдает умная камера, она видит, что в доме нет посторонних и просто отправляет вам sms о том, что ваш любимый питомец разбил окно. Еще может быть такое, что у вас дома сквозняк, в результате чего упала какая-то вещь. Умная камера фиксирует это, обрабатывает данные и понимает, что дом в безопасности и не будет вас тревожить.



Рис. 4. Умная камера MI 360

Какой минимальный бюджет нужно потратить на систему умный дом? Минимальный комплект, чтобы обезопасить свой дом, включает: умную камеру (4 шт.); датчик движения (1 шт.); датчик разбития стекла (5 шт.). Одна умная камера Xiaomi стоит 4200 руб., датчик движения – 3 790; датчик разбития стекла – 7431; установка стоит 8 900 руб. Итого получаем 66645 руб. Цена достаточно высокая, но она гарантирует необходимую безопасность.

Заключение

Современные технологии поражают своими способностями. Они самостоятельно могут охранять дом и офис и просто сообщают вам об опасности. На сегодняшний день это совсем не дешево. Я искренне надеюсь, что в ближайшем будущем все больше людей смогут себе такое позволить.

Библиографический список

1. Как защитить дом или квартиру с помощью умных технологий. URL: <https://club-dns-shop.ru.turbopages.org/club.dns-shop.ru/s/blog/t-233-ohrannyye-kompleksyi/58410-kak-zaschitit-dom-ili-kvartiru-s-pomoschu-umnyih-tehnologii/> (дата обращения: 10.03.2023).
2. Камера MI 360. URL: <https://www.mi.com/ru/product/mi-360-camera-1080p/> (дата обращения: 15.03.2023).

УДК 620.9

К. М. Радьков

ученик 9-го класса лицея № 144

А. А. Михайлова – магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель**VR-ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

VR-технологии – интересное и перспективное направление. Они позволяют безопасно и беспрепятственно вести исследования, а также проводить учения для обслуживающего персонала. Не удивительно, что эту технологию стали применять и в электроэнергетике. VR используется для проверки систем, обучения нового персонала, а также установления пределов мощности используемых систем и оборудования. Рассмотрим понятие VR-технологий, актуальность, а также достоинства и недостатки определенных систем, приведем примеры использования VR в электроэнергетике и посмотрим, каким образом эта новая технология помогает повышать качество работы и сокращать временные затраты.

В наше время технологии VR (виртуальной и дополненной реальности) стали все более популярными в различных отраслях. Электроэнергетика не стала исключением. VR-технологии предоставляют возможность смоделировать различные сценарии и ситуации, что позволяет повышать эффективность работы и безопасность в данной отрасли.

VR-пространство играет важную роль в современной электроэнергетике. Эта технология помогает улучшить производственные процессы и повысить безопасность работников в энергетической отрасли. Рассмотрим несколько примеров использования VR-пространства в электроэнергетике.

1. Обучение.

VR-технологии используются для обучения специалистов в энергетической отрасли, что позволяет быстрее и эффективнее осваивать новые навыки и процедуры (рис. 1). Например, новому персоналу намного удобнее и безопаснее ремонтировать электросеть, находясь при этом в VR-пространстве, так как они не рискуют упасть с вышки, или получить электрический разряд [1].



Рис. 1. Применение VR-пространства в обучении

2. Моделирование.

Виртуальная реальность дает возможность создавать 3D-модели энергетических систем и их компонентов, в результате проводить детальные тесты и анализы без необходимости прерывать работу самой системы (рис. 2).

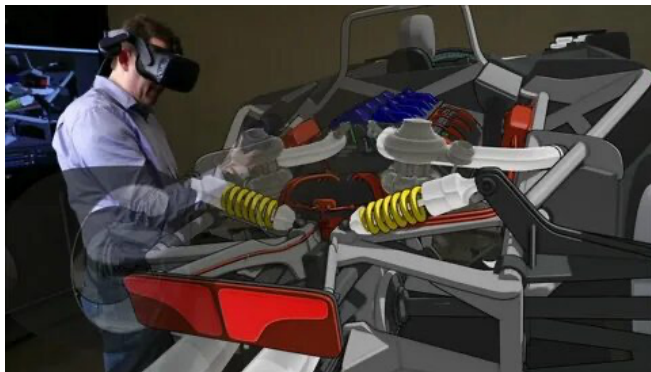


Рис. 2. Применение VR-пространства в моделировании

3. Симуляция аварийных ситуаций.

VR-пространство позволяет тренироваться в различных аварийных ситуациях без риска для жизни и здоровья персонала. Это позволяет повысить эффективность реакции на аварийные ситуации и сократить время на их устранение, например в VR-оборудовании сотрудники могут отладить действия при аварии на станции настолько, что при настоящей аварии у них даже не возникнет трудностей.

4. Дистанционное управление.

С помощью VR-технологий можно управлять системами энергетики или производственными объектами из любой точки мира (рис. 3). Это повышает гибкость и оперативность реагирования на изменения в производственных процессах и повышает эффективность работы в целом. Например, удаленное управление может помочь решить неполадку, при этом сотрудник может находиться в другой комнате, где ему ничего не угрожает [2].



Рис. 3. Применение VR-пространства в дистанционном управлении

Таким образом, VR-пространство имеет большое значение в электроэнергетике и является неотъемлемой частью современной технологии в этой области.

Существует несколько аналогов VR, которые могут использоваться в энергетической отрасли.

Первый аналог – системы симуляции. Они позволяют создавать виртуальные среды, в которых работники могут обучаться без опасности для жизни и учиться решать проблемы, которые могут возникнуть

никнуть в реальном мире. Это особенно полезно для обучения новых работников, которые не имеют никакого опыта работы с электричеством и энергетическими системами [3].

Системы симуляции имеют немало достоинств. Например, они позволяют без риска для жизни и здоровья проводить различные эксперименты и тренировки; создают реалистичные условия, которые помогают лучше понимать конкретные задачи и сценарии работы; ускоряют процесс обучения и сокращают время на безопасные испытания. Симуляторы могут быть доступны в любое время и любом удобном месте для пользователя. Эти системы могут существенно экономить затраты компаний на наем обучающихся курсов и выезды на места тренировок.

Однако качество обучения может отличаться от реальности, так как симулятор не всегда точно может воспроизводить настоящие условия. Использование систем симуляции может быть довольно дорогостоящим, требуя специального оборудования для работы. Некоторые процессы сложно или невозможно смоделировать в системе симуляции. Симуляторы предназначены для решения конкретных задач, поэтому не могут справиться с неожиданными сценариями. Не все работники и ученики могут быть одинаково эффективны в обучении с помощью систем симуляции, так как все люди разные и могут не чувствовать уверенности в ситуации во время работы в системе симуляции.

Второй аналог – системы виртуальных моделей (рис. 4). Они позволяют создавать детальные трехмерные модели энергетических систем и оборудования. Работники могут использовать эти модели для понимания структуры и функционирования системы, чтобы увидеть, как все компоненты связаны между собой.

Виртуальные модели имеют множество плюсов: позволяют увидеть объекты и сцены в 3D-пространстве и получать более реалистичское представление о проектируемом объекте; эффективны в проектировании сложных систем, где невозможно представить все связанные элементы; позволяют сохранять и анализировать различные версии проекта, сравнивать их и использовать модели для создания более сложных систем; упрощают коммуникацию между разными группами проектных и инженерно-технических специалистов; предоставляют возможность получить реалистичский вид будущего объекта и снижают риск различных ошибок на стадии проектирования; могут существенно сэкономить время и затраты на проектирование и тестирование объектов [3].

Однако создание качественной виртуальной модели требует много времени и средств. Виртуальная модель может не воссоздать абсолютно все аспекты объекта, что может привести к ошибкам в реальности. Виртуальные модели не могут учесть все возможные переменные, с которыми можно столкнуться в реальной жизни. Иногда виртуальные модели могут разрушать традиционные способы проектирования, что в свою очередь требует нового обучения персонала. Качество виртуальной модели зависит от того, насколько точен изначальный дизайн и насколько качественная информация подается в процессе работы.

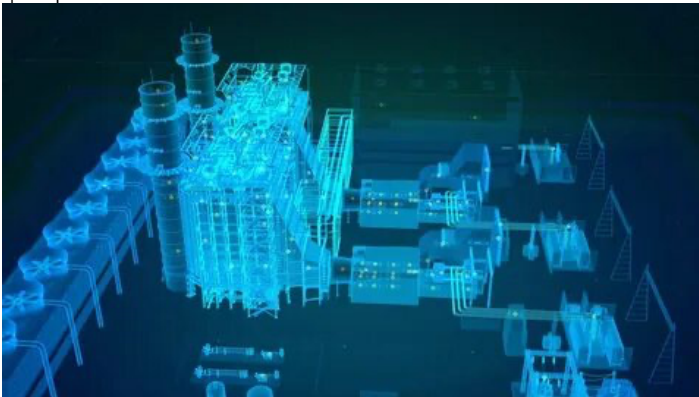


Рис. 4. Пример виртуальной модели

Третий аналог – системы удаленного управления. Они позволяют операторам и техническим специалистам дистанционно управлять оборудованием, минимизируя риск получения травм или ущерба оборудованию. Такие системы особенно полезны для операций на опасных объектах, таких как электростанции и подстанции [4].

Удаленное управление можно осуществлять из любой точки мира, где есть интернет. Это удобное решение для компаний, которые имеют филиалы в разных регионах или даже странах. Системы удаленного управления повышают эффективность работы организации, так как позволяют отслеживать и контролировать работу сотрудников. Они позволяют сократить расходы на командировочные расходы, аренду офисов и прочие затраты. Системы удаленного управления обеспечивают быстрое выявление проблем, настройки программного обеспечения и решения проблем в работе сети [2].

Однако при использовании удаленного управления возможны сбои в работе программного обеспечения, потери связи. Не всегда удается установить удаленное управление на все устройства компании, что приводит к тяжелым обстоятельствам при процессе всей работы. При использовании систем удаленного управления может возникнуть угроза безопасности информации. Не все задачи могут решаться удаленным управлением. Требуется постоянная настройка системы и мониторинг ее работы.

Один из наиболее распространенных примеров аналогов VR-пространства для электроэнергетики – CyberX, система безопасности для промышленных и энергетических систем, которая использует VR-симуляции, чтобы обучать работников эксплуатации электростанций. Этот пример демонстрирует, как виртуальная реальность может использоваться для обучения и улучшения безопасности работников в энергетической отрасли [5].

Таким образом, применение виртуальной реальности в электроэнергетике является актуальным направлением, которое позволит упростить обучение специалистов и набраться им опыта, обеспечить эффективное и точное исследование любых моделей, эффективное и удобное дистанционное управление во время аварийных ситуаций.

Библиографический список

1. *Джексон А. Д.* The VR book. Лондон: 1SPaблишнг, 2020. 300 с.
2. YouTube. URL: <https://www.youtube.com> (дата обращения: 22.03.2023).
3. Системы виртуальной реальности: учеб.-метод. пособие / сост. М. П. Осипов. Н. Новгород: Нижегород. гос. ун-т, 2012. 48 с.
4. Системы виртуальной, дополненной и смешанной реальности: учеб. пособие / А. А. Смолин, Д. Д. Жданов, И. С. Потемин [и др.]. СПб.: Ун-т ИТМО. 2018. 59 с.
5. *Булгаков Д. А., Никитин А. В., Решетникова Н. Н., Ситников И. А.* Разработка виртуальной и дополненной реальности: учеб. пособие / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. М. Б. Сергеева. СПб.: ГУАП, 2021. 77 с.

УДК 004.492

А. К. Ратникова

ученица 10-го класса лица № 144

П. А. Треполовский, В. И. Солодовников – магистранты кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ. ОБЗОР ПРАКТИКИ ПРИМЕНЕНИЯ

Введение

В XXI в. нет более ценного ресурса, чем информация. Люди хранят под своими паролями личные данные. Организации любых размеров с помощью технологий ведут бизнес. Удавшиеся атаки киберпреступников приводят к неутешительным результатам для их жертв: от элементарного финансового ущерба до компрометации данных, как самих компаний, так и их клиентов.

По этой причине множество людей и организаций преследуют цель защититься от подобного типа угроз, и для этого существует кибербезопасность – совокупность методов и практик предотвращения нежелательных утечек данных посторонним лицам и прочих действий, приводящих к ущербу в рамках цифрового пространства.

Типы угроз кибербезопасности

1. Вредоносное программное обеспечение.

Программа, устанавливаемая на компьютер киберпреступником, получившим доступ к сети, или же самим пользователем, по ошибке открывшим непроверенную ссылку или скачавшим вредоносный файл. Данный тип угрозы преследует цель изменения, шифрования содержимого файлов или же полное их удаление, получения доступа к конфиденциальным данным, личным аккаунтам, дальнейшей рассылки вирусов, червей, троянов, программ-шантажистов, программ-шпионов и прочих представителей вредоносного ПО.

2. Социальная инженерия.

Вид угрозы, когда преступник взаимодействует с пользователем напрямую. Злоумышленник маскируется под доверенное лицо, например друга, известный бренд, коллегу по работе, тем самым вынуждая человека сразу передать ему нужную информацию или скачать вредоносное ПО, последствия которого были описаны ранее. Фишинг – наиболее распространенный вид социальной инженерии, при котором используется массовая рассылка электронных писем и сообщений, призывающих к дальнейшему взаимодействию с преступником.

3. Внутренние угрозы.

Подобный вид нарушения кибербезопасности случается вследствие утечки данных напрямую от сотрудников компании. Такая угроза может возникнуть как нарочно, так и в результате невнимательности работника.

4. Целевая атака.

Этот тип кибератаки характерен тем, что пострадавшая сторона в течение продолжительного времени остается в неведении о свершенном правонарушении. Целью злоумышленника является похищение данных у крупных организаций, не вызывая защитных контрмер.

5. Атаки на цепочку поставок.

Данный метод получения доступа к системам компаний, чью систему кибербезопасности преступники взломать не смогли, заключается в поиске менее надежного звена компании или другой, менее защищенной организации. Компрометируя более доступную систему, злоумышленники получают доступ к цепочке поставок, тем самым продвигаются по ней вверх к организации, что являлась их изначальной целью (рис. 1).

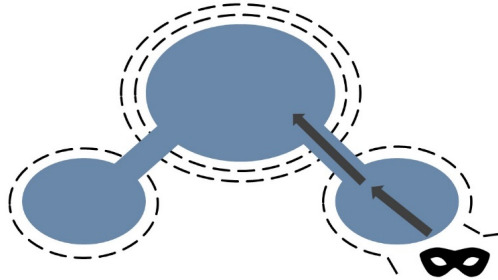


Рис. 1. Схематическое изображение атаки на цепочку поставок

Типы предотвращения угроз и программные средства

1. Инструменты тестирования на проникновение.

Такой способ предотвращения киберугроз заключается в идентификации уязвимостей в ПО и сетевых приложениях при помощи попыток атаковать вашу систему (рис. 2). Тем самым программа тестирует вашу защиту и указывает на существующую брешь. После выявления возможности несанкционированного доступа система будет исправлена [1].

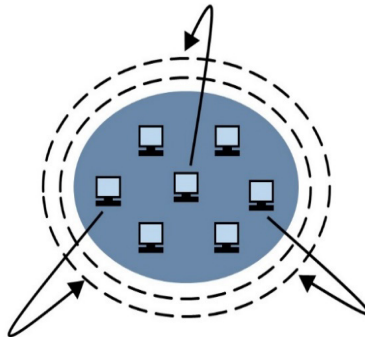


Рис. 2. Схематическое изображение тестирования на проникновение

Metasploit

Данный фреймворк создали на Ruby. Фреймворк – программная платформа, упрощающая разработку программ путем определения структуры проекта и интегрирования в него различных компонентов. За счет открытого исходного кода программу можно расширить, создать дополнительные настройки, тем самым адаптируя под большинство операционных систем. Также Metasploit может поддерживать несколько языков. Программа выявляет угрозы безопасности и при их устранении дает доступ к образцам кода для облегчения работы по исправлению уязвимости, что значительно облегчает задачу [2].

Kali Linux

Операционная система, содержащая инструменты для сканирования систем на наличие угроз безопасности. Наиболее популярные утилиты в данной ОС представляют собой взлом паролей методом перебора, поиск уязвимостей на сайтах и веб-приложениях, тестирование безопасности Wi-Fi се-

тей и т. п. За счет такого разнообразия и простоты использования Kali Linux является одним из наиболее распространенным инструментом кибербезопасности [3].

2. Шифрование.

При подобном способе борьбы с утечками информации данные шифруются, а это означает, что без наличия соответствующего ключа они доступны не будут (рис. 3.) Шифрование обычно используется для защиты личной информации пользователя или данных компании.

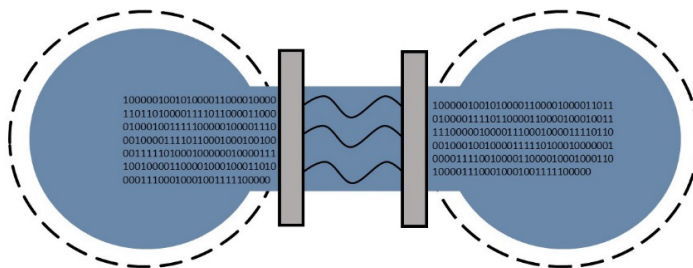


Рис. 3. Схематичное изображение шифрования данных

KeyPass

Менеджер паролей, который дает пользователю возможность использовать один мастер-пароль для доступа ко всем учетным записям. При этом программа генерирует надежные пароли и сама заполняет учетные записи только лишь после ввода основного пароля [4].

TrueCrypt

Программа с открытым исходным кодом для автоматического шифрования и дешифрования данных во время их считывания или записи. В процессе работы данного ПО участия пользователя не требуется. Программа сама способна шифровать разделы дисков, диски, в том числе системные, USB-флешки и прочие носители информации.

3. Сканирование веб-уязвимостей.

Подобный тип инструментов кибербезопасности представляет собой программное или аппаратное комплексное решение, которое выявляет угрозу с помощью диагностики и мониторинга сетевых компьютеров. Программа ищет, оценивает, исправляет и уведомляет об уязвимости защиты.

Nmap

Сетевой картограф с открытым исходным кодом, работающий в большинстве широко используемых ОС. Эта утилита была разработана для быстрого сканирования больших сетей, предоставляя специалистам обзор всех характеристик сети, таких как: хосты, подключенные к сетям, типы межсетевых экранов или фильтров пакетов, развернутых для защиты сети и работающую ОС.

Paros Proxy

Приложение Java, проводящее анализ работы пользователя с сетью. Paros Proxy представляет собой сервер-посредник между пользователем с его запросами и целевым web-сервером. Собирая полезные данные из целевого web-узла, программа предоставляет их администратору для анализа.

Заключение

Цель кибербезопасности заключается в том, чтобы незамедлительно реагировать на каждую новую угрозу, создавая программу противодействия. Поэтому знать современные и надежные средства кибербезопасности полезно даже обычному пользователю, чтобы защитить свои конфиденциальные данные. Сохранность информационных ресурсов также является ведущей задачей большинства организаций, при провале которой компании может быть (будет) нанесен существенный ущерб. Представив все риски при нарушении информационной безопасности, можно прийти к выводу, что актуальность и важность кибербезопасности высока как никогда и будет только расти с течением времени.

Библиографический список

1. Список программных средств. URL: <https://portscaner.ru/network/cybersecurity-tools-2021.html> (дата обращения: 20.03.2023).
2. Обзор на инструменты для обеспечения кибербезопасности. URL: <https://clickfraud.ru/8-luchshih-programmyh-instrumentov-dlya-obespecheniya-kiberbezopasnosti-v-2022-godu/> (дата обращения: 20.03.2023).
3. Типы угроз кибербезопасности. URL: <https://www.microsoft.com/ru-ru/security/business/security-101/what-is-cybersecurity> (дата обращения: 20.03.2023).
4. Понятие кибербезопасности. URL: <https://www.kaspersky.ru/resource-center/definitions/what-is-cyber-security> (дата обращения: 20.03.2023).

УДК 538.945.9

Н. И. Розанов

ученик 10-го класса лица № 144

А. Д. Колесова – магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ,
ПРИМЕНЯЕМЫХ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЯЕМОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА****Список сокращений**

УТС – управляемый термоядерный синтез
Токамак – тороидальная камера с магнитными катушками
ТРТ – токамак реакторных технологий
ITER (ИТЭР) – International Thermonuclear Experimental Reactor – Международный термоядерный экспериментальный реактор
ВТСП – высокотемпературный сверхпроводник
НТСП – низкотемпературный сверхпроводник
ОТП – обмотка тороидального поля
ОПП – обмотки полоидального поля

Введение

В XXI в. развитие человечества напрямую связано с возрастающими потребностями в энергопотреблении. Ежедневно перерабатываются килотонны органических веществ для получения энергии, ведь как бы не люди ни боролись за экологию, схожего выхода энергии и легкости в переработке современные виды «экологичных» энергетических установок достичь неспособны. Конечно, существует ядерная энергетика, но только совсем недавно была решена проблема переработки отходов ядерного топлива, а необходимый для реакций уран также не отличается широкой распространенностью. На этом фоне термоядерная энергетика имеет множество привлекательных сторон.

Во-первых, ресурсная база основана на стабильном изотопе водорода – дейтерии, а это значит, что проблема добычи полностью отсутствует, поскольку промышленное производство дейтерия было отработано еще в XX в. в связи с его применением в ядерных реакторах. Во-вторых, по оценкам Евросоюза, стоимость электроэнергии термоядерных электростанций находится в интервале 3–5 евроцентов/кВт·ч в оптимистическом варианте расчетов и повышается до 5–7 евроцентов/кВт·ч в вариантах расчетов, параметры которых близки к физическим параметрам ITER. Самая высокая цена 9 евроцентов/кВт является также вполне конкурентной, особенно при учете налога на сжигание угля, который был введен для ограничения промышленных выбросов в атмосферу. Или, например, при сжигании нефти и газа, которые являются более энергоемкими источниками топливами, цена может серьезно разниться от страны проживания, региона проживания и политической ситуации. В то же время источником невозобновляемых энергетических ресурсов, проблемы с экологией, вызванные выделением CO₂ в атмосферу, заставят обратиться к безопасным и экологичным термоядерным электростанциям. Также стоит не забывать, что строительство термоядерных энергетических установок возможно даже там, где в силу географических или климатических условий строительство АЭС не представляется возможным [1].

В данный момент Российская Федерация не только принимает участие в создании ИТЭР, но и вкладывается в создание отечественных установок типа токамак. Например, в ноябре 2022 г. представитель Росатома рассказал, что передовая установка типа токамак (TRT) находится в активной разработке, и одним из ключевых нововведений будет электромагнитная система на основе высокотемпературных сверхпроводников. Они могут работать в очень сильных электромагнитных полях. По этому показателю оборудование для TRT будет превосходить даже те устройства, которые уже созданы для международного проекта термоядерного реактора ИТЭР. Если индукция магнитного поля ИТЭР на оси плазмы будет составлять около 5,3 Тесла, то в TRT этот показатель дойдет уже до 8 Тл. При этом заявляется, что отечественный аналог будет более компактным и дешевым [2].

Как уже говорилось, на нынешнем этапе разработки очень большая роль уделяется высокотемпературным сверхпроводникам. Поэтому необходимо понимать, что конкретно они из себя представляют, какие конкурентные преимущества имеют. Ведь применение технологий высокотемпературных сверхпроводников может ускорить процесс становления установок УТС на уровень промышленных, и, соответственно, привести к новому технологическому витку в энергетике.

Управляемый термоядерный синтез

Для начала необходимо понять, что такое термоядерный управляемый синтез, как он происходит, что такое плазма.

Управляемый термоядерный синтез – это процесс слияния легких атомных ядер, происходящий с выделением энергии при высоких температурах в регулируемых, управляемых условиях (сильное взаимодействие начинает преобладать над силами кулоновского отталкивания и в итоге соединяет их в одно более тяжелое ядро). Одним из способов преодоления кулоновского барьера является нагревание до полной ионизации, т. е. до состояния плазмы [3].

Плазма – четвертое агрегатное состояние вещества, кроме твердого, жидкого и газообразного. Она представляет собой ионизированный в той или иной степени газ с долей ионизированных атомов от 0,1 до 100% [4]. Так как плазма электропроводящая и магнито-контролируемая, то это дает возможность термоядерным установкам управлять протеканием термоядерной реакции.

Всего на данный момент существуют два наиболее перспективных метода удержания плазмы, в которых широко используются сверхпроводники.

1. *Квазистационарный метод* – использование магнитного поля обмоток для нагрева и удержания плазмы. В мире представлены несколько перспективных установок, использующих данный метод: токамаки, стеллараторы (торсатроны) и зеркальные ловушки. В данной работе будет рассмотрена установка типа токамак. Данная установка представляет собой тороидальную вакуумную камеру, на которую намотаны катушки для создания тороидального магнитного поля. С помощью индуктора в камере создают вихревое электрическое поле. Электрическое поле вызывает пробой газа, протекание тока и зажигание в камере плазмы. Протекающий через плазму ток разогревает ее и создает вокруг себя магнитное поле, называемое полоидальным. Наличие полоидального поля необходимо для стабильного удержания плазмы в такой системе.

2. *Инерциальный метод* заключается в быстром и равномерном точечном нагреве холодной дейтериево-тритиевой смеси. Существуют два основных типа инициации:

— *прямая*, когда лазеры взрывают саму холодную d-t-смесь. Во время взрыва плазма разлетается постепенно, будучи сдержанной инерциальными силами;

— *косвенная* – детонация структуры, окружающей таблетку d-t-смеси, лазером. Проходя через эту структуру, рентгеновские лучи равномерно облучают топливо, что приводит к более равномерному сжатию [3].

Для наглядной демонстрации применения ВТСП-проводов будем рассматривать квазистационарный метод удержания плазмы, а именно устройство типа «Токамак» как наиболее перспективное и финансируемое. Ранее в конструкции токамаков использовали исключительно «теплую» электромагнитную систему, как, например, в токамаках ГЛОБУС-М2 и Т-15МД. В настоящее время «теплые» обмотки достигли своего технологического предела, а применение сверхпроводников позволит существенно снизить энергозатраты на создание электромагнитных полей, позволяя многократно увеличить конструкционную плотность тока в обмотках.

Высокотемпературные и низкотемпературные сверхпроводники в области УТС

Что такое сверхпроводник?

Сверхпроводящее состояние – это состояние при котором сопротивление проводников исчезает, становится равным нулю, т. е. движение электронов происходит без трения. *Сверхпроводник* – это проводник, вошедший в сверхпроводящее состояние [5]. Такой переход возможен при достижении *критической температуры* (T_c) – температуры, при которой предельное поле (и, соответственно, электрическое сопротивление) принимает нулевое значение. При такой температуре достигается эф-

фект Мейснера и магнитное поле полностью вытесняется из сверхпроводника. Наглядное представление эффекта Мейснера представлено на рис. 1.

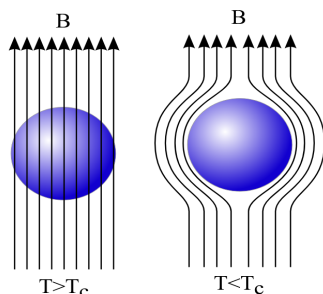


Рис. 1. Наглядное представление эффекта Мейснера

Сверхпроводники возбуждают внутри вещества магнитное поле, противоположное по направлению, но равное по показателям индукции внешнему, что позволяет им быть и диэлектриками, и идеальными проводниками одновременно [6].

Низкотемпературный сверхпроводник – это сверхпроводник, проявляющий свойство сверхпроводимости при относительно низких T_c . В основном при их использовании T_c составляет 4,2 K (температура жидкого гелия). НТСП, обычно использующиеся в установках, работают магнитных полях до 7 Тл (NbTi) и 12 Тл (Nb₃Sn) [7]. Также существуют V₃Ga ($T_c = 14,8$ K), Nb₃Ge ($T_c = 23,3$ K), Nb₃Al ($T_c = 18,9$ K), но в промышленных масштабах не используются [6].

Если необходимо разработать установку с индукцией магнитного поля на обмотке тороидального поля выше 12 Тл, то альтернативным решением замены НТСП-проводов будет ВТСП-провод. *Высокотемпературные сверхпроводники* представлены сложными оксидами Cu и Ba. ВТСП проявляет свойства сверхпроводимости при температуре кипения численно равной температуре жидкого азота и (70 K). При идеальных условиях индукция магнитного поля может достигать 20 Тл [7].

В итоге можно сделать вывод, что потенциалом для дальнейшего повышения характеристик электромагнитной системы до необходимого уровня обладают ВТСП-материалы, особенно если их использовать при пониженных температурах, вплоть до температуры жидкого гелия 4,2 K [7]. Соответственно, для ВТСП проще создать условия сверхпроводимости, так как критическая температура у ВТСП гораздо выше, чем у НТСП. Также современные ВТСП-материалы рассматриваются как ключевой элемент таких установок, так как позволяют увеличить индукцию магнитного поля в рабочем объеме, уменьшить размер и снизить стоимость [6].

ВТСП: первое и второе поколение

Среди ВТСП-проводов выделяют провода двух поколений. Провода первого поколения – это провода на основе серебряной матрицы с микроканалами, наполненными сверхпроводящей керамикой, (Bi–Sr–Ca–Cu–O и др.). Появились на рынке в 2000 г. и представлены проводами до 1,5 км. Их недостатками являются объемные теплопотери и механическая хрупкость. Конструкция провода второго поколения устраняет данные недостатки.

Второе поколение проводов представляет собой многослойную структуру, напыленную на ленту из нержавеющей стали. Отдельно стоит отметить оксид магния (II), который напыляется непосредственно на саму стальную ленту под углом 30–40°. Косое напыление создает на его поверхности сонправленные борозды. Они служат для ориентации кристаллов ВТСП-керамики, которая напыляется непосредственно на MgO. В качестве высокотемпературной сверхпроводящей керамики используется либо оксид барий-меди, либо оксид иттрия-бария-меди или же структурно схожие компоненты, толщиной менее 2 мкм [5].

На рис. 2 показано строение ВТСП-ленты второго поколения:

- магнетрон, в данном контексте имеется в виду магнетронное напыление серебра, оксида алюминия и оксида иттрия;
- хастеллой – наименование группы сплавов на основе никеля, имеющих высокую стойкость к коррозии;
- ReBCO – сверхпроводящий слой [7].

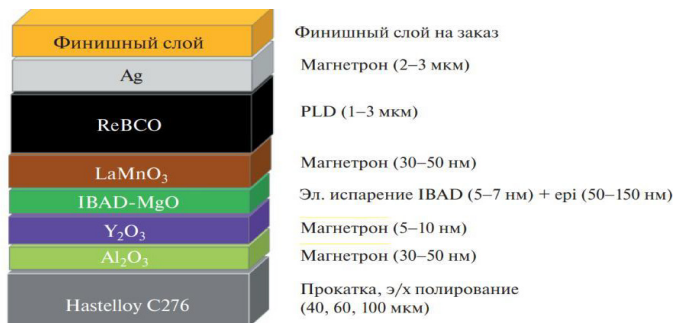


Рис. 2. Структура ВТСП-лента второго поколения

Варианты конструкции ВТСП-проводов

ВТСП-провод – сверхпроводящий силовой провод типа «кабель в оболочке», в конструкцию которого входят: сам высокотемпературный сверхпроводник, медная матрица, электрическая изоляция, каналы для прокладки охлаждающего агента и упрочняющие элементы, где площадь каждого элемента в поперечном сечении провода рассчитывается для каждого конкретного проекта (рис. 3).

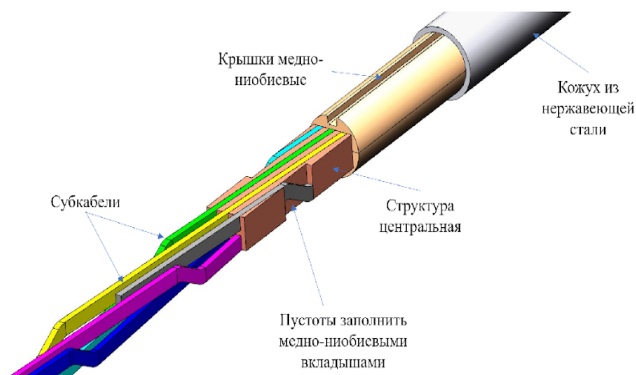


Рис. 3. Общий вид ВТСП-провода

Необходимость применения именно такой конструкции силовых проводов для работы периферических установок типа токамак обуславливается тем, что ВТСП-провод обеспечивает генерацию магнитных полей с индукцией от 5 до 21 Тл, помимо этого на сам провод механически действуют силы Лоренца. Также из-за избытка энергии в крупных магнитах необходимы специальные элементы в обмотке, которые обеспечат аварийный вывод энергии при определенном напряжении и нагреве для сохранения работоспособности всей магнитной системы установки.

Сверхпроводящие сильнотоочные провода, предназначенные в первую очередь для создания магнитов термоядерных реакторов, можно разделить на несколько групп, такие как: проводники на основе скруток и стопок ВТСП-лент.

Проводники на основе скруток ВТСП-лент

Токопроводящая часть провода на основе скруток высокотемпературных сверхпроводящих лент собирается в две стадии, где первая стадия – это многослойная скрутка ВТСП-лент, получившая название CORC-wire (рис. 4), а вторая – последующее скручивание субкабелей вдоль продольной оси проводника. В рассматриваемых проводах первичный элемент, т. е. скрутка ВТСП-лент, не является транспонированной [8].

Необходимостью создания таких проводов послужило желание получить более гибкий элемент, который будет позволять наматывать провод на меньший радиус по сравнению со стопками ВТСП-лент. Это достигается скруткой вокруг сердечника малого диаметра большого количества очень тонких (30–50 мкм) и узких (1–3 мм) ВТСП-лент.

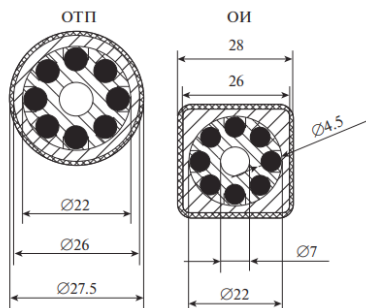


Рис. 4. Принципиальные конструкции проводников ОТП (слева) и ОИ (справа) на основе скруток ВТСП-лент

Проводники на основе стопок ВТСП-лент

Первичным элементом в рассматриваемых проводах являются стопки лент, которые либо располагаются в плоскости, либо скручиваются вдоль продольной оси. Затем несколько таких стопок лент собираются в токопроводящую жилу провода. Токопроводящая часть провода собирается также в две стадии, где на первой стадии собираются стопки лент, которые могут пропаиваться, скручиваться, и затем заключаются в медную оболочку. На второй стадии подготовленные стопки либо располагаются «в линию», либо скручиваются вокруг сердечника (рис. 5).

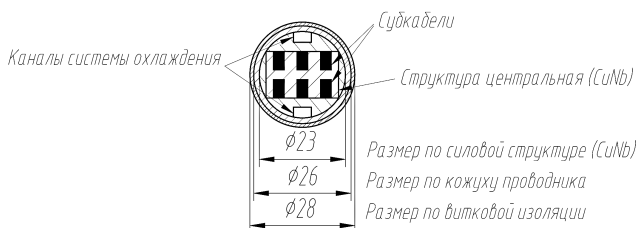


Рис. 5. Принципиальная конструкция проводников ОТП на основе стопок ВТСП-лент

Затем провода заключаются в кожух из нержавеющей стали для обеспечения механической прочности и устойчивости. Характерной особенностью таких проводов является отсутствие транспозиции лент на первой стадии и транспозиция субкабелей на второй стадии. Транспозиция позволяет уменьшить перекрестные помехи, что позволяет достичь высокой конструктивной плотности тока и полностью использовать токонесущую способность ВТСП-лент.

Обе принципиальные конструкции обмоток напрямую зависят от целей, задач и технических требований к конструкции обмоток установки типа токамак, на которой они будут установлены. При разработке ВТСП-провода стоит обратить внимание, что на его конструкцию влияют: скорость изменения магнитного поля; механические нагрузки, которые зависят от давления поля; радиус намотки, рабочий ток, рабочее магнитное поле и рабочая температура.

Заключение

Термоядерная энергетика – одна из наиболее перспективных областей энергетики, и важно понимать, какие разработки позволяют вывести УТС на промышленный уровень. На сегодняшнем уровне прогресса в отрасли термоядерной энергетики очень большая роль уделяется сверхпроводникам. Ранее в конструкциях токамаков использовали электромагнитную систему, основанную на «теплых» проводниках. В настоящее время «теплые» обмотки не удовлетворяют технологическим требованиям, а обмотки на основе сверхпроводников позволят существенно снизить энергозатраты на генерацию электромагнитных полей, многократно увеличивая конструкционную плотность тока в обмотках. Сверхпроводники подразделяют на низкотемпературные и высокотемпературные.

Конкретной перспективной наработкой являются именно высокотемпературные сверхпроводники. Они позволяют повысить характеристики обмоточных проводов до необходимого уровня, если их использовать при низких температурах. Соответственно, создание условий перехода к сверхпроводящему состоянию значительно проще именно у ВТСП-материалов. Также они рассматриваются как ключевой элемент установок типа токамак, так как позволяют увеличить индукцию магнитного поля в рабочем объеме, уменьшить размер и снизить стоимость. И это в совокупности дает понять, что будущее установок типа токамак лежит именно в области создания высокотемпературных обмоток электромагнитной системы токамаков.

Библиографический список

1. Жизнин С. З., Тимохов В. М. Перспективы международного сотрудничества в развитии термоядерной энергетики. Экономические и экологические аспекты // ТЭК XXI ВЕКА: Тенденции и прогнозы. 2016. № 3. С. 98–107.
2. Анатолий Красильников: Термоядерная энергетика будет абсолютно безопасной для окружающей среды // РОСАТОМ. URL: <https://www.rosatom.ru/journalist/interview/anatoliy-krasilnikov-termoyadernaya-energetika-budet-absolyutno-bezopasnoy-dlya-okruzhayushchey-sredy/> (дата обращения: 17.03.23).
3. Дубина В. И., Степкин С. В., Мищенко Д. С. Современные положения в термоядерной энергетике // Молодой ученый. 2016. № 25 (129). С. 122–124. URL: <https://moluch.ru/archive/129/35559/> (дата обращения: 03.03.2023).
4. Плазма // Астрономический словарь Санько Н. Ф. URL: <http://www.iki.rssi.ru/hend/Dictionary/Plasma.htm> (дата обращения: 10.03.2023).
5. Гинзбург В. А., Андрюшин Е. А. Сверхпроводимость. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Альфа-М, 2006. 110 с.
6. Основы проектирования магнитных термоядерных реакторов: / [А. Б. Алексеев и др.]; под ред. В. А. Глухих, Г. Л. Саксаганского; Науч.-исслед. ин-т электрофизической аппаратуры им. Д. В. Ефремова. СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2016. 613 с.
7. Колесова А. Д. Расчет и конструкция тороидальной системы токамака. СПб., 2022. 71 с.
8. Перспективные варианты ВТСП-проводов для электромагнитной системы TRT / В. Е. Сытник, С. А. Лелехов, А. В. Красильников [и др.] // Физика плазмы. 2021. Т. 47, № 12. С. 1087–1102.

УДК 62-531.4

А. М. Рулёв, А. К. Попов

студенты кафедры управления в технических системах

И. Г. Криволапчук – старший преподаватель – научный руководитель

РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЛЕДЯЩЕГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА АНТЕННЫ

В настоящее время все большее распространение получают системы управления электроприводом. Потребность в управляемом преобразовании электрической энергии в механическую актуальна для таких сфер производства, как машиностроение, металлургия, строительство, транспорт, энергетика и многие другие, причем число областей применения электропривода постоянно растет [1].

Важной задачей, отвечающей условиям и тенденциям развития систем управления электроприводом, является повышение качества подготовки специалистов в этой области. Для этого необходимо обеспечить практико-ориентированное обучение студентов основам теории автоматического управления. Эту задачу возможно решить путем внедрения в учебный процесс современных лабораторных стендов для исследования систем автоматического управления, важным частным случаем которых являются системы управления электроприводом.

Цель настоящей статьи состоит в том, чтобы описать проект по разработке учебного стенда для исследования следящего электропривода, основываясь на предложенной в работе [2] функциональной схеме. Для решения поставленной задачи необходимо осуществить обоснование выбора элементной базы, на основе которой будет реализован учебный стенд. Функциональная схема следящего электропривода изображена на рис. 1.

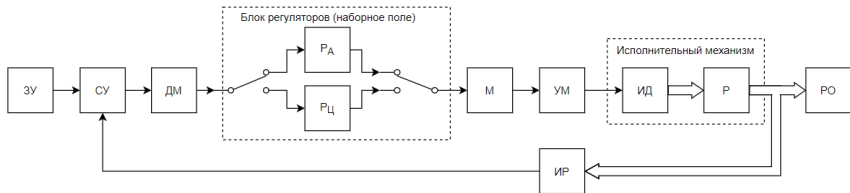


Рис. 1. Функциональная схема учебного стенда для исследования следящего электропривода

Принцип работы системы, функциональная схема которой изображена на рис. 1, состоит в следующем. Сигнал с задающего устройства (ЗУ) поступает на сравнивающее устройство (СУ), осуществляющее вычитание сигнала измерителя рассогласования (ИР) из сигнала задающего устройства. Выходной сигнал СУ поступает на демодулятор (ДМ) и, проходя через блок регуляторов, состоящий из аналогового (РА) и цифрового (РЦ) регуляторов, подается к модулятору (М). Включение в схему модулятора и демодулятора обусловлено тем, что в качестве исполнительного двигателя предварительно выбран асинхронный двухфазный двигатель (обоснование выбора исполнительного двигателя приведено ниже). Выходной сигнал модулятора усиливается с помощью усилителя мощности (УМ) и поступает на обмотки исполнительного двигателя (ИД), который посредством редуктора (Р) приводит в движение рабочий орган (РО). С выходным валом редуктора связан измеритель рассогласования, передающий сигнал обратной связи к СУ.

В качестве рабочего органа используется антенна ЛЦ-1А радиолокационной станции (РЛС) РОЗ-1, внешний вид которой приведен на рис. 2. Данная антенна устанавливалась под носовой частью самолетов гражданской авиации ТУ-134 и предназначалась для обзора земной и водной поверхности. Антенна ЛЦ-1А осуществляет вращение в одной плоскости и по этой причине позволяет реализовать простейшую следящую систему, состоящую из одного контура со стабилизацией по углу поворота. При проведении дальнейших исследований в качестве РО планируется использовать антенну РЛС, которая

осуществляет вращение в трех плоскостях и, следовательно, предполагает разработку многоконтурной следящей системы, что представляет собой более сложную задачу по сравнению с разработкой следящей системы при использовании антенны ЛЦ-1А и открывает большой простор для лабораторных исследований. Внешний вид антенны РЛС приведен на рис. 3.

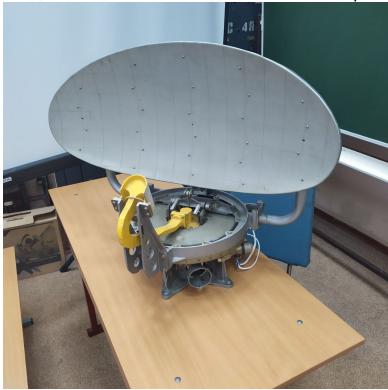


Рис. 2. Антенна ЛЦ-1А с редуктором



Рис. 3. Антенна РЛС с редуктором

Производителем антенны ЛЦ-1А предусмотрено использование асинхронного двухфазного электродвигателя ЭМ-15М [3]. Асинхронные двигатели, в особенности асинхронные двухфазные двигатели, нашли широкое применение в системах автоматического управления. Их преимущество, по сравнению с асинхронными двигателями других типов, заключается в том, что они позволяют обеспечивать высокое быстродействие за счет малой инерционности ротора и значительного пускового момента. Кроме того, данные двигатели отличаются линейностью регулировочных и механических характеристик, а также отсутствием самохода [4]. По этим причинам в качестве ИД электропривода антенны целесообразно использовать асинхронный двухфазный двигатель ЭМ-15М, предусмотренный к использованию конструкцией антенны ЛЦ-1А.

В качестве усилителя мощности выбирается усилитель класса D, выполненный по мостовой схеме, поскольку усилители данного класса обладают большим значением КПД по сравнению с другими топологиями электронных усилительных устройств [5].

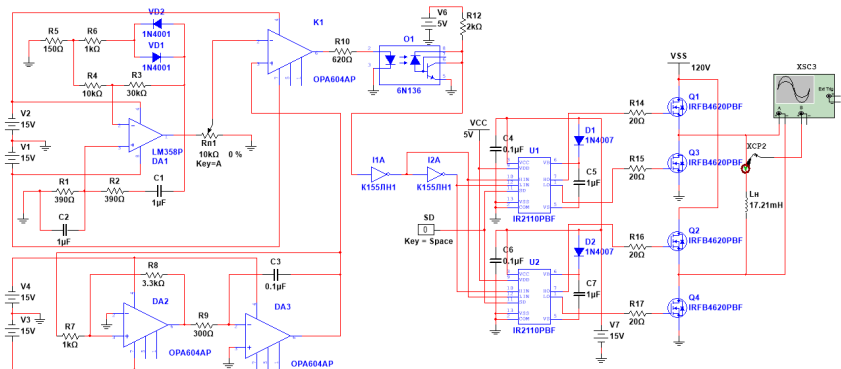


Рис. 4. Принципиальная схема УМ в Multisim

Принципиальная схема одного из плеч мостовой схемы УМ (оба плеча симметричны и дублируют друг друга) с подключенным генератором ШИМ сигнала, составленная в среде Multisim, изображена на рис. 4.

Принцип работы схемы состоит в следующем. Для формирования сигнала ШИМ используются генераторы синусоидального и пилообразного напряжений (соответственно ГСН и ГПН). ГСН реализован с помощью моста Вина с использованием операционного усилителя DA1. ГПН реализован с помощью последовательного включения триггера Шмитта и интегратора, которые в свою очередь выполнены на основе операционных усилителей DA2 и DA3. Выходные сигналы с ГСН и ГПН поступают на входы компаратора K1, на выходе которого формируется сигнал ШИМ. Далее полученная таким образом последовательность импульсов посредством гальванической развязки, выполненной с помощью оптрона O1, проходит через инверторы I1A, I2A и поступает на входы микросхем драйверов полумоста U1, U2. На выходе драйверов формируется последовательность управляющих сигналов, которая поступает на MOSFET-транзисторы Q1-Q4, осуществляя их переключение и распределение энергии источника питания в нагрузку (обмотки электродвигателя Ln) по синусоидальному закону.

Блок регуляторов предполагается реализовать в виде наборного поля с возможностью выбора типа регулятора – аналоговый или цифровой – и его структуры. При этом также предполагается выбор закона управления: ПИД-регулятор или корректирующее звено с возможностью настройки параметров регуляторов.

Для реализации аналогового регулятора предлагается использовать активные четырехполосники на основе операционных усилителей. С их помощью возможно реализовать как ПИД-регулятор – для этого операционные усилители необходимо включить соответственно по схеме усилителя, интегратора и дифференциатора, так и звенья частотной коррекции, для чего необходимо использовать включение операционных усилителей по схеме интегратора с обратной связью для формирования апериодических и колебательных звеньев.

Для реализации цифрового регулятора предлагается использовать плату 4-битного микроконтроллера, выполненную на элементарной логике серии 27C***, а, если точнее, на российских аналогах этих чипов. Плата представляет собой небольшой учебный стенд по дисциплине «микроконтроллеры», на котором можно рассматривать принципы работы гораздо более сложных и более современных микроконтроллеров, так как, хотя прогресс и не стоит на месте, в базовых принципах логики и функционирования вычислительной техники за последние 30–40 лет не произошло существенных изменений. В составе платы имеются 8-битный АЦП, выполненный на базе чипа KP571ПА1, и 8-битный ЦАП, осуществленный на базе чипа K1113ПВ1. Однако оба этих чипа являются 10-разрядными, и 8-разрядными они становятся из-за того, что шина данных микроконтроллера имеет ширину всего 8 разрядов и некоторые из контактов не подключены к ней. Таким образом, располагая АЦП, ЦАП и вычислительными мощностями микроконтроллера, можно реализовать регулятор. Так как устройство всего 4-разрядное и работает на довольно низкой тактовой частоте, то, говоря о вычислительных мощностях, не подразумевается что-то серьезное.

Выполнение любой операции будет занимать довольно много времени, особенно по сравнению с современными устройствами, поэтому о высоком быстродействии системы с такого рода регулятором говорить, пожалуй, не стоит. Однако в медлительности микроконтроллера есть свои плюсы: можно будет рассмотреть логику и алгоритмы работы цифрового регулятора, а также плюсы и минусы таких устройств. Например, для выполнения практических работ можно предложить студентам пример кода программы, который необходимо будет изменять по вариантам. Затем с помощью NI Elvis, который можно использовать вместо чипа ПЗУ, учащиеся смогут запускать свои программы на микроконтроллере.

Таким образом, очевидное достоинство цифровых регуляторов по сравнению с аналоговыми устройствами заключается в большей простоте процесса разработки. Также отдельный плюс – уже для самих студентов – будет состоять в том, что они получат опыт работы с реальным оборудованием, а также с написанием программного кода на языке Ассемблера, что также поможет лучше разобраться в принципах работы микроконтроллеров и подобных вычислительных устройств.

К недостаткам использования цифрового регулятора, учитывая недостаточные вычислительные мощности и быстродействие микроконтроллера, относятся: наличие задержек, относительно низкое быстродействие, наличие ступенчатого сигнала на выходе, присутствие ошибок и т. п.

Таким образом, использование 4-разрядного микроконтроллера в учебном процессе поможет объединить сразу несколько дисциплин помимо схемотехники, электротехники, теории автоматического управления и прочих фундаментальных дисциплин, например «микроконтроллеры», «системное программное обеспечение», «теория дискретных систем автоматического управления».

При выборе измерителя рассогласования определяющим оказывается следующее обстоятельство. С одной стороны, конструкция радиолокационной системы РОЗ-1 не предполагает использование обратной связи со стабилизацией по скорости или по углу: организация обратной связи, осуществляемая в рамках поставленной задачи, производится с целью приспособления исходной системы к нуждам лабораторных исследований. С другой стороны, для получения круговой развертки принимаемого антенной сигнала и вывода его на экран оператора используется вращающийся трансформатор ВТ-6БМ. Учитывая, что получение круговой развертки сигнала выходит за рамки целей лабораторных работ, предполагаемых к выполнению на разрабатываемом стенде, представляется удобным с точки зрения сохранения исходной конструкции системы использовать для организации обратной связи со стабилизацией по углу вращающийся трансформатор ВТ-6БМ. По этой причине окончательно в качестве ИР выбирается вращающийся трансформатор ВТ-6БМ.

Вывод

Произведен выбор элементной базы, необходимой для разработки учебного стенда для исследования следящего электропривода антенны. Полученные результаты можно использовать для дальнейших исследований, направленных на идентификацию элементов разрабатываемой системы, получение математических моделей, проведение моделирования исходной системы с последующим расчетом регуляторов и реализацией скорректированной системы в виде лабораторного стенда.

Библиографический список

1. Акопов В. С., Бураков М. В., Полякова Т. Г. Проектирование авиационного следящего электропривода малой мощности: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2007. 115 с.
2. Рулёв А. М., Попов А. К. Обзор учебных стендов для исследования следящего электропривода // Современные научные исследования: теория, методология, практика: сб. науч. ст. по матер. IX Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. Уфа, 2022. С. 138–144.
3. Радиолокационная станция обзора земной поверхности РОЗ-1. Техническое описание и руководство по эксплуатации. М.: Машиностроение, 1968.
4. Электропреобразовательные устройства РЭС: учеб. пособие / под ред. Г. Н. Арсеньева. М.: Форум: ИНФРА-М, 2008. 496 с.
5. Ежков Ю. А. Справочник по схемотехнике усилителей. М.: РадиоСофт, 2002. 272 с.

УДК 004.8

И. М. Рыбаков

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

С. С. Налегаетов – кандидат физико-математических наук, доцент – научный руководитель**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ
И АНАЛИЗА ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА**

Для обработки и анализа естественного языка необходимо реконструировать контекст использования слов, так как естественные языки определяются именно им, а не правилами. Для поддержания множества смыслов, возможности конструирования смысловых «слоев» разной глубины (например, игры слов из прямого и переносного смыслов, иронии и т. п.), чем и характеризуется человеческое общение, язык обязан быть избыточным. В результате этого свойства естественного (человеческого) языка в его машинной обработке возникает серьезное препятствие. Сложность задачи объясняется тем, что нельзя строго и взаимно однозначно передать словами смысловое значение каждой заданной ассоциации. Одним из главных достижений человеческого языка является его лексическая и структурная неоднозначность, благодаря которой мы можем не только генерировать новые идеи, но и общаться с людьми, имеющими отличные от наших жизненный опыт и культуру. Однако это же свойство приводит и к невозможности полного исключения вероятности возникновения случайных недопониманий в процессе общения.

Единицы языка представляют собой элементы языковых высказываний, которые могут иметь различную степень сложности и могут быть получены в результате дробления общего массива информационного сообщения, передаваемого в текстовом формате, на составные части. Если проводить декомпозицию текста на составляющие его элементы с точки зрения значения, тогда текст можно разделить на предложения, которые в дальнейшем можно разбить на словосочетания, затем деконструировать их уже на слова и т. д. Минимальной единицей содержательного дробления текста является морф [1]. В программировании текст представлен в виде строки кодированных определенным образом байт информации (последовательностей из 8 бинарных значений – единиц или нулей). Под термином «лексема» понимается некоторая составляющая единица (элемент), полученная в ходе анализа текста. В то же время слова, в отличие от лексем, выражают собой смысл, отображаемый в форме текстовых или вербальных конструкций, таких как образы (изображения) или звуки, представляя собой при этом последовательность символов. Слова ввиду комплексности человеческих языков часто не имеют универсального фиксированного смысла, не зависящего от культурных и языковых контекстов.

Благодаря своей избыточности и неоднозначности естественные языки характеризуются динамичностью, быстрым развитием и способностью отражать текущий опыт. В связи с этим для того, чтобы правильно определить контекст, необходимый для достаточно точного понимания языка, недостаточно провести анализ окружающего текста, поскольку на результат влияет также период времени, в который данный текст был написан. Исходя из описанных особенностей, можно сделать вывод, что для определения смысла слов в тексте требуется выполнить больше операций, чем просто провести их поиск в словаре.

Естественный язык является крайне развитым и богатым инструментом человеческого взаимодействия, что, однако, и делает его таким сложным для анализа путем применения конечного набора детерминированных правил. Поэтому при решении задач анализа подобных данных в программной среде не обойтись без использования нечетких и гибких вычислительных методов, на роль которых подходят статистические методы машинного обучения. Приложения обработки естественного языка начали появляться и применяться задолго до старта стремительного развития методов машинного обучения, однако их применение обеспечило определенную гибкость и скорость реагирования в этой области, что было бы невозможно в других условиях. За последние годы глубокое обучение (разновидность машинного обучения с применением самообучающихся многослойных нейронных сетей) полностью изменило подход к машинным переводам. Технология, лежащая в основе этого прорыва, называется последовательным обучением [2].

Подбор существующих данных под определенную модель является основной задачей машинного обучения. На основе такой модели, симулирующей объект реального мира, представляется возможным строить прогнозы и принимать решения, получая на вход новые актуальные данные. Эти возможности достигаются за счет нахождения закономерностей в используемых данных. Для этого выбирается подгруппа моделей, задачей которых является определение связей между целевыми и входными данными на основе заданных параметров и особенностей, после чего проводится минимизация ошибки работы модели на обучающих данных с помощью процедуры оптимизации. После выполнения описанных этапов обученная модель сможет построить прогнозы, рассчитать вероятности или вернуть метки. Нахождение баланса между способностью находить закономерности в тренировочных данных с заданной точностью и способностью генерализации для анализа данных, которые модель не видела прежде, и является сложностью в рассматриваемой задаче. Для решения поставленных задач в программах анализа естественного языка могут применяться сразу несколько моделей машинного обучения, число которых будет зависеть от количества и сложности решаемых задач. Так эти модели смогут взаимодействовать между собой и оказывать влияние на результаты друг друга.

В качестве основного языка программирования для решения задач обработки естественного языка часто выступает Python, что объясняется наличием обширного набора научных и вычислительных библиотек, крайне полезных и удобных для реализации методов анализа текстов. Рассмотрим основные из них.

- Scikit-Learn – библиотека, представляющая собой прикладной интерфейс для обобщенного машинного обучения. Распространяется с открытым исходным кодом, что позволяет изменять и дорабатывать его, также допускает коммерческое использование в программном обеспечении с целью получения прибыли. Представляет собой интерфейс для различных моделей классификации, регрессии и кластеризации, а также утилиты для кроссвалидации и для настройки гиперпараметров [3].
- NLTK (Natural Language Tool-Kit) – библиотека для обработки естественного языка. Содержит алгоритмы обработки естественных языков, предварительно обученные модели, а также корпуса и лексические ресурсы [4].
- Gensim – библиотека, предназначенная для семантического моделирования текстовых данных без учителя. Также применяется для извлечения семантических тем из текстов.
- spaCy – библиотека, применяемая для обработки естественного языка. Позволяет выполнять предварительную обработку текстовых данных и, помимо этого, может применяться для извлечения информации или анализа естественного языка на больших объемах текстовых данных.
- Yellowbrick – библиотека инструментов визуализации для анализа результатов работы моделей машинного обучения. Предоставляемые визуализации охватывают выборы моделей, определение значимостей признаков и анализ производительности моделей.

Естественный язык представляет собой набор неструктурированных данных, которые люди используют для общения между собой в повседневной жизни. В отличие от них, структурированные данные вмещают определенную разметку, которая позволяет различным вычислительным системам анализировать их. Но стоит учитывать, что непригодность для компьютерной обработки и неструктурированность данных в естественном языке не означает их случайность, поскольку они подчиняются принятым лингвистическим правилам, благодаря чему становятся понятными для носителей языка.

В настоящее время основными инструментами решения задач обработки естественного языка являются методы машинного обучения, что обосновывается их изученностью и перспективностью. По мере изменения языка они позволяют обучать и дообучать статистические модели. Увеличения такой метрики, как точность, без использования дополнительных интерпретаций можно добиться за счет применения смысловых окон, т. е. создания моделей на контекстно-зависимых корпусах. Например, для создания программы, принимающей данные из медицинских карт пациентов и генерирующей на их основе рекомендации по лечению, потребуется значительно более сложная модель, чем для рекомендательного алгоритма, собирающего новостные статьи с учетом личных предпочтений пользователя. Главной задачей любой программы, применяющей машинное обучение, является определение полезного сигнала и способа извлечения его из незначимых для решения задачи данных. Для этого проводится анализ признаков, в результате выполнения которого определяется, какие свойства или размерности в рассматриваемом тексте более точно и достоверно передают его смысл и структуру. При про-

ведении анализа текстовых данных крупные их фрагменты разделяются на уникальные слова и синтаксические шаблоны, уже после чего к ним применяются статистические механизмы. Исследование этих компонентов данных позволяет создавать модели языка, применение которых предоставляет возможность наделять программы функциями прогнозирования. Анализ можно осуществлять на множестве уровней, каждый из которых связан с центральным набором текстовых данных – корпусом [5].

Алгоритмы машинного обучения в качестве входных данных получают двумерный массив, строки которых являются экземплярами рассматриваемых объектов, а столбцы содержат значения их признаков, таким образом, алгоритмы работают в пространстве числовых признаков. То есть для работы методов машинного обучения с текстовыми данными необходимо преобразовать последние в векторные представления, к которым уже можно будет применить численное машинное обучение, что называется векторизацией или извлечением признаков. Этот этап является начальным в решении задач обработки естественного языка.

Преобразование текстовых документов к численному виду позволяет проводить их анализ и создавать экземпляры, непосредственно с которыми могут работать алгоритмы машинного обучения. Экземплярами являются документы или выражения, имеющие различные размеры. Сами же векторы имеют одинаковую длину и каждое свойство в векторном представлении представляет собой признак. Если рассматривать текстовые данные, то для них признаками являются свойства и атрибуты документов с включением их содержимого и метатрибутов, таких как количество слов и символов в документе, имя автора и источник, а также дату публикации. Все признаки документа в совокупности описывают многомерное пространство признаков, к которому можно применять методы машинного обучения, поэтому естественный язык рассматривается как точки в многомерном семантическом пространстве, которые могут располагаться на различном расстоянии друг от друга, образуя тем самым кучные группы, или, наоборот, распределяться равномерно по пространству признаков, а не как слова и предложения. Чем больше схожесть документов по содержанию и смыслу, тем ближе они располагаются в семантическом пространстве, поэтому по расстоянию между ними можно определять границы решения и первичные компоненты документов.

Мешок слов представляет собой упрощенное представление семантического пространства, смысл которого состоит в инкапсулировании смысла и сходства обрабатываемых данных в типе данных dict. Если рассматривать два текстовых документа, написанных на одну тему, но вместе с тем разных по содержанию, то заранее можно предположить, что в них будет встречаться множество одинаковых слов, при этом каждый из них будет существенно отличаться по словарному составу от статей на другую тему. Несмотря на простоту, данная модель является крайне эффективным инструментом и может послужить отправной точкой для более сложных моделей.

Классификацию текстовых данных можно выполнить двумя способами: вручную или автоматически. При первом способе задача решается за счет привлечения человека, который в рамках своего рабочего процесса должен будет ознакомиться с текстом, понять его содержание и на основе этого провести классификацию. Такой метод при должном подборе персонала принесет превосходные результаты, но будет крайне длительным, трудоемким, а также дорогостоящим. Поэтому для решения задач классификации текстовых данных приоритетным будет именно автоматический способ, который может быть реализован тремя методами. К первому из них можно отнести построение свода лингвистических правил, придерживаясь которых алгоритм сможет рассортировать текстовые документы по структурированным категориям на основе их содержимого и используемых семантических компонентов. К таким правилам можно отнести подсчет количества ключевых слов в документе из заранее составленного списка, соотношения количеств используемых слов из разных категорий. Подобные основанные на правилах системы могут показаться простыми в реализации, но перед их применением необходимо проводить тщательную проверку результатов их работы и по ее результатам вносить изменения в свод правил для достижения необходимой точности. Помимо этого, создание правил может оказаться сложной задачей, так как, вероятно, потребует от разработчика много предметных знаний для различных конкретных категорий. Второй способ основывается на применении методов машинного обучения. Такие системы осуществляют классификацию с упором на предыдущие наблюдения, сделанные при обучении используемой модели машинного обучения. Используя обучающие данные алгоритм изучает существующие связи между экземплярами, состоящими из независимых переменных, и целевой кате-

горизонтальной переменной. Такую классификацию относят к машинному обучению с учителем, так как цель известна заранее. Модель обучается для минимизации ошибки между предсказанными и фактическими категориями набора обучающих данных. После проведенного обучения модель классификации будет способна определять категории новых поступающих экземпляров, основываясь на выявленных в процессе обучения шаблонах. Третий способ представляет собой комбинированную систему, в которую включаются алгоритмы и инструменты из описанных ранее методов решения задач классификации текстовых данных [6].

Классификацию можно применить для решения широкого спектра задач при условии, что их можно сформулировать терминами «да/нет» (двоичная классификация) или группой дискретных категорий (многоклассовая классификация). К самым сложным задачам прикладного анализа текста можно отнести курирование и сбор предметно-ориентированного корпуса для построения моделей, а также выработку аналитического решения конкретной прикладной задачи. Одна из конкретных целей классификации текстов – анализ эмоциональной окраски, который, например, может помочь компаниям с целевой поддержкой клиентов и повысить эффективность их работы.

Например, в классической задаче классификации спама используется наивный байесовский метод, который показывает высокую производительность и при построении модели (проход по корпусу требуется выполнить только один раз), и при прогнозировании (расчет вероятностей умножением входного вектора на внутреннюю таблицу истинности). Высокая эффективность алгоритма позволяет внедрить модель машинного обучения для работы с электронной почтой. Если добавить нетекстовые признаки, такие как электронный или IP-адрес отправителя, количество вложенных изображений, использование цифр вместо букв, то можно повысить точность такой модели. Оперативные модели, которые обучаются в режиме реального времени и при этом не требуют проведения повторного обучения с самого начала (т. е. путем обновления внутренней таблицы истинности и вероятности лексем), создаются с применением в том числе наивного байесовского алгоритма.

В программных алгоритмах для решения задач анализа текста могут встречаться самые разные модели, такие как методы на основе экземпляров, использующие дистанционное сходство, схемы разделения и байесовские вероятности, а также линейные или нелинейные аппроксимации и нейронное моделирование. К данному моменту в рассматриваемой сфере представлено большое разнообразие моделей и механизмов классификации, которые математически более разнообразны, чем линейные модели. Но в основе каждого из подтипов моделей классификации лежит один базовый процесс, и благодаря объектам Estimator из библиотеки Scikit-Learn их можно использовать процедурным способом и сравнивать методом кроссвалидации для выбора наиболее эффективных.

Описывать темы и закономерности внутри корпуса можно объединением в группу близких по содержанию текстовых документов. Такие закономерности могут являться как дискретными, когда группы вообще не пересекаются, так и нечеткими, когда документы содержат лишь незначительные отличия, из-за чего их трудно дифференцировать. Составляемые группы представляют собой модель содержимого всех документов, благодаря которой можно легко распределять новые документы по группам. Хотя данную задачу и можно выполнить с применением технологии обучения без учителя, затратив при этом меньше времени на ее выполнение, однако в настоящее время сортировка документов выполняется часто в ручном режиме.

Задачи такого типа являются актуальными, поскольку корпуса часто не снабжаются метками, пригодными для классификации. В связи с этим проблема такого типа может быть решена за счет применения алгоритмов кластеризации. Они позволяют выявлять скрытые структуры немаркированных данных с использованием признаков, используемых для структуризации (распределения) экземпляров в значимо различающиеся группы. Здесь под термином «экземпляр», согласно специфике анализа текстовой информации, подразумевается одно определенное высказывание или текстовый документ. В то время как термин «признаки» означает такие элементы, как лексемы, метаданные, структуры или словари.

В результате проведенного исследования специфики структурных и смысловых элементов текстовой информации, а также особенностей ее обработки и представления можно заключить, что передовые методы анализа и обработки естественного языка, основанные на технологиях машинного обучения, обладают высокой эффективностью и гибкостью применения. На основе существующих мето-

дов возможно реализовать комплексные программные системы, пригодные для внедрения в спектре реальных практических задач, что не только может принести пользу, но и уверенно применяется в различных сферах человеческой деятельности. Этому же способствуют существование и поддержка разработчиками различных инструментов, таких как библиотеки и их расширения, распространяемых с открытым исходным кодом.

Библиографический список

1. Единицы языка // Большая российская энциклопедия. URL: <https://bigenc.ru/linguistics/text/1976283> (дата обращения: 15.01.2023).
2. Language Translation with Deep Learning and the Magic of Sequences. URL: <https://medium.com/@ageitgey/machine-learning-is-fun-part-5-language-translation-with-deep-learning-and-the-magic-of-sequences-2ace0acca0aa> (дата обращения: 15.01.2023).
3. Scikit Learn – Introduction. URL: https://www.tutorialspoint.com/scikit_learn/scikit_learn_introduction.htm (дата обращения: 15.01.2023).
4. Natural Language Toolkit Documentation. URL: <https://www.nltk.org/> (дата обращения: 15.01.2023).
5. Бенгфорт Б. Прикладной анализ текстовых данных на Python. Машинное обучение и создание приложений обработки естественного языка. СПб.: Питер, 2019. 368 с
6. Text Classification: What It Is & How to Get Started. URL: <https://levity.ai/blog/text-classification> (дата обращения: 15.01.2023).

УДК 681.11.031.1

Я. Л. Рябец

ученик 10-го класса школы № 559

А. М. Кряжев – магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель

ЕМКОСТНЫЕ НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ

Актуальность работы обусловлена энергетической стратегией Российской Федерации на период до 2035 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р. Объект исследования – емкостные накопители энергии. Предмет исследования – достоинства и недостатки емкостных накопителей энергии.

Цель исследования – сравнить наиболее актуальные и перспективные емкостные накопители энергии в соответствии с их достоинствами и недостатками, а также областями их применения. Задачи: рассмотреть 4 вида емкостных накопителей энергии; выделить наиболее распространенные емкостные накопители энергии; выявить их достоинства и недостатки, а также области их применения; провести сравнение рассмотренных емкостных накопителей в соответствии с выделенными критериями.

Суперконденсаторы (ионисторы)

Суперконденсаторы являются своего рода промежуточным звеном между электролитическими (полярными) конденсаторами и электрохимическими аккумуляторами [1]. Примеры ионисторов приведены на рис. 1. Преимущества: их емкость находится в диапазоне между самыми энергоемкими конденсаторами и небольшими АКБ; невысокие токи зарядки и разрядки; огромное количество циклов заряда-разряда (до 1 млн раз). Недостатки: малый диапазон колебания температур; малое время хранения заряда (от нескольких часов до нескольких недель максимум) [2].



Рис. 1. Примеры суперконденсаторов

На предприятиях ионисторы часто используют совместно с АКБ (аккумуляторными блоками) и от них требуется быстрое включение приборов, а следовательно, большой ток [3]. Из-за этого могут возникать большие скачки энергии. Для таких предприятий создан гибрид, который способен распознавать скачки и в зависимости от них использовать АКБ или суперконденсатор. Такая технология носит название SmartGrid.

Редокс-проточные аккумуляторные батареи

Проточные аккумуляторы являются новым видом, представляющим нечто среднее между топливным элементом и АКБ [1]. Конструкция их такова, что электроды и основная масса электролитов,

представляющих собой растворы металлических солей (ванадиевая соль) и серной кислоты, находятся отдельно друг от друга в трех емкостях. В первой находится положительно заряженный электролит, во второй – отрицательно заряженный, а посередине – разделенный мембраной на две половины резервуар с положительным (анод) и отрицательным (катод) электродами, обеспечивающими ионный обмен с электролитами и генерацию электричества в ходе окислительно-восстановительных реакций. Строение редокс-проточного накопителя изображено на рис. 2.

Редокс-проточные аккумуляторные батареи используют в установках, от которых требуется, чтобы они на протяжении долгого времени сохраняли энергию. Например, такая батарея используется на аппарате Helios Prototype от NASA. Сам раствор из двух емкостей прокачивается через резервуар с мембраной при помощи насосов в разных направлениях. В одну сторону прокачки на электродах вырабатывается напряжение, а когда аккумулятор необходимо зарядить, направление прокачки изменяется на противоположное.

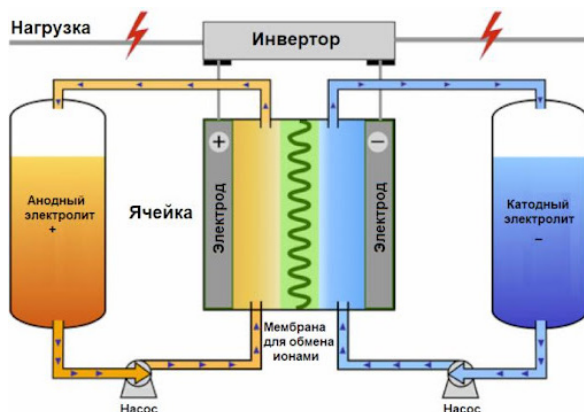


Рис. 2. Устройство редокс-проточных накопителей энергии

Преимущества: надежность; простота зарядки; быстрое реагирование на изменение нагрузки или перегрузки по номинальному току; большое количество циклов «зарядка – перезарядка» (до 10000 раз); срок работы 10–20 лет; мощность регулируется объемом емкостей для хранения электролита. Недостатки: токсичность; редкость и высокая стоимость самого ванадия, что делает эксплуатацию и обслуживание дорогой и небезопасной.

Сейчас редокс-проточные накопители наиболее перспективны, так как в будущем их можно будет отнести к накопителям «зеленой энергии». Ученые разрабатывают новый метод производства электролита и электрода. На месте электролита хотят использовать водной раствор с молекулами хинона (он содержится в древесине), на месте электрода – PEDOT-полимер. Эти материалы являются биологически-разлагаемыми, и они легко поддаются переработке [4].

Гравитационные жидкостные накопители

Процесс, проходящий в гравитационных жидкостных накопителях, заключается в том, что насосы начинают перекачивать воду из колодца или резервуара, расположенного ниже, во время избыточной выработки электроэнергии альтернативными источниками или во время льготного периода, когда в электросети остается неиспользованная электроэнергия. А когда потребность в энергии возрастает, вода из верхнего резервуара, протекая назад через трубы, используется для вращения генераторов (процесс, происходящий в гравитационных накопителях, можно увидеть на рис. 3). Именно поэтому данный вид накопителей используется на ГЭС для поддержания необходимого количества энергии [1].



Рис. 3. Строение гравитационных накопителей энергии, их плюсы

Гироскопические накопители энергии

В этих накопителях энергия запасается в виде кинетической энергии быстро вращающегося маховика, а удельная энергия, запасаемая на каждый килограмм его массы, значительно больше той, что можно запасти в килограмме при статическом расположении, даже подняв его на большую высоту. Строение гироскопических накопителей энергии представлено на рис. 4 [5].

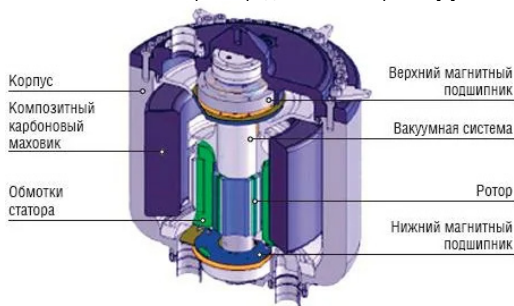


Рис. 4. Строение гироскопических накопителей энергии

Преимущества: быстрый прием и отдача очень большой мощности. Основными недостатками являются: чувствительность к сотрясениям и поворотам в плоскостях, отличных от плоскости вращения; небольшое время хранения накопленной энергии; необходимость стабильной скорости вращения, что усложняет установку простых механических систем подключения к мотору-генератору, а если скорость станет очень большой, то материал, из которого изготовлен маховик, может не выдержать центробежной силы с вибрацией и разрушиться. Благодаря имеющимся на данный момент технологиям мы можем приблизить силу трения к нулю. Для этого можно использовать вакуумную камеру. Из-за этого время хранения энергии станет в разы больше, чем без применения данных технологий.

Стоит уделить особое внимание так называемым «супермаховикам». Они состоят из стальной ленты, проволоки или высокопрочного синтетического волокна. Применяя их, мы сможем в разы увеличить скорость вращения, а также удельную плотность запасаемой энергии [6]. В связи с перспекти-

вой их развития в их разработку многие крупные компании вкладывают большие суммы денег. Изначально изобретатель Н. В. Гулиа планировал использовать маховики в автомобилях. Было построено несколько прототипов, но из-за их хрупкости и непригодности к тряскам и перевозкам эту идею оставили. Сейчас гироскопические накопители используют для обеспечения бесперебойного питания стратегически важных объектов [1].

Выводы

Изучив 4 вида накопителей, мы можем подвести итоги путем формирования сравнительной таблицы.

Сравнительная таблица

Критерий	Суперконденсаторы (ионисторы)	Редокс-проточные накопители энергии	Гравитационные жидкостные накопители	Гироскопические накопители энергии
Длительное время хранения заряда	–	+	+	–
Устойчивость к транспортировке	+	–	–	–
Устойчивость к изменениям температуры	–	+	+	+
Экологичность	+	–	+	+
Большое количество циклов перезарядки	+	+	+	+
Возможность приема и отдачи большой мощности	–	+	+	+
Простота изготовления	–	–	+	–

Наиболее эффективным видом емкостных накопителей являются гравитационные жидкостные накопители, однако из-за масштабности и необходимости в доступе к большому количеству воды данный вид емкостных накопителей имеет значительные ограничения в возможных сферах применения. Редокс-проточные накопители имеют большие перспективы развития в стационарных системах, но из-за дороговизны изготовления и высокой токсичности не получают широкого применения. Однако развитие данного вида емкостных накопителей позволит в будущем избавиться от описанных недостатков. Суперконденсаторы и гироскопические накопители энергии являются наиболее эффективными емкостными накопителями в ситуациях, когда необходима быстрая передача энергии, причем использование ионисторов перспективно в случаях, когда имеются ограничения по размерам конструкции или в движущихся конструкциях. Использование гироскопических накопителей энергии наиболее эффективно в стационарных конструкциях и в ситуациях, требующих передачи значительно большего объема мощности.

Библиографический список

1. Доступные виды накопителей энергии на сегодняшний день. URL: <https://dzen.ru> (дата обращения: 05.03.2023).
2. Емкостные накопители. URL: <https://studfile.net> (дата обращения: 08.03.2023).
3. Применение емкостных накопителей энергии. URL: <https://bstudy.net> (дата обращения: 14.03.2023).
4. Проточные батареи – почему за ними будущее. URL: <https://proagregat.com> (дата обращения: 12.03.2023).
5. Гироскопические накопители энергии. URL: <https://studfile.net> (дата обращения: 17.03.2023).
6. Супермаховик. URL: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения: 17.03.2023).

УДК 65.011

А. П. Сапрыкина, С. А. Пак, Л. А. Петрук

студенты кафедры электромеханики и робототехники

В. П. Кузьменко – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ЭНЕРГОЗАТРАТ
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ НИОКР КОСМИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА РАН****Введение**

Определение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (далее – НИОКР) не имеет строгой формулировки в законодательных нормативных актах Российской Федерации. В общем смысле это совокупность работ, направленных на получение новых знаний и их практическое применение при создании нового изделия или технологии [1].

Космическая промышленная деятельность – результат мирового научно-технического прогресса, она же его двигатель. Данная отрасль зависит от уровня развития технологий. По опыту ведущих продвинутых в научно-техническом плане стран можно сделать вывод, что финансирование НИОКР выше именно в развитых странах. Колоссальные затраты должны иметь высокую отдачу, а вместе с тем ощутимую эффективность и результативность. Развитие промышленной космической отрасли, безусловно, зависит от внедрения инновационных продуктов, которые влияют на энергозатраты промышленной космической отрасли. Именно поэтому оценка энергоэффективности НИОКР в данной сфере обусловлена необходимостью оптимизировать затраты и инвестиции для извлечения наилучшего результата.

**Оценка технико-экономических показателей и энергозатрат
при выполнении НИОКР космического института РАН**

Согласно ст. 769 части второй Гражданского кодекса Российской Федерации к научно-исследовательским работам (НИР) относятся обусловленные техническим заданием (ТЗ) заказчика научные исследования, а к опытно-конструкторским (ОКР) – разработка образца нового изделия [2].

Федеральным законом РФ от 23.08.1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» установлены следующие определения: научная (научно-исследовательская) деятельность – деятельность, направленная на получение и применение новых знаний, в том числе:

- фундаментальные научные исследования – экспериментальная или теоретическая деятельность, направленная на получение новых знаний об основных закономерностях строения, функционирования и развития человека, общества, окружающей природной среды;
- прикладные научные исследования – исследования, направленные преимущественно на применение новых знаний для достижения практических целей и решения конкретных задач.

Экспериментальные разработки – деятельность, которая основана на знаниях, приобретенных в результате проведения научных исследований или на основе практического опыта, и направлена на сохранение жизни и здоровья человека, создание новых материалов, продуктов, процессов, устройств, услуг, систем или методов и их дальнейшее совершенствование.

Другими словами, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы необходимы при модернизации технологии производства или разработке и внедрении инновационного продукта. НИОКР можно разделить на два этапа работ: научно-исследовательские (НИ) опытно-конструкторские работы (ОКР). НИ – это теоретические фундаментальные разработки и эксперименты, а ОКР – разработка конструкторской и технологической документации, изготовление и испытание опытного образца и т. д.

На данный момент основной задачей в сфере энергоэффективности космической промышленности является разработка новых технологий получения энергии, которые должны обеспечивать надежность, длительную продолжительность функционирования и доступность способа извлечения. Основное внимание сосредоточено на сфере добычи ядерной энергии, которая бы позволила снизить затраты по доставке на орбиту космических аппаратов и грузов.

Существуют некоторые барьеры, которые увеличивают энергозатраты: истощение ресурсов, наработанных запасов, высокая стоимость производства, растущий спрос на эффективные и доступные решения, сложность производства, влияние радиоактивности, ослабление международного сотрудничества на фоне геополитического кризиса и смещение приоритетов, потребность в высококвалифицированных кадрах, необходимость в более детальной регламентации экологических требований и т. д. Таким образом, ключевыми проблемными зонами являются сложность разработки и испытаний новейших технологий и высокие требования к надежности, стоимости и срокам.

Оценка энергозатрат работ НИОКР в космической промышленной деятельности имеет особенности. Во-первых, разработка инновационного уникального продукта сопровождается некой неопределенностью. Во-вторых, ограниченные сроки и финансирование тормозят развитие и усиливают необходимость оптимизации процессов, чтобы обойти барьеры. В-третьих, между запуском космического аппарата и его созданием могут проходить годы и десятилетия, поэтому прогнозирование и планирование являются также ключевыми факторами НИОКР. Более того, при разработке и оценке НИОКР в космической промышленности задействуется большое количество показателей и подразделений.

Что касается финансовой стороны, результаты организации НИОКР космических аппаратов скажутся на экономических показателях, что также играет ключевую роль для предприятий, производящих продукцию космического назначения. Для космической промышленности характерны относительно высокая трудоемкость изделий и большой объем незавершенного производства. Структура себестоимости изделий отличается высокой долей затрат на заработную плату (примерно 15–20%).

Среди подходов к оценке НИОКР в космической промышленности можно выделить следующие, снижающие энергозатраты:

- 1) оптимизация затрат, чтобы минимизировать расход средств и ресурсов;
- 2) организация эффективной системы управления процессами НИОКР;
- 3) увеличение скорости и качества разработки и планирования проектов;
- 4) повышение оперативности контроля исполнения проектов и их стадий;
- 5) увеличение качества анализа результатов деятельности;
- 6) своевременное отслеживание тенденций и применение лучших мировых практик;
- 7) снижение трудоемкости подготовки и обработки документов;
- 8) внедрение качественных информационных систем для повышения эффективности;
- 9) более детальный подбор квалифицированного персонала;
- 10) проведение стратегически важных мероприятий, направленных на обозревание текущей ситуации, обновление разработок в космической отрасли;
- 11) использование процессно-ориентированных информационных систем.

Заключение

Реализация проектов НИОКР подразумевает совокупность разнородных, но взаимосвязанных работ, в том числе научно-исследовательских, опытно-конструкторских, технологических, производственных, экономических и др., которые имеют общую цель разработки и запуска производства продукции более высокого технического и качественного уровня.

Среди основных задач НИОКР: получение новой информации о развитии природы и общества; теоретическая и экспериментальная проверка возможности внедрения технологий в области космической промышленности; достижение результатов научно-технического прогресса. Успешное выполнение перечисленных задач позволяет увеличить эффективность использования ресурсов, снизить энергозатраты, улучшить положение страны в мировом научном сообществе, повлиять на уровень развития человечества в глобальном смысле.

Охват и объем финансирования различных НИОКР в космической отрасли колоссален как в области военных средств космического базирования, так и в освоении дальнего космоса [3]. Это накладывает серьезные ограничения, которые влекут за собой потребность в поиске новых подходов к реализации работ НИОКР. Одной из особенностей управления данным видом работ является невозможность точного планирования объемов и номенклатуры, так как опытное производство характеризуется неповторимостью и единичностью производимых изделий.

Важность стратегических подходов к НИОКР в космической промышленности обусловлена необходимостью в оперативно-организованном процессе производства образца любой сложности и объема. В текущих непростых условиях российской экономики государственным предприятиям следует учитывать фактор высокой неопределенности выполнения НИОКР по созданию летательных аппаратов ближнего и дальнего космоса, поэтому предприятию, работающему на рынке наукоемких НИОКР, крайне важно поддерживать допустимый для своих проектов баланс затрат, сроков и качества, учитывающий состояние и загруженность фондов, а также реальную рыночную ситуацию. Любая система планирования и управления НИОКР должна быть достаточно гибкой, а динамичность ситуации требует большего управленческого внимания.

Таким образом, выявленные в статье подходы позволят усовершенствовать подготовку и реализацию НИОКР, снизить издержки на разработку и производство космических средств, развитие научно-экспериментальной и производственной инфраструктуры, содержание персонала, затраты на страхование рисков, на охрану природы и другие прямые и сопутствующие расходы.

Библиографический список

1. Романов В. М., Кузнецова А. Ю. Экономические аспекты управления НИОКР в ракетно-космической отрасли // Труды МАИ. 2012. № 59.
2. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 26.01.1996 № 14-ФЗ (ред. от 01.07.2021, с изм. от 08.07.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2022) // КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_9027/0ee419ba85ccba3a856846751c1e208007aa9b05/ (дата обращения: 20.11.2022).
3. Ширяева Ю. С., Орanova М. В. Современный взгляд на опытное производство и механизм управления им на промышленном предприятии // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. 2007. № 6.

УДК 004.65

А. С. Скублова, В. К. Кондратьев

ученики 10-го класса школы № 311

Я. И. Молодых – магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель**БАЗЫ ДАННЫХ**

База данных – это структурированная коллекция данных, которые организованы таким образом, чтобы обеспечить эффективный доступ к информации. Это программное обеспечение, которое позволяет хранить, обновлять и извлекать данные, используя структурированный подход. Базы данных могут быть созданы для разных целей и использоваться в разных сферах, включая бизнес, науку, медицину, правительственные организации и многое другое. Базы данных играют важную роль в обработке информации, а также в управлении информацией. Они помогают хранить и отслеживать большие объемы данных, такие как записи о пациентах, данные о продажах, финансовые данные и многое другое.

В России популярны несколько баз данных, которые используются в различных отраслях.

Oracle – используется для управления большими объемами данных в бизнесе и государственных организациях. Позволяет хранить и обрабатывать большие объемы информации, а также обеспечивает высокую производительность и надежность.

Microsoft SQL Server – используется для управления информацией в корпоративной среде. Обеспечивает эффективное хранение данных, а также высокую производительность и надежность.

PostgreSQL – бесплатная и открытая база данных, которая используется в различных сферах, включая бизнес и науку. Обеспечивает хранение данных и поддерживает широкий диапазон функций, таких как поддержка транзакций и многопоточность.

MongoDB – документоориентированная база данных, которая используется в веб-приложениях и облачных вычислениях. Обеспечивает высокую производительность и поддерживает гибкую схему данных.

Популярность этих баз данных в России связана с их функциональностью, производительностью и надежностью. Кроме того, многие из них имеют поддержку русских языков и локализованные версии, что делает их более удобными для использования в России.

Однако, помимо этих баз данных, существует множество других, которые также популярны в России в зависимости от сферы деятельности и потребностей пользователей. Например, в банковской сфере распространены IBM DB2 и Sybase ASE, в медицинской – InterSystems Caché, а в образовательной – MySQL [1].

Базы данных можно разделить на две основные категории: реляционные и нереляционные. Нереляционные подразделяются еще на сетевые и иерархические. Получаем три основных типа баз данных: реляционные, сетевые и иерархические (рис. 1–3).

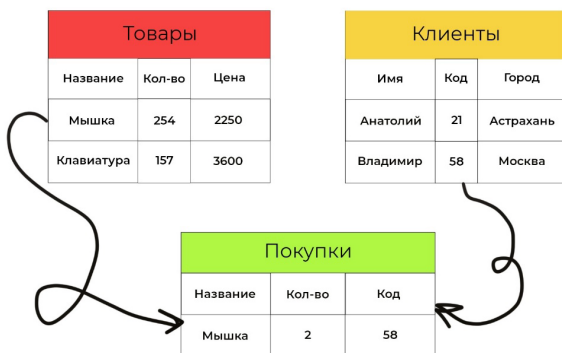


Рис. 1. Реляционные базы данных

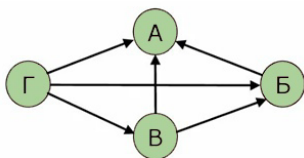


Рис. 2. Сетевые базы данных

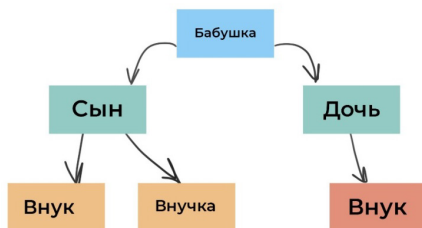


Рис. 3. Иерархические базы данных

Правильно спроектированная база данных должна обладать такими качествами: 1) минимальная избыточность, непротиворечивость; 2) целостность данных; 3) независимость данных; 4) возможность ведения (добавления и удаления) и актуализации (корректировки, модификации) данных; 5) безопасность и секретность; 6) высокая производительность, минимальные затраты; 7) соблюдение стандартов.

По способу доступа к данным бывают базы данных с локальным доступом и с удаленным (сетевым) доступом. При локальном доступе база данных доступна только для пользователя компьютера, на котором она хранится. При удаленном доступе база данных доступна с любого компьютера, находящегося в одной компьютерной сети с данным.

Система управления базами данных (СУБД) – это программный инструмент, который позволяет управлять коллекцией данных в электронном формате, таких как текстовые документы, фотографии, видеофайлы и другие мультимедийные данные. С помощью СУБД пользователи могут добавлять, изменять, удалять и извлекать эти данные посредством языка запросов (например, SQL). Без СУБД разработчики должны были бы самостоятельно искать информацию в файлах баз данных [2].

С помощью СУБД можно осуществлять все манипуляции с базами данных: создавать, удалять, изменять и объединять данные; поддерживать структуру базы данных в нужном виде и необходимом формате; защищать данные от нежелательных изменений и попыток взлома; загружать и сортировать данные с помощью фильтров; делать резервные копии после сбоев. Основными элементами в СУБД являются ядро (программное обеспечение), процессор (программные средства), базы данных (рис. 4).

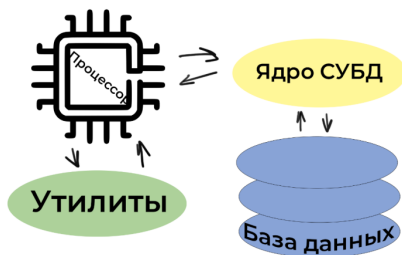


Рис. 4. Главные элементы СУБД

Существует множество различных типов СУБД, которые могут быть классифицированы по разным основаниям. Одна из наиболее распространенных классификаций – по модели данных. Например, реляционные СУБД используют структурированные таблицы для хранения и управления данными. Нереляционные СУБД, такие как MongoDB или Cassandra, используют документы, ключ-значение или графы вместо таблиц [3].

Также СУБД могут быть классифицированы по различным аспектам их работы, таким как тип доступа (однопользовательская или многопользовательская), распределение данных (централизованные или распределенные), архитектура (клиент-серверная или файл-серверная) и т. д.

Системы управления базами данных (СУБД) могут быть классифицированы по разным критериям. Наиболее распространенным является модель данных. Типы СУБД, которые используются в разных моделях данных, будут немного различаться.

Реляционные СУБД (РСУБД). Используются для хранения, управления и организации данных в виде таблиц. Рисунок таблицы в РСУБД показывает структуру данных с помощью строк и столбцов. Каждая строка в таблице является записью, а каждый столбец описывает атрибут данных. РСУБД были определены как СУБД, которые используют реляционную модель данных или таблицу с несколькими столбцами. MySQL, PostgreSQL, Oracle, Microsoft SQL Server и IBM DB2 являются примерами РСУБД [4].

Нереляционные СУБД. Используются для хранения данных не в виде таблицы. Их также называют NoSQL СУБД, которые используют более динамическую и автономную модель хранения данных. Существует несколько типов нереляционных СУБД, например:

- документоориентированные, которые хранят данные в документах, таких как XML или JSON. Примерами таких СУБД являются MongoDB, CouchDB и Oracle NoSQL;

- сетевые, в которых родительские объекты могут иметь более одного ребенка. Примеры таких баз данных: db4o, ObjectStore;

- хранилища ключ-значение, в которых данные хранятся в виде ключей и соответствующих им значений. Примеры таких СУБД: Redis, Riak, DynamoDB.

Распределенные СУБД. Используют несколько узлов для хранения и обработки данных. Это позволяет повысить отказоустойчивость и масштабируемость, а также обеспечить более быстрый доступ к данным. Примерами распределенных СУБД являются Hadoop, Cassandra, Couchbase.

Объектно-ориентированные СУБД. Используют объектную модель для хранения и управления данными. Это означает, что данные хранятся в виде объектов, имеющих свойства и методы. Примерами объектно-ориентированных СУБД являются ObjectDB, ZODB, GemStone/S.

Файловые СУБД. Используются для управления файлами, которые хранят данные. Они не поддерживают таблицы и могут хранить только один тип данных. Такие СУБД используются для хранения общей информации, такой как информация о настройках приложения или текстовых файлах. Примерами файловых СУБД являются Apache Derby и SQLite.

Каждый тип СУБД имеет преимущества и недостатки. Например, реляционные СУБД хорошо подходят для организации больших объемов структурированных данных, но они не лучший выбор для хранения неструктурированных данных или данных, которые не имеют четкой схемы. Нереляционные СУБД хорошо подходят для хранения неструктурированных или полуструктурированных данных, но могут оказаться менее эффективными для запросов, которые требуют соединения данных из разных источников.

Распределенные СУБД очень хорошо подходят для больших систем, которые должны быть масштабируемыми для обработки больших объемов данных, а также обеспечивать высокую отказоустойчивость, но могут оказаться менее подходящими для меньших систем, для которых сложность механизма распределения данных может быть избыточной.

Объектно-ориентированные СУБД хорошо подходят для хранения объектного кода и других типов данных, которые могут использоваться для программирования в объектно-ориентированном стиле. Они также могут обеспечить более эффективную обработку данных, чем реляционные или нереляционные СУБД, но они менее распространенные и доступные для многих пользователей.

Временные СУБД обычно используются для обработки большого объема данных, которые обновляются и хранятся с течением времени. Они хорошо справляются с запросами, которые предполагают анализ изменений состояния данных во времени, но могут оказаться менее эффективными для запросов, связанных с историческими данными или данными, которые не имеют временной компоненты.

Файловые СУБД хорошо подходят для хранения небольших объемов данных или данных с нечеткой или нерегулярной структурой, которые могут часто изменяться. Они могут быть полезны для

хранения простой информации, такой как настройки приложения или текстовые файлы, и могут быть быстрее и проще в использовании, чем некоторые более сложные типы СУБД.

Выбор СУБД зависит от ожидаемых требований к обработке данных, доступности и простоты использования, а также наличия опыта и знаний в области работы с конкретным типом СУБД. База данных значительно облегчает работу с большим объемом информации. Было бы гораздо продуктивнее, если бы люди были более компетентны в данной сфере.

Библиографический список

1. Кузнецов С. Д. Основы баз данных. 2-е изд. М.: Интернет-университет информационных технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. 484 с.
2. Новиков Б. А., Горшкова Е. А. Основы технологий баз данных: учеб. пособие / под ред. Е. В. Рогова. М.: ДМК Пресс, 2019. 240 с.
3. Пономарева К. А., Перевалова Е. В. Принципы классификации баз данных // Автоматизация: проблемы, идеи, решения: сб. ст. по итогам Междунар. науч.-практ. конф. Уфа, 2017. С. 38–40.
4. Галанина В. А. Базы данных: введение в теорию реляционных баз данных: учеб. пособие. СПб.: РИЦ ГУАП, 2008. 107 с.

УДК 004

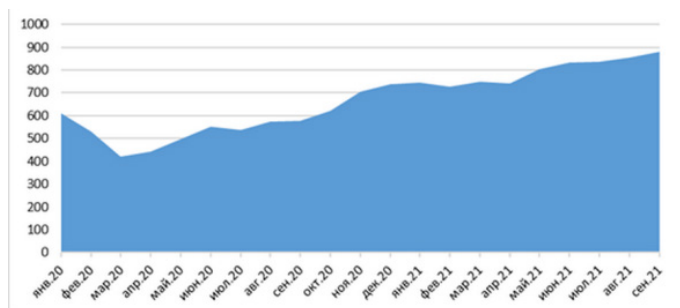
П. С. Смирнов

ученик 9-го класса школы № 346

Н. В. Кудрявцев – магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель**МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ И ПРОВЕРКИ WEB-СЕРВЕРОВ В КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЯХ**

С каждым годом увеличиваются количество и объем информационных сетей. Создаются новые способы воздействия на корпоративные или общественные сети для получения данных пользователей с целью их дальнейшего бесплатного распространения или же финансового обогащения. В современных реалиях вопрос об информационной безопасности для корпорации, является важнейшим фактором в области организации корпоративной сети.

В 2022 г. число кибератак на российские компании удвоилось и достигло 911 тыс. Это доказывает, что сети нуждаются в защите, ведь в них хранится большое количество данных, используемых для работы организации, в которой расположена эта сеть. Если вывести сервер из строя, то производство, связанное с сетью, которое составляет примерно 80%, остановится [1]. Понедельный годовой график кибератак на крупные организации представлен на рисунке.

*Статистика кибератак на организации***Требования к организации корпоративной сети**

Традиционные требования, которые предъявляют пользователи к современным корпоративным сетям, следующие:

- высокая производительность;
- высокая доступность сетевых ресурсов и служб;
- обеспечение необходимого уровня безопасности;
- возможность управления ресурсами.

Данные требования у всех компаний схожи. Все они имеют общую мысль – защита сети и данных. Самое главное требование – безопасность и доступность сети, ведь если сеть будет недоступна, у людей, работающих в ней, будут проблемы доступа, а пользователи могут потерять данные. Приведем пример с авиакомпанией British Airways: в 2018 их серверы были взломаны, группа хакеров Magic Art похитила данные более чем 380 тыс. пользователей. Данный пример показывает важность степени защиты серверов компаний [2].

Мониторинг состояния сети

Любая корпоративная сеть требует постоянного внимания. Как бы хорошо она ни была настроена, насколько бы надежное ПО ни было установлено на серверах, необходимы автоматические и непрерывно действующие средства контроля состояния сети и оповещения о возможных проблемах.

Начальный уровень проверки – тестирование физической доступности оборудования. Это проверка доступности по ICMP-протоколу (ping), причем лучше проверять не только факт наличия ответа от сети, но и время прохождения сигнала. Получение аномальных значений на этом этапе означает, что присутствуют серьезные проблемы в конфигурации сети [3].

Второй этап – проверка принципиальной работоспособности критичных служб. Это подключение к TCP-портам и проверка выполнения тестового запроса. Далее осуществляется проверка нагрузки на сеть и памяти процессора, состояния памяти и статуса серверов печати.

Третий этап – используются средства, предоставляемые ОС оборудования: например, современные серверные версии ОС на системном уровне предоставляют счетчики производительности (performance counters), из которых можно «считать» довольно подробную информацию о состоянии компьютера. Дополнительно можно выполнить запрос к базе данных сервера и посмотреть файлы отчета.

Контроль безопасности

Контроль безопасности – это выявление аномальных событий в сети. Для полноценной уверенности в безопасности сети в большинстве случаев необходимо использовать дополнительные, внешние средства. Во многих случаях аномалии, замеченные при мониторинге и контроле, требуют незамедлительной реакции [4]. В качестве примера приведем программное обеспечение Network Olympus – программа работает как служба с веб-интерфейсом, что упрощает и повышает удобство работы. Ключевая особенность – возможность создания сценариев. С его помощью можно составлять схемы мониторинга любой сложности, чтобы с большой точностью выявлять проблемы и неполадки, а также автоматизировать процесс их устранения [5]. В основе сценария лежит сенсор – начальная точка логической цепочки действий, которые в зависимости от успешности проверки будут генерировать различные оповещения и действия, направленные на решение определенных задач.

Средства мониторинга – средства, которые позволяют оперативно реагировать на аномальную деятельность в пределах локальной сети, отслеживать статус всех сетевых процессов и таким образом автоматизировать часть рутинной деятельности администратора, прежде всего той, что связана с обеспечением сетевой безопасности.

Примеры способов взлома.

- Использование протокола DNS для кражи информации.

Подмена сервера доменных имен (DNS) – это кибератака, с помощью которой злоумышленник направляет трафик жертвы на вредоносный сайт. Он хочет обманом заставить пользователей ввести личные данные на небезопасном сайте. Для этого подменяется протокол DNS для определенного сайта, а затем пользователь перенаправляется на сервер злоумышленника. Обычно DNS-протокол используется для того, чтобы загружать различные модули, необходимые для взлома. Или взаимодействовать с установленными модулями. На это сложно повлиять, ведь он необходим для работы сети. Также можно провести фишинговые атаки или украсть данные.

- Использование Wi-Fi-сетей.

Злоумышленник создает собственную общедоступную точку доступа рядом с корпоративной сетью и вызывает ее похожим именем. Обычный сотрудник, видя бесплатный интернет, подключается, злоумышленник получает данные для входа в корпоративную сеть и в итоге получает доступ к серверам сети.

Рубежи защиты

Теперь приведем пример рубежей защиты, которые применяются для защиты от различных атак, направленных на сервер.

- Файрвол/брандмауэр.

Грубо говоря, это первая линия обороны, которая встречает пользователей. В самом простом случае это использование фильтрации сетевых пакетов, заданной определенными правилами, т. е. на основе адресов источника и назначения сетевых пакетов, номеров сетевых портов. В основу этого метода положен набор фильтров. Если пакет данных удовлетворяет указанным в фильтрах условиям, он пропускается в сеть, если нет – блокируется. Применяются следующие основные типы фильтров: по

IP-адресу, по доменному имени, по программному порту, по типу протокола [6]. Также могут применяться другие параметры для фильтров в зависимости от выполняемых в ней задач.

- VPN.

Это защищенная зашифрованная система связи, которая обеспечивает безопасную передачу данных для всех корпоративных устройств. И если локальная сеть компании работает в пределах одного здания или комплекса, то VPN дает возможность подключиться к корпоративной сети из любой точки мира. В обычных условиях ни взломщики, ни конкуренты не смогут перехватить информацию, которая передается по корпоративному каналу. VPN значительно повышает уровень защиты информации пользователя или компании за счет шифрования данных. VPN лучше использовать в качестве дополнительного инструмента защиты, а не единственного. VPN – недорогой и надежный инструмент для работы с сетевыми подключениями и передачами данных [7].

- Антивирусная защита.

Для большинства компаний основным способом (периметром/рубежом) защиты своих сетей является использование различного программного обеспечения. В мире существует очень много разновидностей этих программ. Они есть как для устройств, так и для серверов. У них много функций для разных условий и кошельков.

- Фильтрация спама.

Часто ее проводят для «фишинговых» атак, которые содержат вредоносное ПО. Пользователь среди бытовых сообщений может и не заметить вредоносную ссылку, особенно если она связана с компанией. Чтобы бороться с этим, ставят специальные фильтры или дополнительное ПО на почтовые сервисы.

- Физическая безопасность.

Физическая безопасность корпоративной сети является одним из важнейших факторов. Имея физический доступ к сетевому устройству, злоумышленник легко получит доступ к сети. Еще одной проблемой является кража или небрежное отношение к жестким дискам после замены в сервере или устройстве. Учитывая, что найденные там пароли могут быть расшифрованы, серверные шкафы и комнаты или ящики с оборудованием должны быть всегда надежно защищены от проникновения посторонних.

Заключение

Очень важно сделать корпоративную сеть безопасной и защищенной от различных атак. Для этого в наше время существует множество программ, фильтров, системных настроек и т. д. Предустановленные программы могут защитить данные пользователя, но часто ими пренебрегают, что приводит к плохим последствиям. Важно обратить внимание на обучение пользователей, периодические курсы информационной безопасности, создание и соблюдение надежной политики информационной безопасности. Надо быть уверенным, что компания не зависит всего лишь от одного-двух рубежей защиты, всегда стараться следить за актуальной информацией и современными решениями на рынке информационной безопасности.

Библиографический список

1. 8 основных рубежей защиты корпоративной сети // Айти.Лайн. URL: <https://www.it-lines.ru/blogs/security/osnovnye-metody-zashchity-korporativnoj-seti> (дата обращения: 21.03.2023).
2. Методы мониторинга и обеспечения безопасности для поддержания работоспособности корпоративной сети // SecurityLab. URL: <https://www.securitylab.ru/analytics/301808.php> (дата обращения: 21.03.2023).
3. Особенности планирования корпоративных сетей. // Jet Info. 2002. URL: <https://www.jetinfo.ru/osobennosti-planirovaniya-korporativnyh-setej/> (дата обращения: 21.03.2023).
4. Корпоративный VPN: что это такое и как может пригодиться бизнесу? // Hidemyname. URL: <https://hidemy.name/ru/articles/korporativnyj-vpn-cto-eto-takoe-i-kak-mozhet-prigoditsja-biznesu/> (дата обращения: 18.03.2023).

5. Современные файрволы: от узкой специализации к универсальной защите // ИнфоБезпека. URL: <http://www.infobezpeka.com/publications/?id=607> (дата обращения: 22.03.2023).

6. Как хакеры подменяют DNS-запросы с помощью «отравления» кэша // Хабр. URL: <https://habr.com/ru/company/varonis/blog/555330/> (дата обращения: 22.03.2023).

7. Топ 10 лучших программ для мониторинга сети в 2023. URL: <https://www.softinventive.ru/best-network-monitoring-tools> (дата обращения: 22.03.2023).

УДК 621.31

С. Д. Соломина

ученица 9-го класса школы № 311

А. Е. Лапковский – студент института киберфизических систем – научный руководитель

МЕНЕДЖМЕНТ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ. АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОМПАНИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Что такое маркетинг? Маркетинг – это совокупность процессов создания, продвижения и представления продукта или услуги, а также взаимодействие с потребителем с целью получения выгоды в настоящем и будущем [1]. В статье речь пойдет об энергетике – одной из стратегически важных отраслей экономики России.

ОЭС	Выработка, млрд кВт*ч	Относительно января-июля 2021 года, %	Потребление, млрд кВт*ч	Относительно января-июля 2021 года, %
Востока	28,5	6,9	25,8	3,7
Сибири	126,2	0,8	129,5	3,1
Урала	151,1	1,5	150,2	2,2
Средней Волги	66,7	0	63,8	-0,4
Центра	142,5	-0,2	148,2	1
Северо-Запада	66,1	1,1	56,4	1
Юга	67,7	5,9	64,2	2,7
+1,8% - рост потребления ЕЭС за 7 месяцев				
+1,5% - рост выработки в ЕЭС за 7 месяцев				

Рис. 1. Потребление и выработка электроэнергии

Макроэкономические результаты анализа маркетинга в РФ за первые 7 месяцев 2022 г.

1. В настоящее время многие компании из разных отраслей видят ориентиром для своего развития восточную часть России, а также страны СНГ, такие как Казахстан, Киргизия, Узбекистан. Несмотря на все трудности, энергетический внутренний рынок остается устойчивым, но кризисов не избежать. Наблюдается рост потребления энергоресурсов, за 7 мес. он составил 1,8% относительно того же периода 2021 г. (рис. 1). Увеличилось потребление в регионах Сибири и Дальнего Востока, где покупательская способность выросла по сравнению с 2021 годом на 7%. Рассмотрим две крупнейшие компании на рынке электроэнергии – «Мосэнерго» и «ОГК-2».

Главным образом акции компании «ОГК-2» растут за счет ДПМ (договор о предоставлении мощностей), который подходит к концу (рис. 2). Возможные последствия – падение доходов и повышение цен на услуги. Во владении этой компании находятся 11 электростанций в европейской части России. Основная часть доходов приходится на выплаты по ДПМ. Так как срок договора подходит к концу, финансовые показатели должны ухудшиться. Основная часть выплат по ДПМ истекает 30 ноября 2024 г. Несмотря на все предстоящие проблемы, дивидендная доходность составила 8% в 2022 г. за счет выплаты в размере 6,4 млрд руб. [2].

«Мосэнерго» – поставщик тепло- и электроэнергии в Москве и ближайших регионах европейской части России. Чистая прибыль по итогам 2022 г. составила 20,7 млрд руб. Покупательская способность в Москве выше, чем во многих городах России, это обстоятельство выводит компанию в лидеры рынка. За счет низкого удельного расхода топлива обеспечивается высокая энергоэффективность на 15 объектах этой компании. Это позволяет компании иметь на своих станциях большой объем загрузки мощностей, что обеспечивает высокую маржинальность от затрат на сбыт электроэнергии.

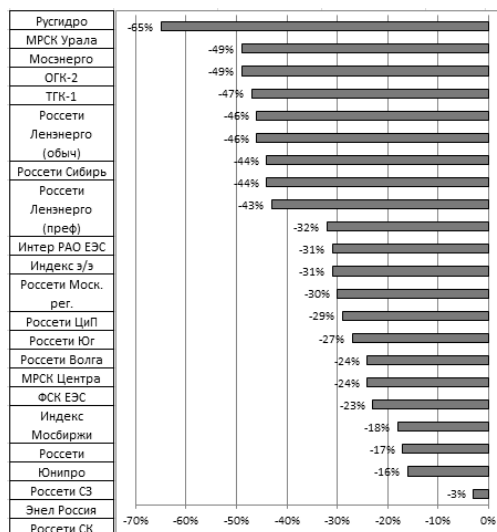


Рис. 2. Динамика с начала 2022 г.

Опираясь на указанную информацию, можно считать, что в данный момент крупнейшие компании рынка электроэнергетики устойчивы к переменам, но за счет ДПМ им не избежать падения прибыли и повышения цен на свои услуги. В такой ситуации на помощь компаниям приходят маркетологи, которые повышают имидж компании несмотря на негативные внешние факторы.

Современные методы продвижения продукции

Существует набор традиционных методов продвижения, но успеха добивается та компания, которая применяет необычный, нетрадиционный подход к продвижению. Поэтому на современном этапе развития организации применяют следующие методы продвижения: реклама; прямой маркетинг; телемаркетинг; маркетинг взаимоотношений; печатная продукция; поддержка сбыта и др.

Наиболее эффективным из всех методов для энергетических компаний на данный момент являются продвижение с помощью интернет-сайтов, соцсетей и СМИ. Но повышенное внимание СМИ и населения к деятельности энергетиков не всегда оказывается плюсом для самих компаний. Распространение некоторого контента в соцсетях в некоторых ситуациях негативно отражается на репутации энергетических компаний и отрасли в целом. Прежде всего это касается аварий, негативно отражающихся на экологии. Например, первая информация о разливе нефти под Норильском появилась на официальном сайте АО «ГМК „Норильский никель“» 31 мая, спустя два дня после утечки топлива, первые обсуждения слухов об аварии начались в социальных сетях 2 июня. Причем ложная информация распространяется в 6 раз быстрее точных сведений [3].

Национальным скандалом обернулась в прошлом году поставка загрязненной нефти по нефтепроводу «Дружба». Сумма материального ущерба, озвученная министром энергетики России Александром Новаком, составила 100 млн долл., однако СМИ насчитали гораздо больше – от 270 до 430 млн долл. Ситуация очень сильно отразилась на имидже России как поставщика нефти [4].

Выводы

Энергорынок демонстрирует неплохую устойчивость на 2022–2023 гг. Компании «ОГК-2» и «Мосэнерго» показывают устойчивость своих финансовых показателей за 2022 г. и начало 2023 г. Необхо-

димо создание новых, более успешных методов продвижения для предприятий электроэнергетики, чтобы минимизировать все способы утечки ложной информации.

Библиографический список

1. Просто о сложном: что такое маркетинг, какие у него задачи и как узнать о нём больше. URL: <https://skillbox.ru/media/marketing/prosto-o-slozhnom-cto-takoe-marketing-kakie-u-nego-zadachi-i-kak-uznat-o-nuem-bolshe/> (дата обращения: 15.03.2023).
2. Александр Ковалев: «Видим перспективы увеличения доли крупных игроков на энергорынке». URL: <https://finance.rambler.ru/markets/48908568-aleksandr-kovalev-vidim-perspektivy-uvvelicheniya-doli-krupnyh-igrokov-na-energorynke/> (дата обращения: 15.03.2023).
3. Маркетинговое продвижение товара и услуг. URL: https://spravochnik.ru/marketing/prodvizhenie_produkcii-marketingovye-kommunikacii/prodvizhenie_tovara_i_uslug/ (дата обращения: 19.03.2023).
4. Олег Шевцов. Как интернет влияет на репутацию энергетических компаний. URL: <https://promdevelop.com/business/kak-internet-vliyaet-reputatsiyu-energeticheskikh-kompanij/> (дата обращения: 20.03.2023).

УДК 620.92

Р. Ю. Старшинов

ученик 10-го класса гимназии № 41

С. В. Ляшенко, С. Р. Иванов – студенты кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители

БЕСПРОВОДНАЯ ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Беспроводная связь – это передача энергии без использования токопроводящих элементов на заданное расстояние, т. е. без проводов или кабелей, причем расстояние может быть как коротким, так и длинным. Беспроводная передача энергии может быть осуществлена от источника энергии до электрических нагрузок без соединительных проводов. Она выгодна в тех случаях, когда использование соединительных проводов неудобно, опасно или невозможно.

Актуальность

В XXI в. беспроводная передача электроэнергии очень востребована, благодаря ей нет необходимости тратить огромное количество ресурсов на энергетическую промышленность. В некоторых странах уже разрабатываются такие системы (мощность $10\text{--}10^6$ кВт) для использования как на Земле, так и в космосе. Сегодня рынок электротехники в области беспроводной передачи энергии предлагает зарядники для телефонов и для аккумуляторных зубных щеток, работающих на законе электромагнитной индукции. На этом же принципе работают такие устройства, как беспилотники, LCD-телевизоры.

История беспроводной передачи энергии

На основе открытия закона Ампера и закона индукции Майкла Фарадея, а также уравнений Джеймса Максвелла Генрих Герц в 1888 г. создал прибор для генерации электромагнитного поля. Николас Тесла усовершенствовал его и показал, что лампочки на основе фосфора могут работать без проводов. В историю беспроводной передачи энергии внес вклад и Александр Попов, создав детекторный приемник. С тех пор и до нашего времени было проведено огромное количество опытов. Последним достижением считается создание смартфона без аккумулятора, питающегося электроэнергией через Wi-Fi [1].

Принцип работы

В процессе задействованы две катушки. Одна катушка подключена к источнику тока, вокруг нее создается магнитное поле. Вторая катушка воспринимает это поле и способствует в своей обмотке увеличению вторичного электрического тока (рис. 1).

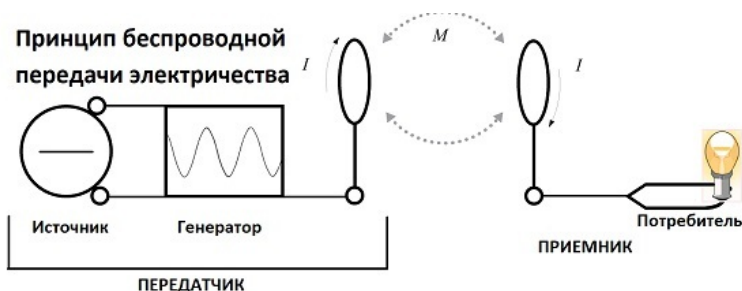


Рис. 1. Наиболее перспективные методы и способы передачи энергии без токопроводящих элементов

На сегодняшний день существует несколько популярных способов беспроводной передачи энергии (рис. 2).

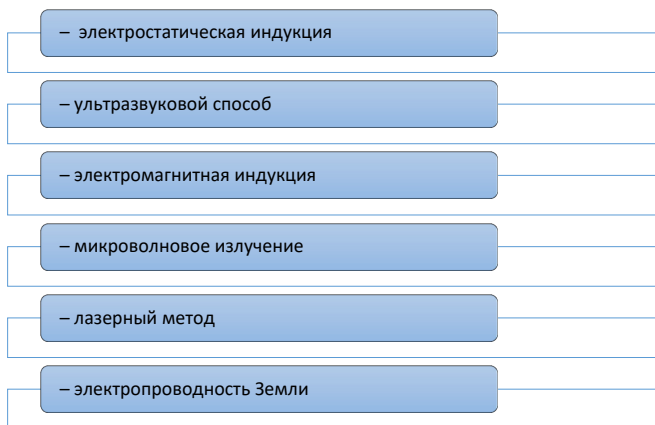


Рис. 2. Способы беспроводной передачи энергии

Электростатическая индукция

Суть данного метода заключается в том, что генератор создает в емкости электрическое поле, возбуждающее разницу потенциалов между анодом и катодом потребителя. Этим способом пользовался Тесла в своем опыте с беспроводной лампой освещения.

Ультразвуковой способ

Этот способ отличает создание акустической волны на уровне ультразвука передатчиком, после чего приемник принимает эти волны и преобразовывает их в электроэнергию (рис. 3). Достоинством данного метода является отсутствие вредного воздействия ультразвука на человека. Недостатки – низкий КПД, связанный с маленьким расстоянием между источником и приемником энергии, а также необходимость непосредственной видимости между ними [2].

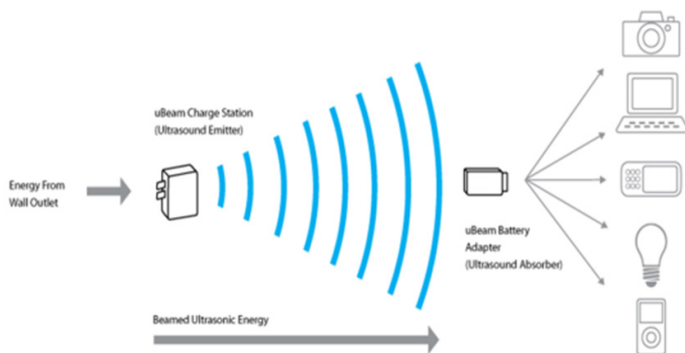


Рис. 3. Схема ультразвукового способа передачи энергии

Электромагнитная индукция

Метод электромагнитной индукции (рис. 4) основан на работе трансформатора. В процессе участвуют две катушки. Магнитное поле индуцирует электрический поток во вторичной обмотке трансформатора. Его недостатком является неизменная близость катушек, так как при небольшом увеличении расстояния между обмотками энергия распыляется в окружающую среду.

Резонанс – один из видов электромагнитной индукции. Его особенность состоит в том, что передающее и приемное устройства работают в одном частотном диапазоне. На передатчике установлена конденсаторная схема, для настройки на частоту приемника.

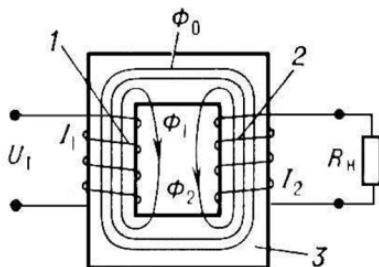


Рис. 4. Принцип работы электромагнитной индукции при передаче энергии без токопроводящих элементов

Микроволновое излучение

При использовании этого метода на орбитальной космической станции устанавливается передатчик, передающий с помощью микроволнового радиосигнала энергию на приемник, который находится на Земле. Недостатком является большая диафрагма антенн. Приемная антенна должна быть не менее 10 км. Чтобы уменьшить приемник, нужно увеличить частоту радиосигнала, что в свою очередь может нанести вред как человеку, так и окружающей среде в целом [3].

Лазерный метод

Этот способ сравнительно молодой. Передатчик создает лазерный луч высокой частоты, который попадает на фотоземлет приемника, после чего преобразуется в электроэнергию (рис. 5, 6).

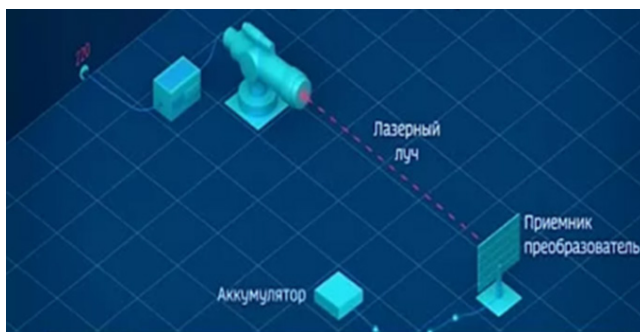


Рис. 5. Передача энергии с помощью лазера

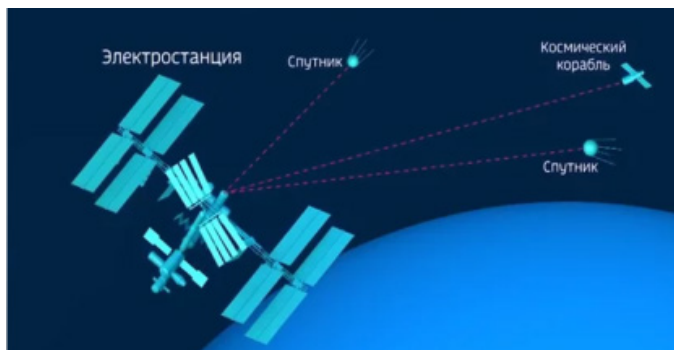


Рис. 6. Передача энергии в космосе с помощью лазера

Этот метод активно используется в военной сфере. На сегодняшний день уже созданы беспилотники, которые могут во время полета получать энергию от лазера. Достоинством способа является полное отсутствие радиочастотных помех, а также возможность создавать аппараты любых размеров. К недостаткам можно отнести необходимость прямой видимости между передатчиком и приемником при передаче энергии, низкий КПД фотоэлемента (40–50%) [4].

Электропроводность Земли

Недра и океаны Земли тоже можно использовать для передачи энергии без токопроводящих элементов (рис. 7). Подземные залежи металлических руд, так же как и мировой океан, имеют электропроводность, которая позволяет передавать энергию низкочастотного переменного тока. В огромных залежах кварцевого песка может возникать электростатическая индукция диэлектрических тел. Ультрафиолетовое излучение может быть использовано для ионизации атмосферных газов, которое приводит к появлению плазмы на линиях электропередачи. После этого образуется электрический ток, идущий через тропосферу к другому терминалу. Обратно заряд проходит через нижние слои стратосферы (7 км). Плазменный разряд в ионизированной атмосфере Земли позволяет ей становиться электропроводной [5].

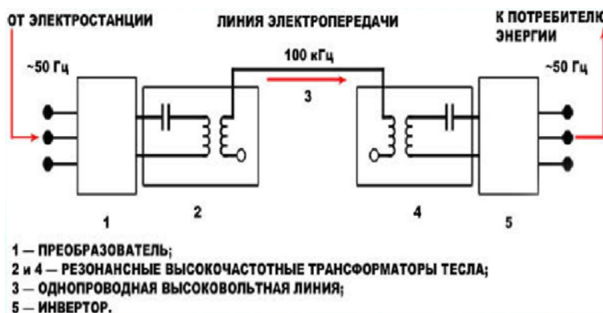


Рис. 7. Схема работы передачи энергии с помощью электропроводности Земли

Выводы

На данный момент самыми прогрессивными методами передачи электроэнергии без использования токопроводящих элементов являются: лазерный метод, микроволновое излучение и электромаг-

нитная индукция. Можно предположить, что в ближайшем будущем дома и транспорт будут полностью переведены на беспроводную электрическую энергию.

Библиографический список

1. Беспроводная передача электроэнергии. URL: <https://amperof.ru/teoriya/besprovodnaya-peredacha-elektroenergii.html> (дата обращения: 18.03.2023).
2. Цыганков А. В., Кивенко Б. Е., Березовский Д. К. Способы передачи электроэнергии беспроводными методами // Молодой ученый. 2020. № 42 (332). С. 19–23.
3. По заветам и технологиям Николы Тесла – беспроводная передача электроэнергии на большие расстояния уже реальность. URL: <https://greenstartpoint.ru/po-zavetam-i-tehnologiyam-nikoly-tesla-besprovodnaya-peredacha-elektroenergii-na-bolshie-rasstoyaniya-uzhe-realnost/> (дата обращения: 18.03.2023).
4. Перспективы создания и использования беспроводных систем передачи энергии. URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/perspektivy-sozdaniya-i-ispolzovaniya-besprovodnyh-sistem-peredachi-energii> (дата обращения: 18.03.2023).
5. Беспроводная передача электричества. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/a> (дата обращения: 18.03.2023).

УДК 681.5

Д. О. Степанян

студент кафедры электромеханики и робототехники

О. Б. Чернышева – старший преподаватель кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель

АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ГРУПП РОБОТОВ

Групповое управление роботами – это область исследований, которая занимается координацией действий группы роботов для выполнения задач. Это направление робототехники находит широкое применение в различных сферах деятельности, таких как производство, логистика, медицина, военная промышленность, космические и морские исследования и др.

Одно из основных преимуществ группового управления роботами – возможность повышения эффективности производственных процессов за счет координации и сотрудничества роботов. Также можно отметить, что использование группового управления роботами может привести к ускорению производственных процессов и улучшению качества продукции [1].

Однако реализация группового управления роботами может столкнуться с рядом проблем, таких как проблема координации движений, сбои в работе роботов и др. Поэтому разработка эффективных алгоритмов группового управления роботами является актуальной задачей для исследователей и инженеров в данной области.

Существует множество алгоритмов управления системами групп роботов, рассмотрим некоторые из них.

– Алгоритмы группового движения предназначены для решения задачи совместного перемещения группы роботов в заданное место. Примером является алгоритм «гонка за лидером»: к цели притягивается ведущий робот, а остальные роботы группы притягиваются к ведущему. Решение задачи перемещения в группах с лидером будет успешным, только если предусмотрена специальная процедура управления группой, в том случае если робот-лидер выйдет из строя [2].

– Алгоритмы групповой навигации используются при решении задачи определения оптимального маршрута для группы роботов, учитывая ограничения на пространство и скорость перемещения. Применяются различные алгоритмы, включая алгоритмы Дейкстры и A*, которые определяют кратчайший путь для группы роботов через лабиринт или другую область.

– Алгоритмы групповой локализации являются важным инструментом для координации действий группы роботов в различных задачах. Групповая локализация позволяет определять местоположение роботов в группе и относительно окружающей среды с высокой точностью. Один из примеров таких алгоритмов – SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), который используется для одновременного определения местоположения робота и построения карты окружающей среды. Одним из наиболее известных алгоритмов SLAM для нескольких роботов является распределенный расширенный фильтр Калмана (DEKF), который способен совместно оценивать состояние нескольких роботов и окружающей среды [3].

– Алгоритмы групповой манипуляции – важный компонент в различных областях, где применяются роботы. Позволяют решать задачи, которые невозможно выполнить одному роботу, например сборка деталей на производстве или сортировка предметов в логистическом центре. Для решения таких задач необходимо, чтобы группа роботов совместно выполняла манипуляционные операции. Для этого применяются алгоритмы координации действий, которые синхронизируют движения роботов, а также алгоритмы распределения задач, которые распределяют задачи между роботами в группе с учетом их способностей и доступности.

Каждый из этих алгоритмов имеет преимущества и недостатки. Например, алгоритмы группового движения могут быть простыми в реализации, но не учитывать различные ограничения, такие как препятствия и динамика движения, что может приводить к неожиданным столкновениям и потере роботов.

1. Алгоритмы групповой навигации, такие как алгоритм Дейкстры или A*, могут решать задачи маршрутизации группы роботов с высокой точностью, но быть неэффективными для решения задач с большим количеством роботов или сложным пространством перемещения.

2. Алгоритмы групповой локализации, такие как SLAM, могут быть полезными для решения задач навигации и картографирования, но потребовать большого количества вычислительных ресурсов и быть подвержены ошибкам.

3. Алгоритмы групповой манипуляции, такие как алгоритм распределения задач, могут обеспечить эффективное совместное выполнение задач, но быть чувствительны к изменениям в среде и ограничениям роботов.

Таким образом, для эффективного управления системой групп роботов необходимо выбирать подходящие алгоритмы в зависимости от конкретных требований задачи. Кроме того, можно комбинировать различные алгоритмы и технологии для создания более эффективных решений, таких как совмещение алгоритмов групповой навигации и локализации для создания более точных карт среды.

Системы групповой робототехники – это комплексные технические средства, состоящие из нескольких роботов, которые работают вместе для выполнения определенных задач. Они используются в различных областях, таких как производство, медицина, экология, спасательные операции, авиация и др.

Системы групп роботов могут решать широкий спектр задач.

– Алгоритмы групповой навигации и маршрутизации роботов позволяют им совместно определять свое местоположение и планировать оптимальные маршруты для достижения заданных целей. Существуют методы групповой навигации и маршрутизации роботов, основанные на использовании интеллектуальных алгоритмов, таких как генетические алгоритмы и методы искусственного интеллекта. Эти методы позволяют роботам эффективно планировать маршруты и избегать препятствий в режиме реального времени.

– Инспекция и обслуживание. Группа роботов может осуществлять инспекцию и обслуживание больших и сложных объектов, таких как здания, мосты или энергетические системы.

– Разведка и поиск. Группа роботов может работать вместе для обнаружения и идентификации объектов в непригодных для жизни зонах, например в зоне радиоактивного загрязнения или в глубоком космосе.

– Манипуляция и транспортировка. Группа роботов может совместно выполнять задачи по перемещению и манипулированию предметами, такими как грузы в складах или строительные материалы на строительной площадке.

– Коллективное решение задач. Группа роботов может работать вместе для решения сложных задач, таких как распределение ресурсов или поиск наилучшего решения определенной задачи.

– Работы на высоте. Группа роботов может совместно выполнять задачи на высоте, например для инспекции или обслуживания объектов на высоте.

Группы роботов могут существенно увеличить производительность, эффективность и точность выполнения задач, а также расширить возможности роботов в различных областях.

Задачи группового управления робототехническими системами могут быть классифицированы по различным признакам. Одним из возможных подходов к классификации задач является следующая.

1. Задачи синхронизации. Связаны с координацией движений роботов в группе. Например, роботы могут быть заданы для выполнения определенных движений одновременно или в определенной последовательности.

2. Задачи планирования. Связаны с планированием действий роботов в группе для достижения конкретных целей. Например, роботы могут быть заданы для выполнения определенных задач в определенном порядке или с определенными условиями.

3. Задачи маршрутизации. Связаны с выбором оптимальных маршрутов для роботов в группе. Например, роботы могут быть заданы для перемещения из одной точки в другую в наименьшее время или с наименьшей затратой на энергию.

4. Задачи распределения ресурсов. Связаны с распределением ресурсов между роботами в группе. Например, роботы могут иметь ограниченные запасы энергии или материалов, и задача заключается в эффективном использовании этих ресурсов.

5. Задачи коммуникации. Связаны с обменом информацией между роботами в группе. Например, роботы могут передавать друг другу данные о своем местоположении или статусе выполнения задач.

6. Задачи управления конфликтами. Связаны с разрешением конфликтов, которые могут возникать между роботами в группе. Например, два робота могут пытаться достичь одной и той же цели или занять одно и то же место.

Каждая из этих задач может быть решена различными алгоритмами группового управления в зависимости от конкретной ситуации и требований к системе. Однако все они имеют общую цель – обеспечить эффективное и безопасное функционирование робототехнической группы в заданных условиях.

Исследование групповой робототехники – это изучение конструкции роботов, их внешнего вида и контроля поведения. Ее появление связано (но не ограничивается) с системным эффектом поведения, наблюдаемого у социальных насекомых и называемого роевым интеллектом. Относительно простые правила индивидуального поведения могут создавать сложное организованное поведение всего роя. Ключевым моментом является взаимодействие между членами группы, которое создает систему постоянной обратной связи. Поведение роя включает постоянную смену участников, взаимодействующих друг с другом, а также поведение всей группы в целом [4].

В отличие от просто распределенных робототехнических систем, групповая робототехника подчеркивает большое количество роботов, а также предполагает масштабируемость, например с использованием только локальной связи. Эта локальная связь может быть сделана, например, на базе беспроводных систем передачи данных в радиочастотном или инфракрасном диапазонах.

Машинное обучение для решения задач группового управления

Машинное обучение – это метод анализа данных, который позволяет компьютеру обучаться на основе опыта и данных без явного программирования. Оно может быть использовано для обучения агентов робота определенным навыкам, таким как управление и координация действий с другими роботами.

Опишем некоторые методы машинного обучения, которые могут быть использованы для решения задач групповой робототехники.

Обучение с подкреплением (Reinforcement learning) – метод машинного обучения, в котором используется способ положительной награды за правильное действие и отрицательной за неправильное. Таким образом метод присваивает положительные значения желаемым действиям, чтобы побудить агента, и отрицательные значения – нежелательным. Это программирует нашего агента на поиск долгосрочного и максимального общего вознаграждения для достижения оптимального решения. Эти долгосрочные цели не дают агенту возможности останавливаться на достигнутом. Со временем система учится избегать негативных действий и совершает только позитивные.

Обучение с учителем (Supervised learning) – наиболее распространенный и изученный тип машинного обучения. В зависимости от того, что вы хотите предсказать, обучение с учителем может использоваться для решения двух типов задач: задачу регрессии и задачу классификации.

Кластерный анализ (Clustering) – метод машинного обучения, который используется для группировки данных на основе их сходства. Может быть использован для кластеризации групп роботов на основе их функциональных возможностей и разделения задач между ними. От обычной классификации по заданным признакам кластерный анализ отличается тем, что не алгоритм, а человек выявляет критерий кластеризации данных. Эта задача относится к классу «обучения без учителя» (англ. unsupervised learning), так как размеченного набора данных или какой-то заведомо известной информации о нем не предоставляется.

Обучение без учителя (Unsupervised learning) – метод машинного обучения (Machine Learning, ML), при котором модель обучается выявлять закономерности и скрытые взаимосвязи на наборах неразмеченных данных без контроля со стороны пользователя. При неконтролируемом обучении алгоритму не сообщается конечная цель или шаблоны, а только предоставляются массивы данных, общие признаки распознаются автоматически [5]. Поскольку у машин нет отмеченных данных для обучения, цель машинного обучения без учителя – обнаружение закономерностей в данных и их группировка. Обучение без учителя решает два типа задач: задачу кластеризации и задачу поиска ассоциативных правил.

Глубокое обучение (Deep learning) – метод машинного обучения, который предполагает самостоятельное выстраивание (тренировку) общих правил в виде искусственной нейронной сети на примере

данных во время процесса обучения. Обучение нейронной сети, особенно для систем машинного зрения, обычно проводится с учителем, т. е. на конкретных примерах данных с предварительно определенными для них результатами.

Применение глубокого обучения в групповой робототехнике может быть использовано в различных задачах, включая кооперативный поиск и спасение. В статье «Cooperative Multi-Robot Navigation Based on Deep Learning» описывается метод обучения группы роботов навигации в неизвестной среде с помощью глубокого обучения. В этой задаче роботы взаимодействуют друг с другом и обмениваются информацией о среде и своем местоположении, чтобы совместно определить оптимальный путь к цели. Глубокое обучение используется для обучения роботов принимать решения о выборе наилучшего пути, основываясь на данных о препятствиях и местоположении цели [6].

Кроме того, глубокое обучение может использоваться для обучения роботов выполнять различные задачи в группе, такие как координация движения, распределение ресурсов и планирование задач. Роботы могут быть обучены использовать обратную связь и взаимодействовать между собой, чтобы решать задачи более эффективно.

В групповой робототехнике глубокое обучение используется для решения задач, которые требуют большого количества данных и сложных вычислений. Это позволяет роботам обучаться на многих примерах и выявлять зависимости между входными и выходными данными, что может привести к более эффективному выполнению задач. Кроме того, глубокое обучение может помочь роботам адаптироваться к изменяющейся окружающей среде и справляться с неожиданными ситуациями.

Робототехнические системы могут быть использованы для выполнения различных задач, таких как монтаж, транспортировка, исследование и другие. Групповое управление робототехническими системами имеет множество преимуществ перед индивидуальным управлением, таких как повышение эффективности, гибкости, надежности и снижения стоимости. Для исследования и разработки группового управления робототехническими системами требуется специальная среда, в которой можно моделировать и тестировать алгоритмы группового управления.

Среда для проведения экспериментов по моделированию группового управления робототехническими системами должна быть удобной, гибкой и масштабируемой. Для создания такой среды можно использовать различные инструменты, такие как симуляторы роботов и языки программирования.

Один из наиболее популярных симуляторов роботов – Gazebo, который является бесплатным и с открытым исходным кодом. Он обеспечивает возможность создания физических моделей роботов, а также имитации их движения и взаимодействия с окружающей средой. Кроме того, Gazebo поддерживает многопоточность, что позволяет симулировать работу большого количества роботов одновременно.

Для разработки алгоритмов группового управления робототехническими системами можно использовать различные языки программирования, такие как Python, C++, Java и др. Для создания среды для проведения экспериментов по моделированию группового управления робототехническими системами можно использовать фреймворки машинного обучения, такие как TensorFlow, PyTorch, Keras и др. [7].

Заключение

Создание среды для проведения экспериментов по моделированию группового управления робототехническими системами требует значительных усилий и времени. Но это может значительно ускорить и упростить процесс исследования и разработки группового управления робототехническими системами.

Библиографический список

1. Интеллектуальные системы 4-й промышленной революции: сб. матер. III Междунар. форума, Томск, 26–27 нояб. 2019 г. / под ред. В. И. Сырякина. Томск: STT, 2020. 162 с.
2. Ахтёров А. В., Кирильченко А. А., Павловский В. Е., Рогозин К. В. Способы управления распределенной мобильной системой в условиях неопределенности. Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. 2012. 32 с. URL: <https://www.mathnet.ru/rus/imp85> (дата обращения: 14.03.2023).

3. *Дергачев В. В., Карташов О. О.* Способы оценки и снижения вычислительной сложности алгоритмов принятия решений в задачах одновременной локализации и картографирования. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-otsenki-i-snizheniya-vychislitelnoy-slozhnosti-algoritmov-prinyatiya-resheniy-v-zadachah-odnovremennoy-lokalizatsii-i> (дата обращения: 15.03.2023).

4. *Ровбо М. А., Овсянникова Е. Е., Чумаченко А. А.* Обзор средств имитационного моделирования коллективов роботов с элементами социальной организации. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-sredstv-imitatsionnogo-modelirovaniya-kollektivov-robotov-s-elementami-sotsialnoy-organizatsii>?ysclid (дата обращения: 15.03.2023).

5. *Мутяков С. Н., Мутяков Е. С.* Машинное обучение в задачах исследования инновационных процессов. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mashinnoe-obuchenie-v-zadachah-issledovaniya-innovatsionnyh-protsessov> (дата обращения: 14.03.2023).

6. *Hua Chen, Jing Chen, Yuexin Wu.* Cooperative Multi-Robot Navigation Based on Deep Learning. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8520643> (дата обращения: 14.03.2023).

7. *Хамидулин Т. Г.* Сравнение программного обеспечения глубокого обучения. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-programmnogo-obespecheniya-glubokogo-obucheniya> (дата обращения: 14.03.2023).

УДК 629.787

Ф. А. Ташенков

ученик 9-го класса школы № 690

В. С. Голиков, Н. А. Кифоренко – студенты кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители

ПЕРЕДВИЖНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ. ПЛАНЕТОХОДЫ

Прошлый век, наполненный крупными научными и техническими достижениями, был прославлен событием глобального значения – выходом человечества в космические просторы. С тех пор исследование космоса становится все более методичным, расширяются горизонты научных познаний. Космическая робототехника стала одним из самых перспективных направлений развития современной космонавтики, часто единственным возможным средством изучения и освоения космоса. Начальными примерами применения средств робототехники в космическом пространстве стали манипуляторы, которые произвели отбор проб грунта советскими и американскими космическими кораблями с поверхности Луны, Марса и Венеры. Примерами использования роботов в открытом космосе являются манипуляционные роботы многогрозных космических кораблей Canadarm и ERA.

К основным робототехническим системам космического назначения относятся роботы для технического обслуживания, ремонта, дозаправки орбитальных космических аппаратов; устройства для работы снаружи и внутри космических кораблей и роботы-планетоходы. Использование и широкое развитие передвижных космических аппаратов обеспечило высокую эффективность исследований обширных территорий естественного спутника земли и ближайших планет. Успешный опыт, несмотря на сопутствующие сложности, связанные, например, с организацией доставки к поверхностям и обеспечением надежной работоспособности в экстремально агрессивных условиях космоса, позволяет считать планетоходы крайне перспективным типом роботов для дальнейших исследований различных небесных тел.

Первый на Луне

Планетоход – это космический аппарат, предназначенный для передвижения по поверхности другой планеты или небесного тела. Одни были сконструированы для перемещения членов экипажа космической экспедиции; другие являются исследовательскими аппаратами – дистанционно управляемыми роботами. Психофизические ограничения не позволяют человеку проводить многие виды работ в космосе. Автоматические межпланетные станции, планетоходы, которые являются, по сути, сложными интеллектуальными роботами, помогают решать необходимые задачи [1].

Около 50 лет назад, 10 ноября 1970 г., с космодрома Байконур с помощью ракеты-носителя «Протон-К» была запущена автоматическая космическая станция «Луна-17», доставившая спустя несколько дней на Луну первый в мире самоходный аппарат «Луноход-1» (рис. 1). Начался новый этап в исследовании естественного спутника земли автоматическими аппаратами. Самоходная лаборатория выполнила программы научно-технических исследований и экспериментов. Одновременно с этим прошли испытания систем лунохода и приобретение опыта вождения экипажем, находящемся на Земле.

Пять мировых рекордов, зарегистрированных и подтвержденных дипломами Международной авиационной федерации (FAI), были установлены во время миссии, в их числе: рекорд общего расстояния, покрытого луноходом, рекорд максимальной скорости и абсолютный мировой рекорд по продолжительности существования на лунной поверхности. В ходе выполнения программы работы за 116 сеансов движения «Луноход-1» прошел расстояние 10540 м, что позволило детально обследовать лунную поверхность на площади 80000 м². Максимальная скорость движения составила 2 км/ч. За это время на Землю было передано 200 телефотометрических панорам и около 20 тыс. снимков малокадрового телевидения, активно изучались физические и химические свойства грунта. «Луноход-1» действовал на спутнике Земли одиннадцать лунных дней (10,5 земного месяца), в результате отказа системы бортового питания связь с ним оборвалась, он прекратил свое существование [2].

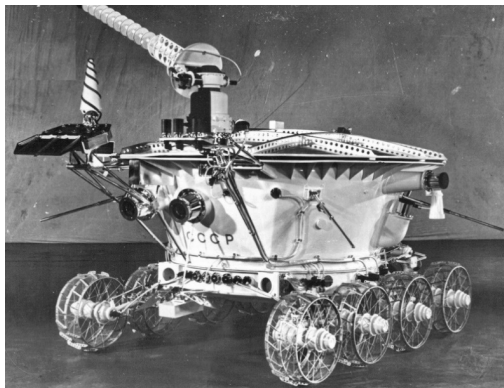


Рис. 1. Первый самоходный аппарат Луноход-1

Опубликованная недавно электронная версия уникального исторического документа 1972 г. «Радиотехнический комплекс автоматической станции „Луна-17“ и „Луноход-1“» (рис. 2) раскрывает подробности о работе бортовых передатчиков, антенных систем, систем телеметрии, фотоаппаратуры и системы малокадрового телевидения лунохода. Упоминаются в нем и некоторые сопутствующие проблемы:

- периодическое уменьшение информативной мощности при проведении сеансов связи и далее полный отказ одного из комплектов передатчиков;
- нарушение работы бортовых передатчиков через остронаправленную антенну ОНА;
- ряд конструктивных недостатков, связанных с высотой установки камер и необходимости использования бленды;
- ошибки в определении коэффициента отражения лунной поверхности в зоне посадки, что привело к уменьшению световой модуляции видеосигнала и контраста изображения;
- нарушение синхронизации одной из камер фототелевизионной системы.



Рис. 2. Панорамный снимок, выполненный после приземления аппарата «Луноход-1»

Кроме исторического значения документ представляет интерес с точки зрения понимания подходов к обработке информации, полученной при использовании приборов в реальных условиях; позволяет оценить, как в течение нескольких лет велась работа над ошибками, позволившая существенно продвинуться в развитии систем самоходных автоматических станций для исследования других планет и почти идеально провести следующую лунную миссию [3].

Современные планетоходы

Советские и американские автоматические аппараты полувековой давности были куда примитивнее современных автоматов. Но по способности передвигаться они все еще близки к тем роботам, что сегодня бороздят ближайшие планеты. При их разработках учитываются основы, недостатки кон-

струкций и опыт прошлых лет. Это требует огромных умственных и финансовых ресурсов. Но, например, отправка на Марс корабля с космической станцией на борту обходится примерно в 40 раз дешевле, чем стоимость миссии с участием человека, которая будет безвозвратной для астронавта.

Подвижные космические аппараты, планетоходы, должны отвечать следующим критериям:

- способны перенести запуск и приземление;
- способны функционировать в сложных условиях враждебной среды;
- должны иметь как можно меньший вес;
- должны потреблять мало энергии и иметь долгий срок службы;
- способны работать в автоматическом режиме;
- должны обладать чрезвычайной надежностью.

Для соответствия всем этим требованиям ученые работают над созданием наноматериалов, устройств, механизмов, приводов, микроконтроллеров, обладающих высокой прочностью, легкостью и использующих как можно меньше энергии. Обеспечивается их стойкость к перегрузкам, низким и высоким температурам, давлению, пылевому загрязнению, химической коррозии, космической радиации, сохранение работоспособности без ремонтных работ в течение требуемого для выполнения исследований времени. Питание бортовых систем выполнено с применением солнечных и химических батарей или небольших ядерно-энергетических систем, в которых под действием альфа-излучения происходит распад изотопа плутоний-238 или нептуний-237.

Современные планетоходы, которые используются в космических исследованиях сегодня также называют роверами. Последователи далекого «Лунохода-1» – дистанционно управляемые, роботизированные, моторизованные аппараты. Сегодня на ближайших планетах в глубоком космосе действуют: китайский луноход Yutu-2 – первый в истории человечества, оказавшийся на обратной стороне Луны, американские марсоходы-роверы Perseverance и Curiosity, китайский марсоход Zhurong. Все они выполняют определенные задачи уже не один год. Рекордсменом среди работающих является марсоход Curiosity, который ведет свою научно-исследовательскую миссию вот уже около 11 лет [4]. Побить его рекорд смог ныне не действующий аппарат Opportunity, более чем в 55 раз превысивший запланированный срок своей миссии и прекративший существование спустя 15 лет научно-исследовательской деятельности на поверхности Марса (рис. 3). 12 июня 2018 г. Opportunity перешел в «спящий режим» из-за длительной и мощной пылевой бури, препятствующей поступлению света на солнечные батареи и с тех пор на связь не выходил.



Рис. 3. Действующий ровер NASA Curiosity в процессе исследования Марса

Продолжительность работы современных космических роботов доказывает, какая масштабная работа ведется специалистами в целях повышения уровня автономности и живучести и какие огромные перспективы развития они имеют.

Планетоходы различны не только внешне, но и в принципиальных технических решениях, определяемых условиями работы и их назначением. Время полета, атмосфера, температура на поверхности, ускорение свободного падения, рельеф, несущая способность грунта – все это находит отражение

в их конструкциях. Характерным для конструкций является применение легких сплавов, отдельные узлы имеют оптимально выполненные формы, позволяющие включить в силовую схему нагружения весь материал конструкции.

Высокий уровень сложности представляет для разработчиков обеспечение надежной работы узлов трения в вакууме и в атмосфере планет. Применение уплотнений и создание определенного микроклимата в герметичных корпусах планетоходов, использование высокотехнологичных покрытий и смазок, создание специальных материалов помогают решить проблемы. Во время тестирования конструкций планетоходов на Земле имитируются температурные условия, моделируются процессы взаимодействия двигателей с грунтом, происходит имитация атмосферных условий (в том числе высокого вакуума), моделирование гравитации, создаются условия ускоренного износа узлов и механизмов и др.

Способность передвигаться по поверхности планет – самое характерное качество планетохода. Характеристики тяговых двигателей напрямую зависят от свойств поверхностного слоя грунта и сил гравитации. Конструкции двигателя и подвески должны обеспечить в этих условиях достаточную проходимость. Способ определения принципа движения и его реализация для различных планетоходов, несмотря на их индивидуальность, во многом носят общий характер. В распоряжении конструкторов привычные на земле способы передвижения на гусеницах или на колесах, шагающие или колесно-шагающие принципы движения.

Управление движением – не менее сложная задача ввиду удаленности некоторых планет. Если для луноходов реальным оказалось применение метода дистанционного управления с элементами автоматизации безопасности движения, то для более удаленных тел возникает необходимость создания автономной автоматической системы управления с редким, периодическим вмешательством с наземных пунктов управления. Например, учитывая расстояние между землей и Марсом, на прохождение сигнала требуется около 22 мин. Этому параметру должен соответствовать мощный измерительно-информационный комплекс [5].

Оснащение рядом «навигационных камер» позволяет наземным группам операторов виртуально воссоздать местность, покрытую планетоходом. С помощью полученных изображений инженеры анализируют окружающую среду с целью выявления возможных препятствий. Затем будут написаны сложные коды и переданы машине. Процессоры обрабатывают полученные программы и изменяют маршрут движения в обход препятствий. Обычно для планирования типичного маршрута требуется несколько часов. Также роверы могут опираться на технику визуальной одометрии. В этом случае планетоход останавливается примерно через каждый метр, чтобы отправить на Землю изображения того, что он видит. На основе этого принимается решение, продолжать движение или нет. Благодаря новым выделенным вычислительным ресурсам и улучшенным алгоритмам современные аппараты могут двигаться гораздо быстрее [6].

Создаются экспериментальные действующие полномасштабные образцы оригинальной конструкции и в тщательно отобранных районах по всему миру проводятся их ходовые испытания. Пустыня Мохаве в Штате Калифорния относится к таким местам, является геологическим аналогом Марса. Древние осадочные породы здесь практически неотличимы от тех, что обнаружил марсоход Perseverance в кратере Езеро на поверхности Красной планеты. Одной из характерных черт рельефа подобных испытательных площадок может считаться очень высокая насыщенность камнями. Среди других особенностей – крутые склоны из песчаного материала с крутизной склонов 30–35°, большое число кратеров, а также элементов рельефа, связанных с эрозией поверхности под воздействием водных и ветровых потоков, периодическим оттаиванием грунта.

В процессе испытаний на макете марсохода реализуются основные компоненты технических систем, необходимых для работы на поверхности Марса. К их числу следует отнести: самоходное шасси; бортовой вычислительный комплекс; телевизионные системы; радиотелеметрическую систему; радиокомандную систему; систему бортового электропитания; компьютеризированный пункт управления. Наличие такого комплекса позволяет проводить разнообразные виды испытаний: отрабатываются методы организации работ по управлению аппаратом, алгоритмы передачи и обработки информации и формирования команд управления [7].

Каждое поколение планетоходов было построено на открытиях и становилось все больше и сложнее в своем воплощении. Аппарат Sojourner размером с небольшой короб привел к появлению марсоходов Spirit и Opportunity размером с гольф-кар, а действующие марсоходы Curiosity и

Perseverance имеют размеры среднего легкового автомобиля. Техническую сложность марсоходов действительно трудно даже понять. Тысячи метров проводов, соединителей, различных видов материалов: от металлов до композитов, многие виды пластмасс, жидкие химикаты. Удивительно, но даже пробковое дерево используется в элементах конструкции планетоходов.

Пространство – ограниченный ресурс, который также делает рассматриваемые аппараты очень сложными. Здесь мы имеем в виду ограниченность пространства ракеты-носителя: капсула автоматической станции должна помещаться внутри. Это требует компактности размещения и исполнения узлов и механизмов. Подобные особенности разработок накладываются друг на друга. Более того, до тех пор, пока ракеты-носители не станут значительно больше, человечество как бы «застряло» в этом диапазоне в несколько тысяч килограммов, которые может доставить к Марсу.

Следующая проблема заключается в том, что на испытательных стендах Земли, где создают внеземные условия, далеко не каждый инопланетный аспект может быть идеально имитирован и не каждая процедура может быть выполнена в пределах испытательного стенда. Таким образом, проблемы в конструкции иногда могут оставаться скрытыми: это секрет, ожидающий раскрытия далекими планетами.

Космическая капсула, путешествующая с Земли на Марс, развивает огромную скорость, и к тому времени, когда она достигает вершины атмосферы Марса, движется со скоростью около 20000 км/ч. Марсианская атмосфера имеет плотность примерно в 1% от земной, но тепловой экран все еще необходим, чтобы предотвратить сгорание капсулы из-за трения воздуха. Скорость снижается до примерно 400 м/с и далее, чтобы замедлить капсулу, применяют космические сверхзвуковые парашюты. Они тормозят спускаемый аппарат до 60–100 м/с. Финальный этап посадки отличается наибольшим разнообразием технических решений, где аппараты спускаются на своих двигателях, тормозятся сбрасываемыми двигателями и садятся в надувных шарах амортизаторов (марсоходы Spirit/Opportunity), опускаются на поверхность под специальной платформой на ракетных двигателях (Curiosity), а легкие аппараты могут обходиться без тормозных двигателей или, притормозив ими, падают на амортизатор. Разработчики прилагают немало усилий и выполняют десятки тестовых попыток во время испытаний на земле. Испытательные парашюты марсоходов Opportunity, Curiosity во время имитации спуска на поверхность Марса со скоростью 2 маха, или около 2000 км/ч, буквально разорвались над Гавайями на части. Инженерам пришлось пересмотреть то, что, по их мнению, они знали о парашютах, прежде чем они добились нужного результата (рис. 4).

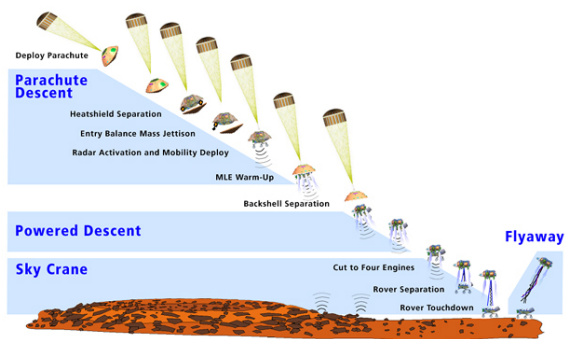


Рис. 4. Вход в атмосферу Марса и спуск космического аппарата к поверхности планеты

Марс не является дружелюбной или благоприятной планетой для посадки. Особенности атмосферы не позволяют сегодня производить посадки тяжелых полезных нагрузок или крупных беспилотных миссий, вроде тех, в которых требуется возврат образца, не говоря уже о человеческой миссии, где потребуются применение космических аппаратов массой от 5 до 20 т.

Ученым и инженерам могут потребоваться месяцы расчетов и обсуждений, чтобы договориться о том, в каком идеальном месте приземлить автоматическую станцию. Необходимо максимально точно рассчитать, обладает ли это место условиями и качествами, необходимыми для безопасной посадки, а также имеет ли оно интересную геологию или химический состав для изучения. Факторы более сильных ветров, скопление острых скал, неспособность воссоздать идеальные условия атмосферы не раз ставили под сомнение планируемые места приземления.

Инопланетные миссии занимают годы проектирования и разработок, связаны с рядом сложных технических проблем и важно закрепить каждый опыт преодоления таких сложностей. В какой-то момент разработчики вынуждены принять окончательные решения и начать миссию с тем, что есть. Несмотря на большой исторический и современный опыт, полностью предсказать успех невозможно [8].

Перспективы развития космической робототехники

Будущее космической робототехники определяется историей ее развития, связано как с расширением функциональных возможностей отработанных образцов аппаратов, так и с созданием новых классов систем, не имеющих на сегодняшний день действующих аналогов. При этом уникальность объектов космической робототехники, экстремальные условия функционирования, затрудненность полномасштабной наземной отработки предполагают многообразие конструктивных решений и широкий спектр вопросов, требующих дополнительных теоретических и экспериментальных исследований.

Стремление расширить возможности робототехнических космических систем ведет к их усложнению и удорожанию, а ограничение функциональности, обусловленное требованиями надежности, не всегда желательно с точки зрения космических условий применения.

Для средств космической робототехники, выделяют следующие пути развития:

- совершенствование отработанных прототипов, расширение их функциональных возможностей без принципиальных изменений конструкций;
- разработка и использование новых вычислительных мощностей с возможностями глубокого обучения и машинного обучения для увеличения энергоэффективности и повышения автономности;
- разработка для решения разного рода задач взаимосвязанной совокупности средств космической робототехники, предполагающих модульность и возможность обновления конфигураций;
- развитие «антропоморфного подхода», предполагающего увеличение кинематического подобия робототехнических средств организму человека для обеспечения схожей функциональности и облегчения воспроизведения роботом физиологически естественных для человека движений [9].

Библиографический список

1. Силантьев С., Фоминов И., Королев С. Роботы на орбите // Воздушно-космическая сфера. 2016. № 2. С. 1–2.
2. Луноходу-1 – 50 лет. URL: <https://www.roscosmos.ru/29547/> (дата обращения: 06.03.2023).
3. История Лунохода-1 и работа над ошибками. URL: <https://www.roscosmos.ru/26284/> (дата обращения: 09.03.2023).
4. Что сейчас в космосе. URL: <https://www.astronews.ru/cgi-bin/whatsinspace.cgi> (дата обращения: 10.03.2023).
5. Кемурджян А., Громов В., Кажукало И. Планетоходы. М.: Машиностроение, 1993. 400 с.
6. Три марсианские миссии. URL: <https://new-science.ru/v-2021-godu-kosmicheskie-novosti-obeshhajut-byt-zahvatyvajushhim/> (дата обращения: 15.03.2023).
7. «Марсоход» и его испытания в пустыне Мохаве. URL: https://epizodsspace.airbase.ru/bibl/zemlya_i_vselennaya/1993/6/marsohod.html (дата обращения: 15.03.2023).
8. Secrets of the Mars Rovers. URL: <https://mars.nasa.gov/resources/27346/secrets-of-the-mars-rovers/?site=msl> (дата обращения: 15.03.2023).
9. Белоножко П. П. Космическая робототехника. Современное состояние, перспективные задачи, тенденции развития. Аналитический обзор // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2016. № 12. С. 110–153.

УДК 62-5;62-52

М. В. Федорова

ученица 10-го класса лица № 144

С. О. Жеребко – магистрант кафедры управления в технических системах – научный руководитель**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗРЕНИЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕ**

В XXI в. робототехника стала важной отраслью прикладной науки. Ее главная задача – создать прочную связь между техникой (роботами) и человеком. Но также в основные цели науки необходимо зачислить разработку технологической системы, что станет основой в развитии автоматического производства. Компьютерное зрение позволяет машинным технологиям «понимать» и анализировать изображения и видео.

С рождения человек имеет органы чувств, благодаря которым он получает и анализирует информацию об окружающем его мире. Один из основных органов чувств – зрение. Это способность человека воспринимать информацию путем преобразования электромагнитного излучения светового диапазона, осуществляемая зрительной системой. Благодаря зрению мы распознаем размеры объектов, формы, внешний вид, положение в пространстве, а также физиологическую деятельность и процессы. Человеческий глаз является сложной системой, функция которой осуществима благодаря взаимосвязи комплекса элементов [1; 2].

Компьютерная техника видит окружающий мир пикселями, которые будут обнаружены, обработаны, проанализированы и определены той базой данной информации, что включена в систему компьютера. Это главная разница между человеческим зрением и зрением техники. Чтобы понимать эту разницу, нужно точно определить, что такое компьютерное зрение. Можно высказаться общим понятием. Компьютерное зрение – это функция устройства для обнаружения, обработки и анализа объекта изучения или окружения. С инженерной точки зрения такую возможность имеет производственное оборудование для обнаружения и удаления дефектной продукции (рис. 1).

Когда компьютерное зрение применяется в промышленности, то оно называется машинным или техническим зрением. Такое зрение необходимо в машинном обучении, в изучении базы данных и сетевых системах, а также в контрольно-измерительных приборах. Выходной контроль готовой продукции, а именно проверка на дефектность выходящей продукции, например чипов, продуктов ежедневного пользования, предметов лекарственного и автомобильного значения, является основным или, скорее, распространенным применением машинного зрения, что занимает важное место в исследованиях оптики, промышленности и автоматизации производства, а также в машиностроении.

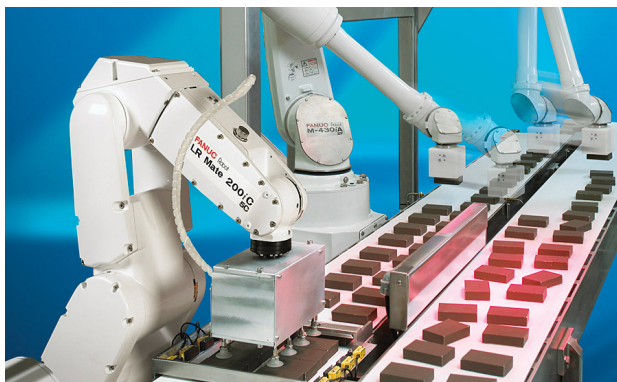


Рис. 1. Пример технического зрения

При определении технического и компьютерного вида зрения многие допускают ошибку. Но стоит запомнить основную разницу и особенность между этими видами зрения. Техническое (машинное) зрение является частью инженерного раздела науки, связанного с промышленностью и производством, а компьютерное зрение – это общая область изучения.

Нынешнее развитие автоматического производства имеет преимущество перед временем, когда рабочие на промышленности из-за многих причин, в том числе человеческого фактора, могли допустить ошибку при самостоятельном осмотре готовой продукции на наличие дефектов. Сейчас машинное зрение сократило не только время проверки готовых продуктов, но и убрало небрежность и усталость. К сожалению, у системы технического зрения есть минус, а именно программа узкого круга задач, например обнаружение только дефектов и ошибок на поверхности продукции, но никак не более глубокая проверка. Поэтому существуют системы, использующие цифровые интеллектуальные камеры и программное обеспечение для обработки изображений для выполнения подобных проверок [3].

Компьютерные системы обработки изображений чаще всего создаются, чтобы выполнять одиночные или периодически повторяющиеся задачи, и, к сожалению, пока ни одна система технического зрения не может соотноситься с возможностями человеческого зрения. Классическая систем технического зрения (СТЗ) состоит из нескольких компонентов (рис. 2).

Как для любой системы по изучению объекта окружающего мира имеет важное место получение изображения объекта. Осуществляется этот этап с помощью камер, цифровых или аналоговых. В дополнение к камерам применяются объективы, которые фокусируют прибор на объекте, улучшая качество изображения, источники света, датчики магнитного или оптического типа для захвата и обработки полученного изображения. В такие системы включены устройства ввода и вывода информации и каналы обратной связи для получения отчета по анализам, исследованиям и результатам. Затем полученная картинка переходит на обработку, анализ и оцифровывание захватчиком кадров или устройством захвата изображения. Далее в работу вступает программное обеспечение машинного зрения и процессор системы, который может быть как отдельным элементом в виде персонального компьютера, так и встроенным процессором внутри камеры. Финальный этап – оператор или привод, нужный для удаления дефектных объектов либо дальнейшей сортировки.

Существуют системы машинного зрения, в которых включена «умная» камера. Данное устройство способно уменьшать количество необходимых ресурсов и этапов для получения того же результата и даже лучше.

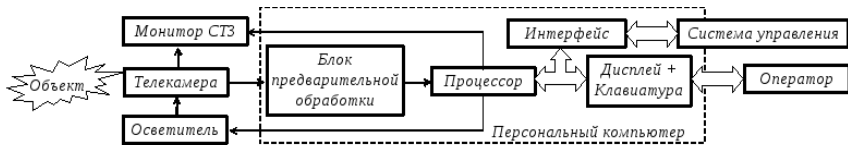


Рис. 2. Типовая структура системы технического зрения (СТЗ) робота

Снимок объекта изучения или окружающей среды выполняется камерой, которая начинает работу, затем датчик захватывает позицию детали на конвейерной ленте, она будет подвержена обработке, анализу и, может быть, удалению.

На следующем этапе полученная фотография передается устройству, оцифровывающему изображение в данные, а именно в массив чисел, которые будут сравниваться и проверяться программным обеспечением (ПО). Данную работу совершает захватчик кадров.

Перед вычислением и определением объекта на изображении ПО сначала «обесцвечивает» полученные данные и преобразует их в единую комбинацию различных оттенков серого, т. е. бинаризует снимок объекта. Затем ПО начинает вычисление характеристик объекта на конвейерной ленте, а именно размеров, полученных дефектов на поверхности. На заключительном шаге ПО принимает решение в выборе принятия или удаления детали, основываясь на тех установках, критериях, соответствиях, что заданы внутри данного ПО. При обнаружении дефекта на объекте ПО посылает командный

сигнал на станок, что обраковать деталь. Также СТЗ имеет возможность полной остановки конвейерной линии для предупреждения рабочего о необходимости проверки и решении возникшей проблемы [4].

Есть множество улучшений технического зрения как и в промышленной сфере, так и в быденной жизни. Например, все большее распространение получают камеры с цветным изображением и прямым подключением к системе. Данные модификации улучшают качество изображения и упрощают работу системы. Имеют преимущества камеры, которые не требуют захватчика кадра, а также подключения внешнего компьютера и источника основного питания, заменяя данные потребности внутренним процессором. Такие «умные» камеры гораздо дешевле и проще в системе ПО, имеют большую производительность [5].

Можно выделить четыре ключевые задачи, для которых используют компьютерное зрение (рис. 3).

1. Классификация, когда объекту присваивается определенный класс. Нейросеть определяет его в одну из групп, которую знает, например человек, скамейка, чемодан.

2. Локализация, т. е. определение местоположения объекта.

3. Детектирование, которым, например, можно обнаружить в метро забытую вещь в режиме реального времени. Компьютер проведет локализацию и классифицирует ее.

4. Сегментация, которая отделяет изображения от фона и позволяет накладывать на них маски.

Можно разделить объекты на классы и выделить масками разного цвета: котов – синей, а собак – красной.



Рис. 3. Ключевые задачи технического зрения

Любая система машинного зрения имеет те или иные методы обработки изображения. Они могут быть включены в саму работу камеры или быть коммерческими. Одними из наиболее распространенными являются счетчик пикселей, т. е. СТЗ ведет подсчет темных, светлых пикселей на полученном изображении. Также в список методов нужно добавить бинаризацию и сегментацию. Первый метод вместо черно-белых пикселей использует серые тона изображения, а второй ищет детали по базе данных и считает их количество.

Также используется метод по обнаружению, анализу и обработке блоков. Блобы – массивы двоичных данных. Эти данные используются для поиска цели для дальнейшей обработки, захвата и удаления производственного дефекта, если такой был обнаружен. В число методов еще включим идентификацию геонтов, т. е. простых и сложных форм изображения, а также работу диагностики по шаблонам и обработку с помощью нейронной сети. Последнее является решением проблемы с помощью выбора вариантов с самым лучшим самообучением. Чаще всего используется не один из перечисленных методов, а их совокупность, что повышает эффективность работы производства.

Существует множество предназначений, заданий, применений системы машинного зрения. Значение СТЗ особенно важно на производствах области мелкой автоматизации, при контроле качества финальной продукции и шаблонов, для дальнейшего обнаружения дефектов на крупных промышленных производствах, а также в системах безопасности и визуального управления.

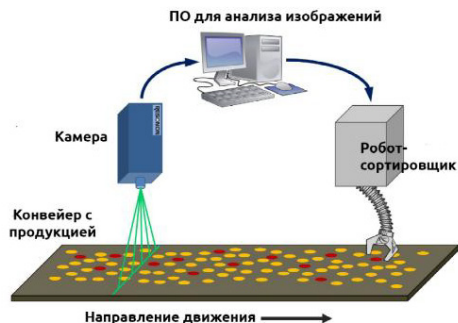


Рис. 4. Пример применения СТЗ на производстве

На рис. 4 показан пример системы использования СТЗ на производстве. Такая система может применяться для считывания информации, такой как штрихкоды, также способна на обнаружение внешних деформаций, повреждений и царапин на поверхности изучаемого объекта.

Важнейшей целью технического зрения устройства на производстве является построение моделей объектов в окружении выбора, реализовать это можно путем обработки и выбора образов на основе сенсорных данных. Повышение точности квалификации образов в окружении выбора устройства особенно важно для правильного принятия решения при ситуационном управлении движением, исключающем аварийные ситуации. Применение технического зрения на производстве необходимо, так как оно во много раз ускоряет и делает качественнее проверку продуктов.

Библиографический список

1. Чабан Л. Н. Методы и алгоритмы распознавания образов в автоматизированном дешифрировании данных дистанционного зондирования: учеб. пособие. М.: МИИГАиК, 2016. 94 с.
2. Фоминых И. Б. Адаптивные системы и информационная модель эмоций // Интеллектуальное управление: новые интеллектуальные технологии в задачах управления (ICIT'99): тр. Междунар. конф., Переславль-Залесский, 6–9 дек. 1999 г. М., 1999.
3. Костылев Д. А., Федотов О. В. Машинное зрение в робототехнических системах // Наука, техника и образование. 2016. № 7 (25) С. 55–58.
4. Жеребко С. О., Курбанов В. Г. Компьютерное моделирование алгоритмов классификации образов. СПб.: ГУАП, 2021.
5. Благоевещенский И. Г. Использование системы компьютерного зрения для контроля в режиме онлайн качества сырья и готовой продукции пищевой промышленности // Пищевая промышленность. 2015. № 6. С. 9–13.

УДК 62-93

М. И. Ферштадт

студент кафедры электромеханики и робототехники

М. В. Сержантова – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ПО СКОРОСТИ В ОДНОКОНТУРНОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Структурная схема электропривода [1] с исполнительным двигателем постоянного тока (ДПТ), управляемого по цепи якоря, в обобщенном виде представлена на рис. 1. Она включает:

- 1) звено с передаточной функцией $W_{ог}(s)$, отображающее динамические свойства двигателя (обычно с учетом нагрузки);
- 2) силовой регулятор, представленный звеном $W_{ср}(s)$. В качестве силового регулятора будем рассматривать широтно-импульсный преобразователь с напряжением питания, равным номинальному напряжению якоря ($U = 110$ В), и коэффициентом усиления $k_{ср} = 100$;
- 3) регулятор с передаточной функцией $W_p(s)$, структура и параметры которого должны быть определены в результате его синтеза;
- 4) в одноконтурных системах электропривода ограничение тока якоря и момента при скачкообразном изменении входного сигнала может быть достигнуто только за счет изменения (уменьшения) величины входного сигнала. При этом скорость на выходе также будет ограничена [2]. Для достижения номинальной скорости приходится ограничивать скорость нарастания входного сигнала. Для этого в одноконтурных системах на входе включается датчик нарастания скорости [3].

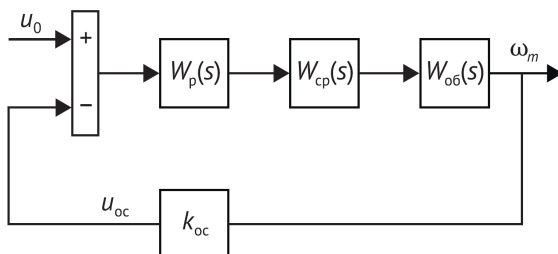


Рис. 1. Структурная схема одноконтурной скоростной системы постоянного тока

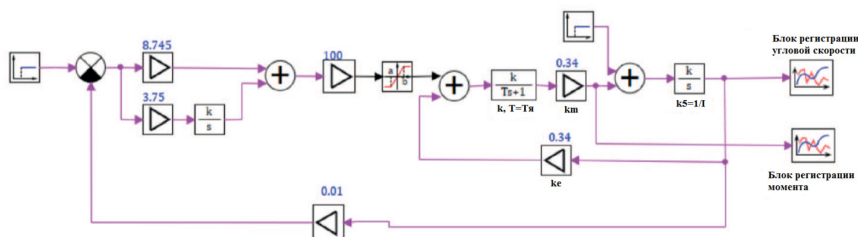


Рис. 2. Модель одноконтурной скоростной системы постоянного тока с ПИ-регулятором, представленная безынерционным звеном

Теоретические задачи синтеза структуры и расчета параметров регулятора в одноконтурном электроприводе постоянного тока осуществляются с использованием структуры ДПТ, составленной по корням характеристического уравнения. Моделирование же замкнутого электропривода при спроектированных регуляторах осуществляется с использованием структурной модели ДПТ, представленной передаточными функциями электромагнитной и электромеханической цепей. Использование данного подхода к решению задач связано с необходимостью последующего исследования электропривода при наличии нагрузочного момента.

В случае когда постоянные времени в передаточной функции ДПТ сильно разнятся, силовой регулятор может быть представлен в виде двух вариантов: безынерционного звена (рис. 2) и безынерционного звена с насыщением [4].

Исследования, проведенные с этой моделью, показали, что при входном сигнале, соответствующем максимально допустимому току якоря и моменту (когда параметры ДПТ можно считать постоянными), силовой регулятор работает в линейной зоне (не насыщается).

Переходные процессы в модели по скорости и моменту при скачке входного сигнала, соответствующего постоянству параметров двигателя, показаны на рис. 3 [5].

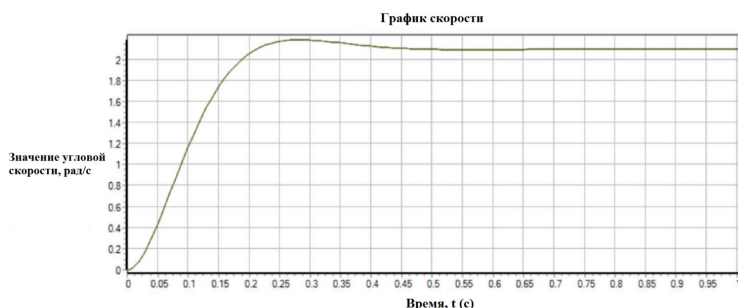


Рис. 3. Переходный процесс по скорости в замкнутом электроприводе с ПИ-регулятором

Библиографический список

1. Строганов В. И. Электромобили и автомобили с комбинированной энергоустановкой: учеб. пособие. М.: МАДИ, 2016.
2. Синтез контура регулирования тока 1 // Блок электрика. URL: <https://lemzspb.ru/sintez-kontura-regulirovaniya-toka-1/> (дата обращения: 09.03.2023).
3. Фаизов Р. Р. Анализ и синтез привода с электродвигателем постоянного тока. URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=511206> (дата обращения: 09.03.2023).
4. Проскуряков В. С., Соболев С. В. Электротехника. Электрические машины постоянного тока: учеб. пособие. Екатеринбург, 2008.
5. Абакумов А. М., Тулунов П. В., Чабанов Ю. А. Электрический привод. Часть 1. Электроприводы постоянного тока: учеб. пособие. Самара, 2010.

УДК 62-52

М. И. Ферштадт

студент кафедры электромеханики и робототехники

М. В. Сержантова – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**ПРИНЦИПЫ ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ**

В цифровых электроприводах (ЭП) с обратными связями используют микропроцессорные вычислительные устройства, которые включают: ЦАП (цифроаналоговый преобразователь), АЦП (аналого-цифровой преобразователь), микроЭВМ (микроконтроллер, компьютер и пр.). То есть цифровой ЭП по своей сущности является замкнутой системой автоматического управления с микроконтроллером или компьютером. Для управления угловыми (линейными) скоростями и угловыми (линейными) перемещениями механических объектов различного технологического назначения, в том числе мехатронных модулей движения, используются замкнутые цифровые ЭП. Рассмотрим в качестве примера реализацию таких электроприводов, как мехатронные модули движения на основе ДПТ (двигатель постоянного тока) с независимым возбуждением [1].

Цифровой электропривод для управления угловой скоростью.

Упрощенные принципиальная и функциональная схемы одного из вариантов такого электропривода, построенного в соответствии с принципами, приведены на рис. 1, 2.

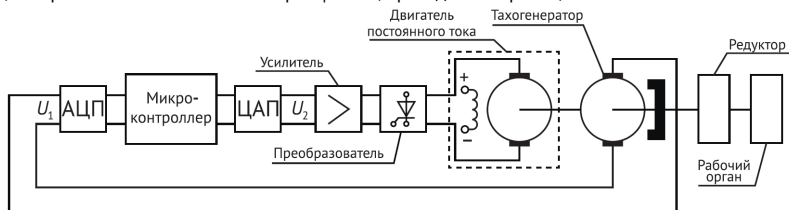


Рис. 1. Упрощенная принципиальная схема электропривода для управления угловой скоростью

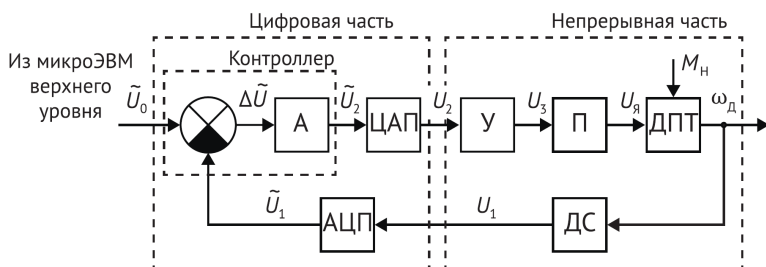


Рис. 2. Функциональная схема электропривода для управления угловой скоростью

Привод включает двигатель постоянного тока (ДПТ), вал которого связан с тахогенераторным датчиком угловой скорости (ДС), редуктор (Р), рабочий орган (РО), микроконтроллер (МК), АЦП, ЦАП, усилитель (У) и преобразователь (П), роль которого может выполнять регулируемый выпрямитель или ШИП (широтно-импульсный преобразователь). Управление угловой скоростью вала двигателя в соответствии с заданным цифровым сигналом, который формируется программными средствами в микроЭВМ верхнего уровня, обеспечивает электропривод. То есть рабочий вал двигателя меняет значение угловой скорости при изменении задающего сигнала.

Анализ качества цифровых электроприводов.

Проводят для устойчивых переходных процессов, которые могут быть колебательными или монотонными. Простота получения переходных характеристик (кривых разгона) с помощью компьютерного моделирования открывает широкие возможности для анализа показателей качества систем на основе прямых методов. Методы позволяют оценивать качество процессов управления как по задающему, так и по возмущающему воздействиям [4].

Для колебательных кривых разгона применительно к цифровым приводам управления угловой скоростью (рис. 2) при оценке качества используют следующие показатели (рис. 5, 6):

- статическую ошибку (установившееся статическое отклонение), т. е. отклонение регулируемой величины от заданного значения после окончания переходного процесса;
- время регулирования, в течение которого отклонение регулируемой величины от установившегося значения станет меньше заданного значения;
- перерегулирование, которое характеризует колебательность процесса;
- степень затухания γ характеризует интенсивность затухания колебательных переходных процессов.

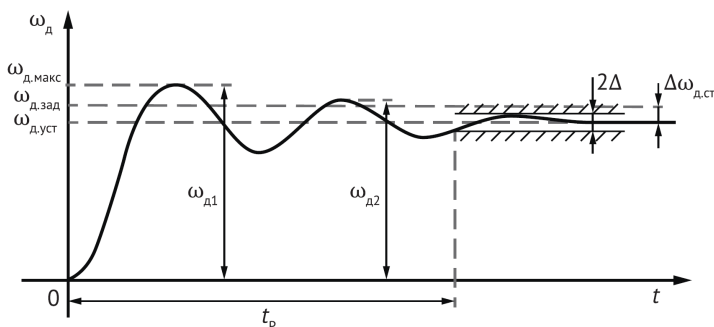


Рис. 5. Колебательная кривая разгона электропривода по задающему воздействию

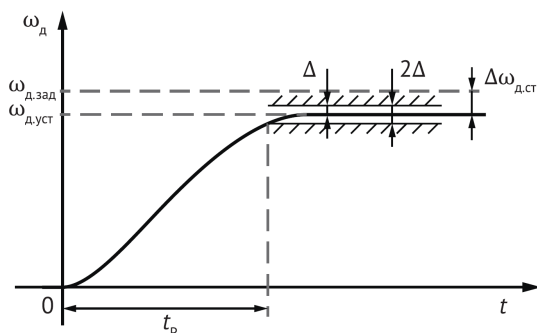


Рис. 6. Монотонная кривая разгона электропривода по задающему воздействию

Как правило, к рассмотренным показателям качества предъявляются определенные требования с учетом технологических требований к процессу управления. Статическая ошибка $\Delta\omega_{д.ст}$ регламентируется точностью к поддержанию управляемой величины. Значение заданной величины Δ , которая определяет длительность времени регулирования t_p , не должно быть больше 5% от установившегося значения регулируемой величины. Перерегулирование σ не должно превышать 20–30%, а число пере-

регулирования должно быть меньше трех. Степень затухания γ косвенно определяет запас устойчивости привода: если $\gamma = 0$, то система находится на границе устойчивости; при $\gamma = 100\%$ в системе будет аperiodический переходный процесс. В приводах, используемых в большинстве высокоточных мехатронных устройств, допускаются только аperiodические переходные процессы с величиной Δ много меньше 5%.

В следящих электроприводах (см. рис. 4), используется так называемая установившаяся ошибка слежения (скоростная ошибка) $\Delta\varphi_{д.уст}$, полученная на основе переходной характеристики при линейном задающем воздействии (рис. 7). Конечное значение $\Delta\varphi_{д.уст}$ наблюдается в электроприводах с регуляторами, имеющими астатизм нулевого порядка, и $\Delta\varphi_{д.уст} = 0$ с регуляторами, характеризующимися астатизмом первого порядка и выше [5].

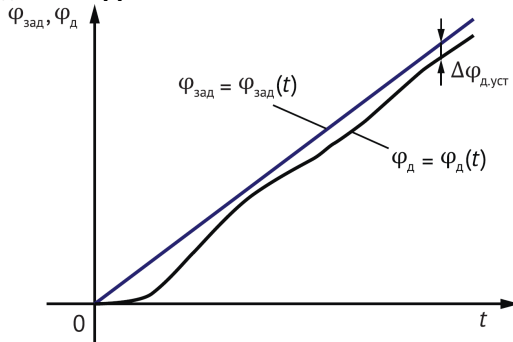


Рис. 7. К определению скоростной ошибки следящего электропривода по задающему воздействию: синяя прямая – типовое линейное воздействие с постоянной угловой скоростью; черная кривая – переходная характеристика

Библиографический список

1. Проектирование приводов. Практика приводной техники // Sew-Eurodrive. 2001. URL: https://www.studmed.ru/view/sew-eurodrive-proektirovanie-privodov-praktika-privodnoy-tehniki-izdanie-11_48976fbd8fc.html (дата обращения: 03.01.2023).
2. Строганов В. И. Электромотоциклы и автомобили с комбинированной энергоустановкой: учеб. пособие. М.: МАДИ, 2016.
3. NEMA Advances Electroindustry Growth (Национальная ассоциация производителей электрооборудования). URL: <https://www.nema.org/> (дата обращения: 03.01.2023).
4. Hong Liang Li. Energy recovery data characteristics extraction of flywheel energy storage control system for vehicular applications. 2017. URL: https://www.researchgate.net/publication/316212128_Energy_recovery_data_characteristics_extraction_of_flywheel_energy_storage_control_system_for_vehicular_applications (дата обращения: 03.01.2023).
5. Копылов И. П. Проектирование электрических машин: учеб. для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2019. 828 с.

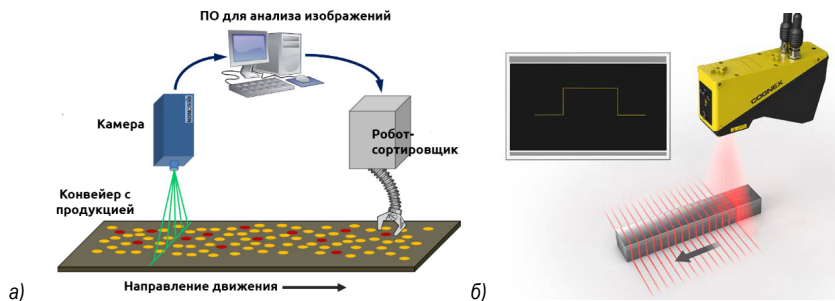
УДК 621.314.1

С. Д. Филимонов, А. С. Строганов

студенты кафедры электромеханики и робототехники

В. В. Булатов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ**

Системы технического зрения находят широкое применение в различных отраслях промышленности. Данная технология активно используется при сортировке деталей на производстве, а также для обнаружения посторонних объектов в промышленной среде (рис. 1).



*Рис. 1. Применение систем технического зрения:
а – сортировка продукции, б – проведение измерений*

Одна из основных задач технического зрения – выявление позиции объекта контроля. Позиционирование, как правило, осуществляется в стандартной декартовой системе координат относительно отдельного помещения, в котором происходит процесс съемки. Альтернативой локальной системе координат может выступить мировая система координат, относительно которой также может производиться позиционирование объекта [1].

Следующей задачей, требующей выполнения, является идентификация объектов. Системы технического зрения (СТЗ), имеющие доступ к общей базе данных изображений используемых объектов, способны производить распознавание отдельных элементов изделий или цельных объектов при выполнении технического контроля на производстве.

Контроль качества и состояния объекта – еще одна задача, выполняемая СТЗ на предприятиях. На сегодняшний день системы, производящие контроль качества посредством технического зрения, одни из самых востребованных на рынке систем машинного зрения [2].

Анализ рынка на основе данных компании MarketsandMarkets показывает, что к 2023 г. лидирующими на рынке систем компьютерного зрения станут Азиатско-Тихоокеанский регион и Северная Америка. Графический прогноз лидеров рынка представлен на рис. 2.

Статистические данные компании MarketsandMarkets показывают прогноз по росту рынка систем компьютерного зрения. В 2017 г. оценка рынка технологий CV составляла 9 млрд долл., а в 2023 г. она должна составить почти 50 млрд долл. Графический прогноз роста рынка представлен на рис. 3.

Менее оптимистичные прогнозы дает компания Tractica. По словам аналитиков, рынок систем CV можно разделить на три основные группы компонентов: программное обеспечение, услуги и аппаратные компоненты. Согласно составленным прогнозам, наибольшую стоимость будет иметь группа услуг как сегмент систем CV, требующий больше всего затрат [3]. Прогноз стоимости систем CV представлен на рис. 4.



Рис. 2. Лидеры рынка CV в мире к 2023 г.



Рис. 3. Прогноз роста рынка CV до 2023 г.



Рис. 4. Рост дохода от сегментов рынка CV до 2025 г.

Российский рынок СТЗ, как и западные аналоги, демонстрирует рост. По прогнозам аналитиков New Retail News [4], объем рынка CV к середине 2023 г. превысит 38 млрд руб. при условии сохранения темпа развития цифровой экономики [5]. Прогноз роста рынка в России до 2023 г. представлен на рис. 5.



Рис. 5. Рост рынка CV в России за 2018–2023 гг.

Рассмотрим современные компоненты систем технического зрения. Первым и основным являются камеры. На сегодняшний день на рынке СТЗ представлен широкий спектр камер. Одной из самых востребованных компаний по производству камер для систем СТЗ стала OMRON. Изготавливаемые ею камеры используются для проведения испытаний, обеспечения контроля на производстве, выполнения исследований и анализа характеристик объектов [6].

Для линейного сканирования в СТЗ фирмы OMRON используется камера OMRON LineScan (рис. 6). Особенность данных моделей – расположение пиксельных датчиков в одну линию для осуществления строчной развертки и проведения линейного сканирования. Минимальное доступное разрешение камер составляет 2048×2048, а максимальное 16384× 16384. Размер пикселя составляет от 3,5 до 7 мкм, а частота съемки от 40 до 80 кГц. Способна делать монохромные или цветные снимки.



Рис. 6. Камера OMRON LineScan

При работе с малогабаритными системами находят широкое применение камеры серии OMRON S133 (рис. 7). Данный тип промышленных камер отличается малым количеством опознаваемых цветов и малыми габаритами, что позволяет использовать подобный тип камер в системах с ограниченным пространством. Камера обладает разрешением 1280×486, или 0,65 МП. Размер пикселя составляет 3,5 мкм, а частота съемки 30 кадров в секунду или от 50 до 59,94 Гц.



Рис. 7. Камера OMRON S133

Еще один востребованный производитель камер для СТЗ – компания Basler. Кроме того, камеры Basler находят применение в биологии и медицине. Спектр моделей фирмы Basler гораздо меньше чем у OMRON, однако отличий в качестве практически нет.

Одна из новейших моделей – камера Basler Ace 2 Basic (рис. 8). Малогабаритная камера, предназначенная для использования в СТЗ, обладает разрешением до 24 МП. Имеет скорость съемки до 160 кадров в секунду.

Серия Basler Boost (рис. 9) относится к камерам, использующим интерфейс CoaxPress. Благодаря встроенному интерфейсу камера обеспечивает передачу изображения без потери в качестве даже при съемке на большой скорости. Разрешение камеры составляет до 45 МП, скорость съемки до 400 кадров в секунду.

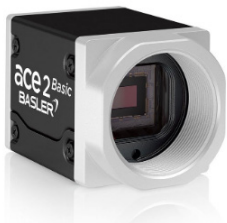


Рис. 8. Камера Basler Ace 2 Basic



Рис. 9. Basler Boost

Для малогабаритных систем чаще всего используется модель Basler Pulse (рис. 10). Компактная камера, имеющая интерфейс USB 3.0, применяется в малогабаритных производственных системах. Разрешение составляет до 5 МП, скорость съемки составляет до 60 кадров в секунду.

Еще один производитель камер для систем СТЗ – National Instruments (NI). Данная компания занимается производством как отдельных компонентов для систем СТЗ, так и единых СТЗ для крупных производств. Камеры фирмы NI способны делать как монохроматические, так и цветные снимки.

Основная модель камер технического зрения – NI Smart Camera (рис. 11). Обладает разрешением от 640×480 до 2592×2048. Максимальная частота составляет 147 кадров в секунду.



Рис. 10. Basler Pulse



Рис. 11. Камера NI Smart Camera

Проведя анализ существующих аппаратных компонентов для СТЗ, можно сделать вывод о возможностях подбора подходящих камер для определенной СТЗ. В случае выбора камер для ограничен-

ных по размерам систем немаловажную роль играют габаритные размеры, которые, как правило, указываются в паспортных данных камеры.

Второй важнейший компонент СТЗ – программное обеспечение (ПО). ПО выполняет в системе огромное количество разноплановых задач: от простого приема поступающей информации до внедрения полученных данных в производственные алгоритмы с последующим анализом полученных изменений [7].

Программа MATLAB Image Processing Toolbox содержит базовый комплект алгоритмов и графических инструментов для обработки поступающих изображений, а также для визуализации производственных процессов и создания новых алгоритмов для новых целей. Встроенные приложения Image Processing Toolbox дают возможность производить сегментацию изображений с последующим сравнением наиболее эффективных методов обработки поступающих данных. Пример работы программы MATLAB с техническим зрением представлен на рис. 12.

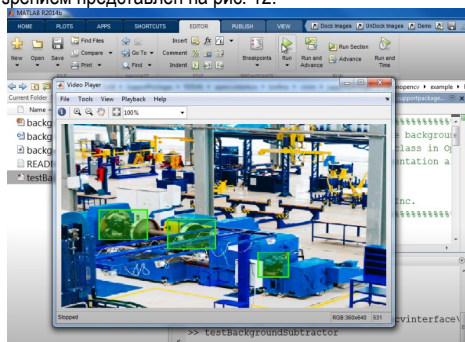


Рис. 12. Пример применения MATLAB для распознавания объектов техническим зрением

NI Vision Builder & IMAQ Vision представляет собой прикладное ПО, предназначенное для создания и взаимодействия с СТЗ, предлагая пользователю широкий набор доступных функций. Программа позволяет производить настройку камер, обрабатывать изображения при помощи встроенных в программу алгоритмов или созданных пользователем [8]. Для обработки изображений применяется набор инструментов Visual Basic, функционал которого практически идентичен IMAQ Vision for LabWindows/CVI. Библиотека IMAQ Vision for LabWindows/CVI, в свою очередь, содержит большое количество функций на языке программирования C, позволяя пользователю при необходимости разработать с нуля приложение для обработки изображений и более упрощенного взаимодействия с СТЗ. Пример работы программы NI Vision Builder с техническим зрением представлен на рис. 13.

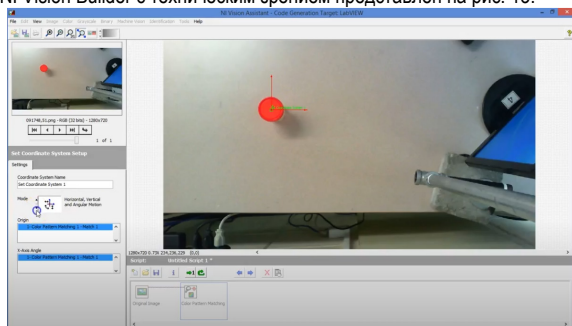


Рис. 13. Пример использования NI Vision Builder с техническим зрением

При проведении большого количества испытаний и выполнения анализа большого количества данных для выполнения системного проектирования применяется программное обеспечение LabVIEW [9]. При необходимости обеспечения единого процесса передачи данных от аппаратных средств NI или иных производителей среда LabVIEW позволяет упростить процесс внедрения оборудования для целей проектирования. LabVIEW способна взаимодействовать с библиотеками из другого программного обеспечения или написанных на другом языке программирования с открытым исходным кодом.

Процесс рассмотрения программ, используемых для работы с СТЗ, показал, что рынок программного обеспечения для технического зрения не так велик, как рынок аппаратных компонентов. Большинство программ поддерживает возможность создания пользовательских алгоритмов и цифровых систем, однако ситуацию усугубляет отсутствие единого стандарта для работы аппаратных систем и программ [10].

Выводы

Существует ряд проблем, связанных с внедрением систем технического зрения. Анализ рынка показал, что российский сегмент СТЗ по общей стоимости на данный момент не способен составить конкуренцию западным производителям. Данная проблема обоснована отсутствием российских производителей и интеграторов, способных расширить отечественный рынок систем СТЗ. Отсутствие метрولوجической базы также указывает на проблему возникающей неточности при проведении измерений и сравнении полученных изображений с реальными прототипами. Широкий выбор аппаратных компонентов противопоставляется узкому кругу задач, которые способен выполнять тот или иной компонент. Высокая цена разработки ПО и оборудования, в совокупности с описанными проблемами способна оттолкнуть потенциальных покупателей от идей внедрения СТЗ на промышленный объект.

Библиографический список

1. Шаниро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2018. 725 с.
2. Pham D. T., Alcock R. J. Smart Inspection Systems: Techniques and Applications of Intelligent Vision. Academic Press, 2020. 240 с.
3. Global Computer Vision Market Research Report Information by Component, By Application, By End-User and By Region Forecast Till 2030. URL: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/computer-vision-market-5496> (дата обращения: 21.12.2022).
4. «Третий глаз»: компьютерное зрение в ритейле на примере крупных игроков. 2019 // CSIRO. URL: <https://research.csiro.au/data61/deep-learning-for-computer-vision/> (дата обращения: 17.12.2022).
5. Потенциал российских инноваций на рынке систем автоматизации и робототехники // Российская Венчурная Компания. URL: https://rvc.ru/upload/iblock/859/Otchet_robot_291014.pdf (дата обращения: 02.01.2023).
6. Computer Vision Market by Component (Hardware (Camera, Frame Grabber, Optics, Processor) and Software (Deep Learning and Traditional Software)), Product (PC Based and Smart Camera Based), Application, Vertical – Global Forecast to 2023. 2018 // MarketsandMarkets Research Private Ltd. URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/computer-vision-market-186494767.html> (дата обращения: 04.01.2023).
7. Computer Vision Technologies and Markets. URL: <https://omdia.tech.informa.com/topic-pages/artificial-intelligence> (дата обращения: 13.12.2022).
8. Mahalakshmi T., Muthaiah R., Swaminathan P. Review article: an overview of template matching technique in image processing // Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology. 2020. Vol. 4, № 24. P. 5469–5473.
9. Deep Learning for Computer Vision // CSIRO. 2018. URL: <https://research.csiro.au/data61/deep-learning-for-computer-vision/> (дата обращения: 04.01.2023).
10. Москва: Технологии машинного зрения составляют неотъемлемую часть ИТС // Вестник Глонасс. 2018. URL: <http://vestnik-glonass.ru/news/avtonet/moskva-tehnologii-mashinnogo-zreniya-sostavlyayut-neotemlemuyu-chast-its/> (дата обращения: 16.12.2022).

УДК 621.8.038

Д. З. Халилов

ученик 9-го класса школы № 469

Ш. К. Богданов – студент кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕНЕРАТОРОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

В наше время генераторы переменного тока используются повсеместно, и большая часть людей даже не имеет представления о генераторах, а тем более про их разновидности.

Генератор – это электрическая машина, с помощью которой механическая (либо другие виды энергии путем различных превращений, приводящихся к механической) превращается в электрическую энергию переменного тока [1].

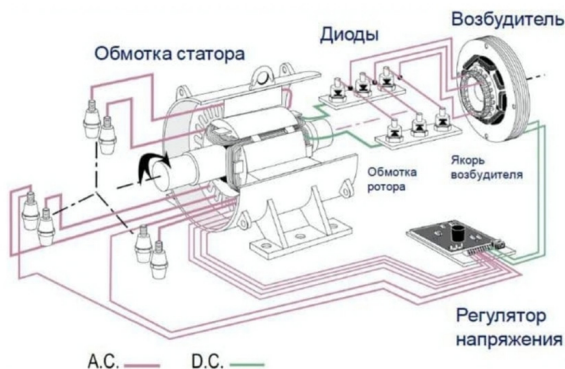


Рис. 1. Схема синхронного генератора

Синхронный генератор – это электрическая машина с двумя обмотками, генерирующая переменный ток (рис. 1, 2). Одна из двух обмоток возбуждается от постоянного источника тока, а другая присоединена к электрической сети, в которой частота постоянна. Как и любой генератор, может служить электродвигателем. Частота вращения ротора равна частоте вращения магнитного поля.

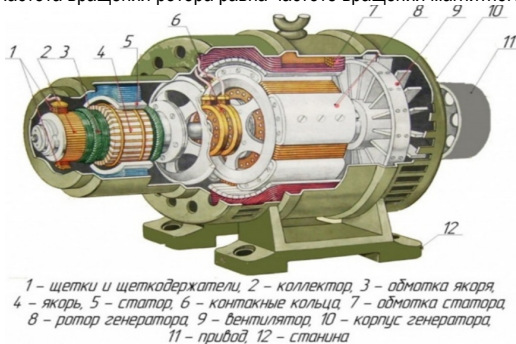


Рис. 2. Устройство синхронного генератора

Основные части: якорь, располагающийся на статоре и обмотки возбуждения (индуктор), находящийся на статоре и состоящий из электромагнитов постоянного тока либо из постоянных магнитов, но уже на любительских либо мини-установках. Якорь – одна либо несколько обмоток переменного тока. Они создают в двигателях вращающееся магнитное поле, которое протягивается к индуктору, из-за этого происходит превращение механической, химической, тепловой энергии в электрическую.

Индукторы имеют две основные конструкции: явнополюсную (рис. 3, а) и неявнополюсную (рис. 3, б). Явнополюсная, как понятно из названия, имеет ярко выраженные полюса. Неявнополюсные используют в быстроходных машинах, для уменьшения механической нагрузки на сами полюса [2].

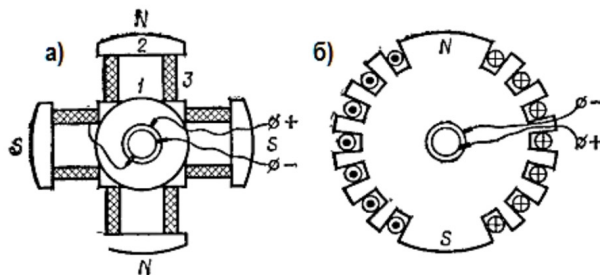


Рис. 3. Явнополюсный (а) и неявнополюсный (б) индукторы

Генераторы делятся на однофазные, двухфазные и трехфазные.

Подключение: «Тесла» (без практического применения), «треугольник», «звезда», «Славянка».

Частоту определить очень легко, она равно количеству оборотов в секунду, если полюс только один. Если полюсов несколько, то нужно уменьшить число оборотов в секунду для поддержания той же частоты.

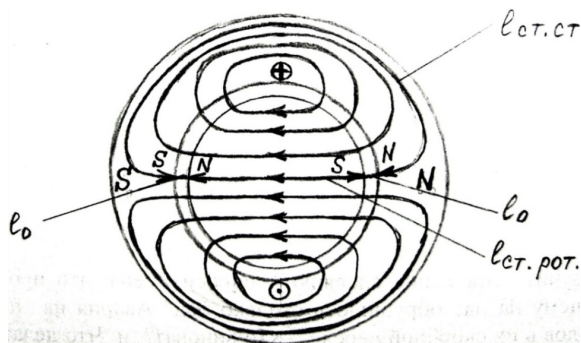


Рис. 4. Наглядное изображение силовых линий магнитного поля

Асинхронный генератор представляет собой асинхронную машину в генераторном режиме. Асинхронная машина (или асинхронный двигатель) – это электрический двигатель, работающий на переменном токе. Как и любой двигатель, его можно перевести в генераторный режим. Если в обычном состоянии двигатель потребляет электричество, приводя в движение ротор, то в этом режиме ротор вращается и из-за силовых линий магнитного поля (рис. 4) вырабатывает электричество. Он работает на принципе вращения ротора и магнитного поля в одном направлении, но с разной скоростью (ротор движется быстрее). В отличие от синхронных генераторов, которые могут работать на больших мощно-

стях, асинхронные чаще используются частными лицами на бытовых электростанциях, работающих на малых либо средних мощностях.

В сравнении с синхронным генератором, асинхронный имеет более простое устройство (рис. 5). На его роторе есть обмотки, на которые подается ток, напряжение которого может быть больше чем 220 В. Один из минусов асинхронного генератора – наличие конденсатора, иначе он просто не будет работать [3].

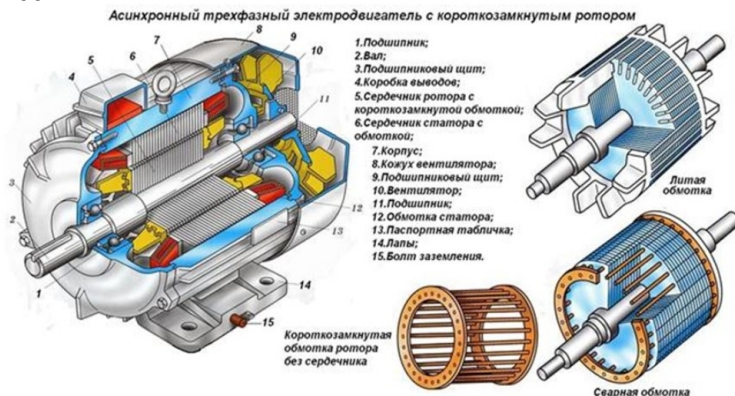


Рис. 5. Детализированная схема асинхронного генератора

Но есть и большой плюс: в асинхронном генераторе нет коллекторно-щеточного механизма, как в синхронном, что позволяет использовать его дольше, чем синхронный. Однако они все равно не получили распространения. Асинхронный генератор тратит только 2% энергии на нагрев, а синхронный – 15%. Асинхронные генераторы не требуют обслуживания, потому и устанавливаются на частные автономные электростанции, работающие на силе падающей воды либо ветра. Генераторы работают на том принципе, что силовые линии магнитного поля создают электродвижущую силу. Она и отвечает за образование электричества.

В наше время применение находится и тому, и другому типу генераторов. Каждый нужен в своей области. Например, асинхронные используются в вагонах: при движении с возвышенности под силой тяжести двигателю не надо работать, и он переходит в режим генератора. «Холостой» ход вала передается на ротор, и он начинает заряжать сеть питания. Можно использовать для источника питания в электросети каждого вагона, просто поставив генератор на колесный вал. Синхронные генераторы используются чаще, даже электричество в домах производится синхронными генераторами. Они устанавливаются на электростанциях, фабричных производствах, а также на транспорте.

Библиографический список

1. Гуров С. М. Работа асинхронного двигателя в генераторном режиме. URL: http://cm001.narod.ru/new_index/publik/asinchron.html (дата обращения: 28.02.2023).
2. Асинхронный двигатель принцип работы и устройство генератора. URL: <https://avtika.ru/asinkhronnyy-dvigatel-printsip-raboty-i-ustroystvo-generatora/> (дата обращения: 28.02.2023).
3. Асинхронные генераторы, назначение, особенности, принцип работы. URL: <https://pue8.ru/elektricheskie-mashiny/145-asinhronnye-generatory.html> (дата обращения: 28.02.2023).

УДК 004.8

А. С. Холунин

ученик 9-го класса школы № 469

Р. А. Владимиров, А. С. Строганов, И. А. Смирнов – магистранты института киберфизических систем – научные руководители**НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ****Введение**

Искусственные нейронные сети (далее – ИНС) – это математическая модель биологических клеток нервной ткани. Принцип работы ИНС основан на взаимодействии искусственных нейронов, соединенных между собой и выстроенных в слои. Внешний (входной) слой получает информацию. Затем она обрабатывается во внутреннем(их) слое (слоях), после чего выводится некий результат через выходной слой. Полученный результат зависит от конкретных параметров и задач, которые решает данная ИНС.

Актуальность и область применения

В настоящее время получили популярность ИНС, работающие с изображениями. Область их применения огромна: врачи используют их для выявления диагнозов и дальнейшего прогнозирования хода болезни; в робототехнике активно применяются технологии компьютерного зрения, которое можно осуществить с помощью нейронных сетей; на производстве с их помощью можно контролировать качество изготавливаемой продукции.

Например, чилийским ученым из лаборатории технологических исследований в области распознавания образов (Laboratory of Technological Research in Pattern Recognition) Католического университета Дель Мауле (Universidad Católica del Maule) удалось создать ИНС, анализирующую внешний вид различных фруктов. Данная ИНС нашла применение сразу в нескольких областях. Ее можно использовать для настройки роботизированного сбора урожая, а также для определения качества и спелости плодов [1; 2].

ИНС можно применять для улучшения качества уже имеющихся изображений. Это широко используется компанией NVIDIA для повышения производительности видеокарт (рис. 1). Новейшие графические процессоры GeForce RTX используют DLSS-технологии (Deep Learning Super-Sampling), основанную на ИНС. Она повышает производительность и качество картинки за счет вывода кадров высокого разрешения из входных с низким разрешением. DLSS-технология позволяет снизить нагрузку на видеокарту, что уменьшает нагрев и значительно увеличивает срок стабильной работы, а также повышает количество FPS (Frame Per Seconds), поскольку аппаратной части гораздо легче обрабатывать несколько низкокачественных картинок, чем одну, но в высоком разрешении.



Рис. 1. Увеличение производительности DLSS-технологии (информация с официального сайта Nvidia)

В упрощенном виде можно описать действие этого алгоритма на примере обработки геометрических фигур (рис. 2). Качество будет зависеть от размера сетки ресемплирования. В формате 4×4 фигура мало похожа на эталонную. Однако стоит увеличить сетку до размеров 8×8, как результат уже становится гораздо больше похож на исходник [3].

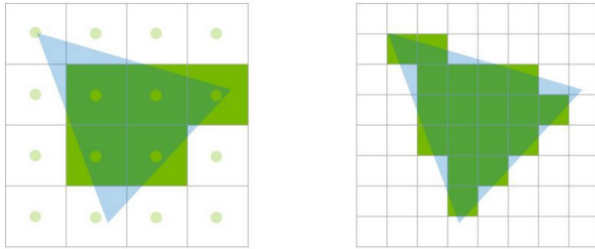


Рис. 2. Пример обработки с помощью DLSS

Стилизация изображений с помощью ИНС

Нейронные сети применимы для стилизации изображений. Это может быть интересно художникам. Подобные нейросети способны накладывать абсолютно любой стиль поверх исходного изображения. Главной проблемой является баланс между сохранением целостности картины и качественным переносом стиля.

Генерация изображений с помощью ИНС

Отдельного внимания заслуживает генерация изображений ИНС. ИНС способны создавать изображение на основе различных способов. Например, в основе принципа создания нового изображения может лежать добавление шумов, сдвиг или наложение друг на друга уже имеющихся изображений.



Рис. 3. Изображения, сгенерированные по мотивам стихотворения
А. Блока «Ночь, улица, фонарь, аптека»

Такие ИНС анализируют выборку разнообразных фотографий, после чего могут самостоятельно генерировать изображения, схожие с теми, что были в выборке. Однако результат иногда получается весьма абстрактным.

ИНС способны конвертировать текст в изображение (рис. 3). Примером может послужить проект Midjourney – комплексная нейросеть способная распознавать смысл текста, выделять ключевые образы и генерировать на их основе качественные изображения.

Общие принципы обработки изображений

Наиболее часто для обработки изображений используются сверточные нейронные сети (далее – СНС). Они отличаются от нейросетей прямого распространения (далее – НПР), в которых каждый нейрон одного слоя соединен с нейроном последующего слоя тем, что их значительно проще обучить. Сверточная нейронная сеть на вход получает изображение. Картинка, проходя через несколько слоев СНС, упрощается. Классифицировать упрощенное изображение значительно легче [4].

Сверточные нейронные сети, как и все другие ИНС, состоят из слоев (рис. 4). Отличительной характеристикой СНС является слой свертки, за что они и получили свое название. Кроме слоя свертки, также выделяют подвыборочные и полносвязные слои.

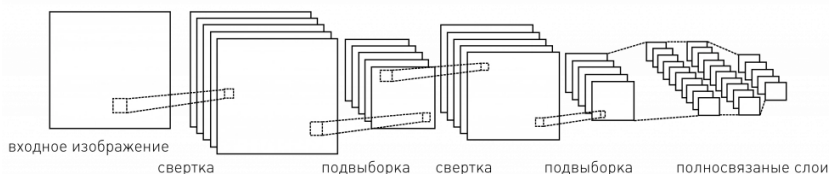


Рис. 4. Структура СНС

Во время свертки нейросеть выделяет на входном изображении конкретный фрагмент, который подходит по критериям. Критерии определяются в зависимости от специфики конкретной нейросети. Затем идет слой подвыборки. В нем на выделенном фрагменте отмечаются наиболее важные детали, которые дальше можно сворачивать и подвыбирать циклично. Если необходимо определить цвет глаз кошки, то нейросеть сначала выделит на изображении фрагмент с самой кошкой, затем распознает, в какой части изображения находится голова кошки, после чего выделит глаз и определит его цвет.

Цвет вообще является ключевым фактором в работе нейросетей с изображением. Именно благодаря ему нейросеть способна выискивать какие-либо закономерности и выделять различные паттерны. Каждому цвету пикселя присваивается определенный номер. Таким образом все изображение переводится в «цифровую» форму (рис. 5).



```

08 02 22 97 08 18 00 40 00 78 04 03 17 78 32 12 80 77 91 08
49 49 99 40 17 81 18 97 40 97 17 49 99 49 49 04 04 42 00
81 49 31 79 55 79 14 29 99 71 40 47 53 89 30 30 49 13 36 45
52 70 29 04 40 11 42 49 24 49 54 01 32 34 71 37 02 34 91
22 31 14 71 51 47 43 49 41 36 54 22 40 40 28 44 33 13 30
24 47 32 40 99 03 49 02 44 73 33 53 78 34 04 20 35 17 12 30
32 90 81 28 44 23 47 13 24 38 40 47 59 54 70 44 18 08 44 70
47 24 25 48 02 42 12 20 90 40 99 40 08 42 51 46 49 34 21
24 55 05 05 44 73 39 24 97 17 78 78 94 83 14 88 34 49 49 72
21 34 25 09 79 00 74 44 20 45 35 14 00 41 39 97 34 31 33 95
78 17 53 28 22 79 35 47 13 94 03 80 04 14 14 09 53 34 32
14 39 05 42 98 35 31 47 81 38 88 24 01 17 84 24 34 29 89 97
84 84 00 48 35 71 89 07 05 44 44 37 44 40 21 58 51 54 17 58
19 80 81 48 05 34 47 49 21 73 32 13 84 12 17 77 04 89 55 40
04 12 08 83 97 35 99 14 07 97 32 14 24 24 79 33 27 98 44
88 34 48 87 57 42 20 72 03 44 33 47 44 55 12 32 43 93 53 49
04 42 14 78 38 29 11 24 94 72 18 09 44 29 32 40 42 74 34
20 49 34 41 72 30 23 00 94 40 99 49 82 47 59 83 74 14 34 14
20 79 35 29 78 31 90 01 74 31 49 71 48 84 81 14 23 57 09 94
01 70 84 71 83 51 54 49 14 92 39 49 41 83 52 01 89 19 47 48

```

Рис. 5. Пример того, как видит изображение компьютер

Нейронные сети адаптивного резонанса

Еще один принцип обработки изображений построен на теории адаптивного резонанса. Стивен Гроссберг выдвинул теорию, согласно которой рациональные уровни сознания достигаются только в 245

резонансном состоянии мозга [5, с. 133]. Исходя из своей теории, Гроссберг предложил несколько алгоритмов. Самыми успешными из них стали нейросети АРТ-1 и АРТ-2.

Ключевым отличием нейронных сетей адаптивного резонанса является возможность дообучаться в процессе работы. Нейронные сети перцептронного типа организации могут предпринимать только одно определенное действие для всех внештатных ситуаций, что не всегда удобно. В случае необходимости добавления новых образов для работы таких нейросетей их потребуется полностью переобучать, что приведет к потере приобретенного опыта. Таким образом АРТ-нейросети гораздо более гибкие и самоорганизованные.

Проводились исследования с использованием узлов предобработки информации перед использованием алгоритмов АРТ, что значительно увеличило процент правильной идентификации. Изображение переводилось в черно-белый цвет, затем масштабировалось до определенных размеров, после чего происходило восстановление ориентации, и только после этого оно обрабатывалось нейронной сетью АРТ.

Из явных недостатков АРТ можно выделить их требовательность к ресурсам компьютера. Из-за большого количества синаптических связей для их работы требуется задействовать достаточно много памяти. Еще одним минусом становится необходимость в предобработке изображения.

Заключение

Обработка изображений с помощью нейронных сетей широко используется в современном мире. ИНС позволяют автоматизировать многие процессы: с достаточно высокой вероятностью правильно классифицируют объекты и помогают человеку с рутинной работой. Более того, на данный момент существуют нейросети, способные решать творческие задачи.

Технологии создания ИНС развиваются с огромной скоростью. Нейросети постоянно совершенствуются. Уже сейчас они превосходят человека в некоторых областях. При этом нейросетям есть куда развиваться. С каждым годом удается увеличить область их применения, а также повысить их точность.

Библиографический список

1. *Naranjo-Torres J.* A Review of Convolutional Neural Network Applied to Fruit Image Processing. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/10/3443#B12-applsci-10-03443> (дата обращения: 17.03.2023).
2. *Rachmawati E., Supriana I., Khodra M. L.* Toward a new approach in fruit recognition using hybrid RGBD features and fruit hierarchy // 2017 4th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI). URL: https://www.researchgate.net/publication/320014778_Toward_a_New_Approach_in_Fruit_Recognition_using_Hybrid_RGBD_Features_and_Fruit_Hierarchy_Property (дата обращения: 17.03.2023).
3. *Watson A.* Deep Learning Techniques for Super-Resolution in Video Games. URL: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2012/2012.09810.pdf> (дата обращения: 17.03.2023).
4. *Lingxi Xie.* Genetic CNN. URL: <https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/49064/1/Levchenko-Neironnie.pdf> (дата обращения: 15.03.2023).
5. *Carpenter G. A., Grossberg S.* Normal and amnesia learning, recognition, and memory by a neural model of cortico-hippocampal interactions // Trends in Neurosci. 1993. № 16. P. 131–137.

УДК 621.3.08

К. Д. Чередников

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

А. В. Рысин – старший преподаватель кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель**КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

Для обеспечения надежности работы систем электроснабжения все электрооборудование подвергается диагностированию, техническому обслуживанию и ремонту. Цель этих операций – своевременное выявление и устранение неисправностей электрооборудования для повышения надежности его работы и сокращение затрат на техническое обслуживание и ремонт. Диагностирование электрооборудования включает операции по определению и прогнозированию его технического состояния на основании измерения диагностических параметров, их анализа и обработки результатов контроля. Диагностирование выполняется при техническом обслуживании, плановой диагностике и текущих ремонтах.

При техническом обслуживании определяют техническое состояние электрических машин или установок по обобщенным показателям, исследуют выходные параметры и параметры их регулировки, определяют необходимые параметры регулирования выходных показателей, выделяют детали и узлы, которые необходимо заменить.

При плановом диагностировании определяют техническое состояние и остаточный ресурс узлов и деталей, фиксируют сроки замены расходных элементов и сменных деталей и узлов, устанавливают необходимость текущего или капитального ремонта электрооборудования.

Во время текущих ремонтов определяются объемы ремонтных работ и номенклатуры изделий, подлежащих ремонту или замене в текущем ремонте. После этого выполняется контроль при выполнении самих ремонтных работах и проводится переустановка параметров регуляторов выходных параметров [1].

Техническая диагностика электрооборудования включает два главных направления – оперативную и ремонтную диагностику. В основные задачи оперативной диагностики входят раннее выявление дефектов на работающем или выведенном из работы для обследования оборудования, прогнозирование развития дефектов, оценка их опасности и общего состояния оборудования, подготовка рекомендаций по дальнейшей эксплуатации и технического обслуживания оборудования. Ремонтная диагностика осуществляется на выведенном из работы в ремонт оборудовании. В ее основные задачи входят локализация дефектов оборудования, определение объема ремонтно-восстановительных работ вплоть до рекомендации о целесообразности замены оборудования.

По способу технической реализации диагностики можно выделить программные методы, аппаратные и их комбинацию. Объекты исследования могут быть встроенными либо внешними. Аппараты для проведения диагностики могут быть либо узкоспециализированными, либо универсальными, а по степени воздействия на объект – активными или пассивными.

Метод инфракрасной термографии позволяет замерять температуру узлов и деталей электрооборудования. Дистанционный контроль температуры нагрева токоведущих частей, контактных соединений, корпусов электрооборудования, подвесной и опорно-стержневой изоляции реализуется средствами тепловизионного контроля. Точность измерения составляет $\pm 0,2$ °C. Температура пробитого изолятора равна температуре окружающей среды. Температура непробитого изолятора определяется по средним параметрам емкости, размеров и напряжения и превышает температуру окружающей среды на 0,4...0,5 °C.

Метод хроматографического контроля маслonaполненного оборудования – наиболее проработанный и распространенный в электроэнергетике метод диагностики. Он применим для раннего обнаружения развивающихся дефектов внутри маслonaполненных силовых трансформаторов, автотрансформаторов, шунтирующих реакторов, крупных электрических машин с водомасляной системой охлаждения, измерительных трансформаторов, высоковольтных вводов и высоковольтных кабелей. Хроматография есть разделение смесей. Идея метода основана на предположении, что повреждение в мас-

лонаполненном оборудовании сопровождается выделением различных газов, отсутствующих в масле при нормальной работе. Эти газы растворены в масле. Выделив их из масла и проведя хроматографический анализ, можно обнаружить дефекты на ранней стадии возникновения. В настоящее время изучен состав газов, содержащихся в масле недефектного нормально работающего оборудования, выявлены газы, характерные для различных повреждений, и граничные их концентрации. При этом определяют концентрации водорода, метана, этилена, этана, ацетилен, оксида и диоксида углерода и других газов [2].

Отбор масла из работающего трансформатора производится специальными маслоотборниками поршневого типа. При этом исключается соприкосновение масла с окружающей воздушной средой и предотвращаются потери растворенных в масле газов в процессе отбора. Масло помещается в замкнутый объем, и газ над поверхностью масла подвергается анализу. Для анализа состава, динамики изменения и концентрации газов в пробах масла применяют хроматографы. Известны встроенные средства анализа газов, растворенных в масле, и выделившихся газов, а также устройства непрерывного контроля, основанные на определении CO_2 и H_2 , растворенных в масле. Характер и примерное место повреждения определяют по количественному составу газов. Необходимость выявления дефекта на ранних стадиях его развития требует обработки данных хроматографического анализа. Оценка состояния маслонаполненного оборудования осуществляется, как правило, на базе четырех критериев: предельных концентраций, скорости нарастания концентрации газов, отношений концентраций газов, критерия равновесия.

Первый критерий позволяет судить по значению превышения предельных концентраций о характере внутренних дефектов. Сильные повреждения изоляции характеризуются высокой концентрацией водорода и ацетилена и обычно сопровождаются наличием углекислого газа. Относительно большая концентрация насыщенных и ненасыщенных углеводородов в сочетании с небольшим процентом указывает на тепловое разложение масла вследствие перегрева металлических частей. Если присутствует заметное количество углекислого газа, то происходит разложение целлюлозы. Резкое увеличение свидетельствует и о сильном локальном перегреве, сопровождающемся обугливанием масла [3].

При втором критерии контролируется скорость нарастания концентраций газов. Если прирост содержания газов составляет более 10% в месяц, трансформатор ставится на учащенный контроль. Достоверность оценки состояния с помощью этого критерия значительно выше по углеводородным газам, чем по водороду и оксиду углерода, потери которых в пробе масла иногда соизмеримы с численными значениями этого критерия.

Третий критерий дает возможность использовать три отношения пар газов. Наиболее частыми причинами упомянутых отношений являются возникновение дефектов в изоляции трансформаторного железа, нагрев и выгорание контактов РПН, нарушение изоляции стяжных шпилек и ярмовых балок с образованием короткозамкнутого контура, нагрев контактов соединений отводов низкого напряжения.

Четвертый критерий основан на сопоставлении результатов анализа масла из газового реле и из пробы. Используется в случаях срабатывания газовой защиты. На базе этого критерия делается заключение о возможности включения трансформатора в работу и определяется дефект электрического характера, когда повторное включение трансформатора могло бы привести к увеличению очага повреждения.

Метод контроля диэлектрических характеристик изоляции основан на измерении диэлектрических характеристик, к которым относятся токи утечки, величины емкости и тангенс угла диэлектрических потерь. В основе контроля тока утечки лежит измерение тока, проходящего через твердую изоляцию при наличии напряжения. Известны два метода контроля. В первом, прямом методе, измеряется модуль комплексной проводимости изоляции или ее емкость. Метод требует регистрации долей процента в изменении контролируемого параметра, применения различных схем повышения чувствительности и помехоустойчивости, что является его недостатком. Во втором методе сравниваются емкость и $\text{tg} \delta$ однотипного электрооборудования с помощью схемы Шеринга. Метод требует наличия специальных измерительных выводов изолированной от земли конструкции. Он может использоваться для контроля за высоковольтными измерительными трансформаторами и конденсаторами связи [4].

Для контроля за техническим состоянием механических узлов большое значение имеет связь параметров объекта с таким интегральным признаком, как спектр частот вибрации. Всякое параметриче-

ское возбуждение смещает спектр. Это и используется в качестве признака. Оценка состояния по смещению низкочастотных составляющих спектра менее эффективна.

Перспективным направлением диагностики электрооборудования является применение электрофизических методов контроля. Достоинство таких методов – быстрое получение первичной информации, удобство ее передачи и представление в виде сигнала отклика. Датчики легко встраиваются в объект, сравнительно проста аппаратная реализация, хорошие возможности настройки на различные электрофизические эффекты, высокая эффективность выявления дефектов. Легко поддаются автоматизации и реализации на ЭВМ.

Методическую основу использования электрофизических методов составляет принцип наблюдемости, а носителями информации являются электрофизические эффекты, возникающие при активизации физических процессов. По способам проявления, вывода и обработки информации эффекты такого типа можно разделить на интегральные эффекты и связанные с ними переходные процессы, эффекты нелинейности, флуктуационные эффекты и шумы.

Использование электрофизических эффектов производится на основе определения способа проявления дефекта или дефектообразующего фактора в виде конкретного физического процесса и возможности наблюдения за этим процессом внешними средствами. Эта возможность обуславливается силой проявления эффекта и разрешающей способностью применяемых измерительных средств [5].

При проектировании систем электроснабжения после первичного выбора электрооборудования проводится моделирование режимов работы. Моделируются как установившийся режим работы, так и аварийный. Одними из самых опасных аварий по величине последствий являются аварии с дефицитом мощности и падением частоты. При снижении мощности генерирующих устройств и неизменной величине нагрузки происходит падение частоты сети и может случиться выход из синхронизма генераторов электростанций. Основным методом предотвращения лавинного падения частоты и ее скачков является автоматическая частотная разгрузка. Для ее функционирования необходимо правильно выбирать средства автоматики с достаточным быстродействием. Моделирование переходных процессов позволяет производить корректный выбор защитного и отключающего оборудования, а также проверить ее на отсутствие ложного срабатывания при нормальном режиме работы [6].

Библиографический список

1. Automated Product Life-Cycle Control System / S. Solyonyj, A. Rysin, I. Voropaev [et al.] // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2022. Vol. 232. P. 437–449.
2. Рысин А. В., Кузьменко В. П., Солёная О. Я. Моделирование переходных процессов в энергосистемах // Математические методы и модели в высокотехнологичном производстве: тез. докл. I Междунар. форума, СПб., 10–11 нояб. 2021 г. СПб., 2021. С. 259–260.
3. Характеристики и параметры технического состояния воздушных линий электропередачи / О. Я. Солёная, А. В. Рысин, С. В. Солёный [и др.] // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2021. Т. 64, № 7. С. 583–588.
4. Рысин А. В., Кузьменко В. П. Вычислительная модель киберфизической энергосистемы // Наука и бизнес: пути развития. 2021. № 12 (126). С. 14–16.
5. Robot for inspection and maintenance of overhead power lines / S. Solyonyj, O. Solenaya, A. Rysin [et al.] // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2021. Vol. 187. P. 487–497.
6. Modeling of the operation modes of the electric power system to improve its sustainability of functioning / V. F. Shishlakov, O. Ya. Solenaya, S. V. Solyonyj [et al.] // JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies, Krasnoyarsk, 04 марта 2020 г. / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 1515. Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. P. 52083.

УДК 616.77

А. Л. Чугунов

ученик 9-го класса гимназии № 524

А. С. Чинин, М. Д. Яюшкина – магистранты кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители**МЕДИЦИНСКАЯ РОБОТОТЕХНИКА****Экзоскелеты**

Медицинские экзоскелеты – это инновационная технология, которая представляет собой подвижный каркас, стабилизирующий движения человека. Применение реабилитационной робототехники для обеспечения двигательной терапии показало большой потенциал. Экзоскелеты используются в медицинских целях, например для восстановления функций позвоночника и опорно-двигательного аппарата. Назначением экзоскелетов является уменьшение времени восстановления после травм и хирургических вмешательств. Экзоскелеты могут помочь пациентам быстрее восстановить подвижность и силу, а также улучшить результаты лечения.

Назначение экзоскелетов – увеличение силы и выносливости человека. Экзоскелеты могут значительно уменьшить утомляемость за счет каркаса, который берет большую часть нагрузки на позвоночник на себя. Это особенно полезно для тех, кто занимается тяжелой физической работой, или при реабилитации. Экзоскелеты призваны вернуть (частично или полностью) утраченные способности человека или помочь ему в повседневной жизни.

Экзоскелеты, как и всякая другая техника, имеют особенности. При их проектировании необходимо учитывать ряд принципов:

- 1) надежность и безопасность. Экзоскелеты должны быть надежными и безопасными для пользователя, чтобы не причинять ему вреда во время использования;
- 2) удобство и комфорт. Экзоскелеты должны быть удобными и комфортными для пользователя, чтобы он мог использовать их на протяжении длительного времени без дискомфорта;
- 3) адаптивность. Экзоскелеты должны быть адаптивными к различным формам и размерам тела пользователя, чтобы обеспечить наилучшую поддержку и эффективность;
- 4) управляемость. Экзоскелеты должны быть управляемыми, чтобы пользователь мог контролировать их движения и функции.
- 5) автономность. Экзоскелеты должны выдерживать продолжительное время работы без подзарядки и т. д.

За последние 8 лет было создано множество экзоскелетов для реабилитации пациентов.

1. HAL (Hybrid Assistive Limb) от компании Cyberdyne [1] (рис. 1).



Рис. 1. Экзоскелет HAL (Hybrid Assistive Limb) от компании Cyberdyne [2]

Этот экзоскелет был разработан для поддержки движения людей с ограниченными физическими возможностями. HAL использует электромиографию для обнаружения мышечных сигналов и управления движением экзоскелета. Он может использоваться как для медицинских целей, так и для повседневных задач.

2. ReWalk от компании ReWalk Robotics [2] (рис. 2, 3). Был разработан для помощи людям с повреждениями спинного мозга. Он использует электромоторы, чтобы помочь людям двигаться, и контролируется с помощью специального контроллера, который носит пользователь. Может помочь людям вернуться к повседневной жизни и даже работе.

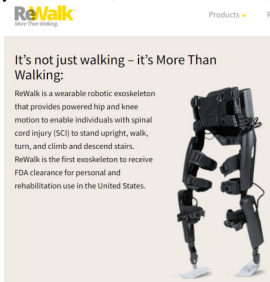


Рис. 2. Модель экзоскелета ReWalk Personal 6.0 Exoskeleton [3]



Рис. 3. Человек, использующий ReWalk Personal 6.0 Exoskeleton [3]

3. XoSoft (рис. 4). Был разработан в рамках проекта, финансируемого Европейской комиссией, компанией XoSoft Technologies [3] для помощи людям с ограниченной подвижностью и использует мягкие материалы и роботические приводы для улучшения движений. Этот экзоскелет может использоваться как для медицинских целей, так и для повседневных задач.

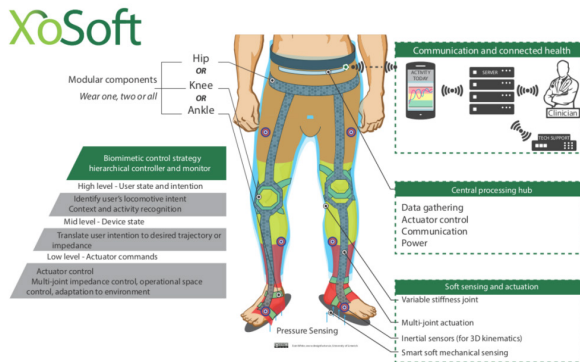


Рис. 4. Экзоскелет компании XoSoft, призванный помочь людям с ограниченной подвижностью [3]

Экзоскелеты могут иметь различные конструкции, но обычно состоят из металлической или пластиковой рамы, которая покрывает часть тела. Рама может быть подогнана к форме тела, чтобы обеспечить комфортное ношение. Внутри экзоскелета могут быть системы крепления и фиксации, чтобы он оставался на месте (рис. 5).

В экзоскелетах также присутствуют двигатели, которые могут быть электрическими, гидравлическими или пневматическими (рис. 6). Они обеспечивают движение и силу для экзоскелета. Важной ча-

стью экзоскелетов являются сенсоры, которые могут регистрировать движение и давление, что позволяет управлять экзоскелетом с помощью мышечных сигналов или джойстика.



Рис. 5. Экзоскелет компании Ekzo Solutions [4]

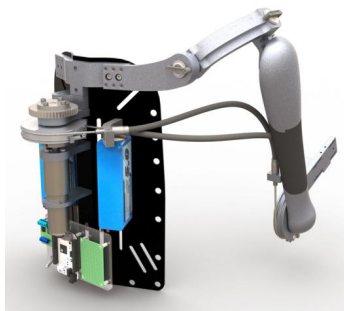


Рис. 6. Привод экзоскелета [5]

Один из важных аспектов экзоскелетов – программируемое управление. Управление может быть ручным, где оператор управляет экзоскелетом через джойстик или компьютер, или автоматическим, где экзоскелет использует датчики и программное обеспечение для анализа окружающей среды и решения, какую команду выполнить.

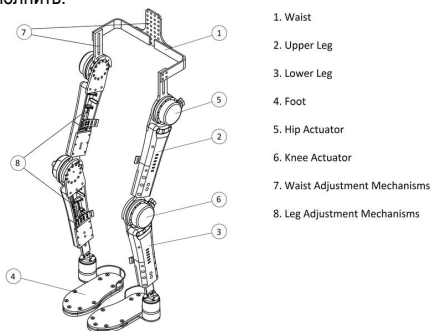


Рис. 7. Чертеж, показывающий устройство экзоскелета

Передача движений в экзоскелете происходит через систему управления, которая обычно состоит из датчиков, актуаторов и компьютера (рис. 7), следующим образом.

1. Датчики собирают данные о движениях и положении тела пользователя, а затем передают их в компьютер для обработки.

2. Компьютер анализирует данные и определяет, какие действия нужно совершить, чтобы соответствовать требуемой задаче, например пройти по поверхности.

3. После того как компьютер определил требуемое действие, он передает сигналы актуаторам, которые находятся внутри экзоскелета.

Актуаторы – это механические устройства, которые могут преобразовывать электрический или гидравлический сигнал в движение и в результате заставляют экзоскелет двигаться в нужном направлении. Например, для создания движения в суставе актуатор может изменять длину или напряжение в гибких элементах экзоскелета.

В некоторых экзоскелетах также используются бионические датчики, которые могут считывать электрические сигналы, производимые мышцами пользователя. Эти сигналы затем передаются в ком-

пьютер, который анализирует их и определяет, какие движения нужно совершить. Этот процесс называется миоэлектрической передачей.

Проектирование экзоскелета включает несколько этапов и пунктов в зависимости от конкретной задачи и требований к устройству. Некоторые из ключевых пунктов, которые могут входить в процесс проектирования экзоскелета, такие:

1) определение целей и требований. В первую очередь необходимо определить, для каких целей будет использоваться экзоскелет и какие требования он должен удовлетворять, например облегчение нагрузки;

2) изучение анатомии и кинематики. Чтобы создать экзоскелет, который будет эффективно работать с человеческим телом, необходимо провести тщательное исследование анатомии и кинематики последнего;

3) разработка концепции и дизайн. На основе перечисленных пунктов можно начинать разрабатывать концепцию экзоскелета и его дизайн. Важно учитывать все требования и ограничения, которые были определены на предыдущих этапах;

4) моделирование и тестирование. После создания прототипа экзоскелета необходимо провести тестирование его работоспособности и эффективности. Это может включать использование компьютерных моделей и симуляций, а также тестирование на добровольцах;

5) оптимизация и доработка. На основе результатов тестирования необходимо производить оптимизацию и доработку экзоскелета, чтобы улучшить его работоспособность и эффективность. Эти и другие пункты могут входить в процесс проектирования экзоскелета, который является сложным и многопроцессным.

Данное исследование является подспорьем для создания прототипа экзоскелета и будет направлено на то, чтобы создать прототип экзоскелета, который будет помогать людям с травмами опорно-двигательного аппарата, которые утратили способность ходить в результате аварии/травмы. Будет реализовано повышение безопасности и удобства пользователя, находящегося в экзоскелете, например посредством использования легких материалов, что снизит вес экзоскелета и повысит комфорт.

Заключение

Экзоскелеты – инновационное медицинское средство, которое позволяет улучшить качество жизни людей с ограниченными возможностями. Они могут помочь в реабилитации после травмы, уменьшить риск повторной травмы, сократить время восстановления и облегчить ежедневные задачи для людей с физическими ограничениями. Особенностью экзоскелетов является их возможность настраиваться и персонализироваться для каждого отдельного человека.

Библиографический список

1. Cyberdyne: офиц. сайт. URL: <https://www.cyberdyne.com/us/> (дата обращения: 20.03.2023).
2. ReWalk: офиц. сайт. URL: <https://rewalk.com> (дата обращения: 20.03.2023).
3. XoSoft: офиц. сайт. URL: <https://xosoft.com.pk> (дата обращения: 20.03.2023).
4. В России создали «Легкую руку-А». Это активный экзоскелет. URL: <https://www.ixbt.com/news/2022/11/07/v-rossii-sozdali-ljogkuju-rukua-jeto-aktivnyj-jekzoskelet.html> (дата обращения: 21.03.2023).
5. Привод для робота и экзоскелета. URL: <https://mirprom.com/public/privod-dlya-robota-i-ekzoskeleta.html> (дата обращения: 21.03.2023).

УДК 629.78

В. В. Широшкин

ученик 9-го класса школы № 469

Н. К. Третьяков – магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ****Введение**

Известно, что напряжение сети на русском сегменте МКС составляет 28 В постоянного тока. Источником электроэнергии являются солнечные батареи модулей «Заря» и «Звезда» с номинальным напряжением 28 В, а также солнечные панели американского модуля с первичным напряжением диапазоном от 115–173 В, преобразованным в постоянные 124 В посредством межсегментного соединения. Срок службы данных панелей составляет 15 лет, после чего требуется их замена. Во время нахождения МКС в тени питание производится от никель-водородных батарей, срок службы которых равняется 6,5 года [1]. Источники питания МКС выполняют функцию преобразования первичного напряжения, имеющего диапазон, в постоянное номинальное. К источникам питания на космических аппаратах предъявляются повышенные требования: срок эксплуатации, надежность, температурный диапазон эксплуатации, стойкость к внешним механическим воздействиям.

Импульсные источники питания являются сложными техническими устройствами преобразования электроэнергии. Статья посвящена анализу основных топологий проектирования источников питания и рассмотрению возможности практической реализации преобразователей на отечественной электронной компонентной базе (ЭКБ) [2].

Основные типы топологий проектирования импульсных источников питания

Источники питания можно поделить на две основные группы: с гальванической развязкой и без нее. В качестве гальванической развязки силовых цепей выступает силовой высокочастотный трансформатор. Отличие заключается в непосредственной физической связи между первичной стороной (вход) и вторичной (выход). Наличие гальванической развязки повышает надежность изделия за счет возможности защиты от короткого замыкания (КЗ). Каждая из групп имеет как достоинства, так и недостатки. Основными топологиями проектирования гальванически развязанных импульсных источников питания средней мощности являются: полумостовой (англ. half-bridge) и полномостовой (англ. full-bridge) [3; 4].

Полумостовой двухтактный преобразователь (half-bridge) (рис. 1) относится к семейству преобразователей с первичной коммутацией. Достоинством данной топологии является количество силовых транзисторов. К недостаткам относится применение большого количества конденсаторов для формирования средней точки, к которой подключается обмотка трансформатора. Данная топология подходит для проектирования источников питания выходной мощности до 5 кВт.

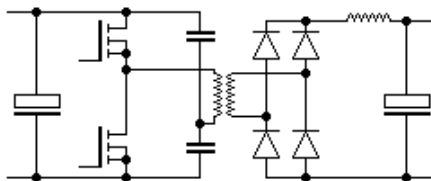


Рис. 1. Структурная схема топологии полумостового преобразователя

Двухтактный полномостовой (half-bridge) (рис. 2) так же относится к семейству преобразователей с первичной коммутацией. Достоинство данной топологии – высокая выходная мощность. Основными недостатками являются большое количество компонентов и сложность системы управления.

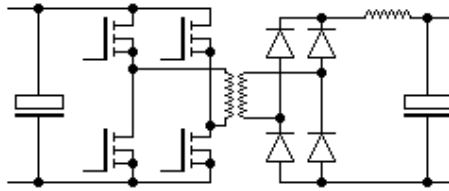


Рис. 2. Структурная схема топологии мостового преобразователя

Основными топологиями гальванически неразвязанных импульсных источников питания являются: понижающий (англ. buck converter) (рис. 3) и повышающий (англ. boost converter) (рис. 4).

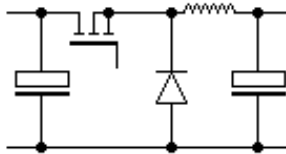


Рис. 3. Структурная схема топологии понижающего преобразователя

Понижающий преобразователь – это преобразователь постоянного тока, понижающий выходное напряжение (нагрузки) относительно входного (источника питания). Содержит как минимум два полупроводниковых компонента – диод и транзистор, а также выходной LC-фильтр. Понижающие преобразователи могут быть высокоэффективными (часто выше 90%), что делает их полезными для таких задач, как преобразование основного напряжения питания компьютера (часто 12 В) в более низкие напряжения, необходимые для USB, DRAM и CPU (1,8 В или меньше) [5].

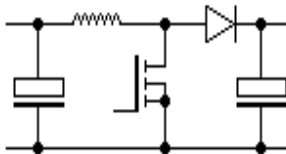


Рис. 4. Структурная схема топологии повышающего преобразователя

Повышающий преобразователь представляет собой преобразователь постоянного тока, увеличивающий выходное напряжение относительно входного. Работает по принципу накопления энергии в индуктивности с последующей отдачей в нагрузку. Аналогично понижающему содержит как минимум два полупроводниковых компонента – диод и транзистор, а также входную и выходную емкость и накопительный дроссель [6; 7].

Проектирование на отечественной ЭКБ

Основными силовыми компонентами источников питания являются дроссель, трансформатор (для гальванически развязанных), диод, транзистор и емкость. Работоспособность источника питания напрямую зависит от качества применяемых компонентов. Для проектирования отечественных источников питания повышенной надежности в рамках задачи применения в космических аппаратах возможно использовать комплектующие российских производителей. В качестве сердечника трансформатора и дросселя можно использовать продукцию ПАО «МСТАТОР». Аналогом импортных полупроводниковых компонентов (диод и транзистор) является продукция АО «Ангстрем». Также в качестве емкости

можно применять различные типы конденсаторов производителей АО «НИИ „Гириконд“» и АО «Элеконд» [8–11].

Заключение

Источники питания космических аппаратов являются важнейшими элементами системы электропитания, выполняющими функцию преобразования напряжения. К ним предъявляются повышенные требования по надежности. Анализ основных топологий выявил схожие компоненты источников питания и подтвердил возможность построения силовой части на отечественной ЭКБ.

Библиографический список

1. Международная космическая станция // Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Международная_космическая_станция (дата обращения: 14.03.2023).
2. *Зернов А. С., Николаев В. Д.* Опыт эксплуатации солнечных батарей служебного модуля международной космической станции // Космическая техника и технологии. 2016. № 1. URL: <https://www.energia.ru/ktt/archive/2016/01-2016/01-04.pdf> (дата обращения: 14.03.2023).
3. Full-Bridge Push-Pull Converter. URL: http://schmidt-walter-schaltnetzteile.de/smps_e/vgw_hilfe_e.html (дата обращения: 14.03.2023).
4. Half-Bridge Push-Pull Converter. URL: http://schmidt-walter-schaltnetzteile.de/smps_e/hgw_hilfe_e.html (дата обращения: 14.03.2023).
5. Boost converter // Викибриф. URL: https://ru.wikibrief.org/wiki/Boost_converter (дата обращения: 14.03.2023).
6. Push-pull converter // Викибриф. URL: https://ru.wikibrief.org/wiki/Push-pull_converter (дата обращения: 14.03.2023).
7. Buck converter // Викибриф. URL: https://ru.wikibrief.org/wiki/Buck_converter (дата обращения: 14.03.2023).
8. АО «НИИ „Гириконд“». URL: <https://giricond.ru> (дата обращения: 14.03.2023).
9. АО «Элеконд». URL: <https://elecond.ru/production/> (дата обращения: 14.03.2023).
10. АО «Ангстрем». URL: https://www.angstrom.ru/catalog/tranzistory_1/ (дата обращения: 14.03.2023).
11. ПАО «МСТАТОР». URL: <https://www.mstator.ru/ru/products/cores> (дата обращения: 14.03.2023).

УДК 004.7

3. А. Щеглов

студент кафедры информационных систем и технологий

С. В. Беззатеев – доктор технических наук, доцент – научный руководитель

АНАЛИЗ И ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ

Введение

В современном бизнесе использование локальных вычислительных сетей (ЛВС) является необходимым условием для эффективной работы компаний и организаций. Однако для обеспечения максимальной эффективности и безопасности сети необходимо принимать ряд мер и учитывать некоторые особенности.

Одна из главных задач при использовании ЛВС – обеспечение безопасности передаваемых по сети данных. Необходимо использовать средства шифрования и авторизации, чтобы предотвратить несанкционированный доступ к конфиденциальной информации. Также важно регулярно проводить обучение сотрудников правилам безопасности и контролировать использование сети.

Для обеспечения эффективности сети следует регулярно проводить техническое обслуживание и обновление оборудования. Кроме того, важно учитывать особенности сетевых приложений и использовать специальные средства для управления трафиком и оптимизации сетевой производительности.

Наконец, при использовании ЛВС необходимо учитывать различные ограничения и трудности, связанные с распределенностью сети и использованием различных программных средств. Например, при передаче данных между компьютерами подразумевать возможные конфликты между различными операционными системами и программными средствами.

Таким образом, для обеспечения максимальной эффективности и безопасности ЛВС необходимо учитывать множество различных факторов, таких как обновление оборудования и программного обеспечения, обучение сотрудников правилам безопасности, управление трафиком и оптимизация производительности [1; 2].

Обзор сетевых технологий

Технология Ethernet.

Технология передачи данных, которая заслужила наибольшую популярность в локальных сетях. Это одна из самых простых, удобных и широко используемых технологий в мире компьютерных сетей. Более 90% всех кабельных компьютерных сетей построены на основе Ethernet. Эта технология используется практически во всех областях: от домашних и офисных локальных сетей до городских сетей Metro Ethernet.

Ethernet имеет несколько преимуществ по сравнению с другими технологиями. Она проста в использовании и установке, а также имеет относительно низкую стоимость реализации. Ethernet является эволюционирующей технологией, и в настоящее время разработка новых стандартов продолжается.

Стандарты Ethernet продолжают развиваться, и последние версии имеют высокую производительность и надежность. Сети на основе Ethernet также могут легко масштабироваться, что позволяет им использоваться в организациях любого размера. Однако, несмотря на все преимущества, Ethernet также имеет ограничения, такие как ограниченная дальность передачи сигнала и скорость передачи данных в зависимости от используемого оборудования и кабеля.

Технология Token Ring.

Представляет собой сеть, в которой для доступа к каналу связи используется сигнальный маркер. Она отличается высокой скоростью передачи данных и безопасностью благодаря централизованной топологии и использованию маркера. Сеть состоит из логического кольца, по которому циркулирует маркер, и блока многостанционного доступа, который обеспечивает центральное соединение для узлов сети. Архитектура Token Ring не вызывает конфликтов данных и обеспечивает одинаковый уровень доступа к каналу связи для всех узлов, что делает ее идеальной для применений, где задержка должна

быть предсказуема и важна устойчивость функционирования сети, например в автоматизированных станциях на заводах.

В отличие от сетей CSMA/CD, сети Token Ring являются детерминистическими, что означает возможность вычисления максимального времени передачи данных. Кроме того, маячковая стратегия обнаружения ошибок делает Token Ring более отказоустойчивой. Однако, хотя Token Ring медленнее, чем некоторые реализации Ethernet, она является более надежной и подходит для применений, где важна надежность доставки информации. В настоящее время Ethernet по надежности не уступает Token Ring и существенно превосходит ее по производительности.

Технология FDDI и CDD.

В 1980 г. комитет ANSI разработал новую технологию передачи данных – Fiber Distributed Data Interface (FDDI). Это была первая компьютерная сеть, которая полностью основывалась на оптоволоконном кабеле, что обеспечивало более высокую скорость передачи данных и надежность по сравнению с локальными сетями того времени, которые работали со скоростью не более 10 Мбит/с и не имели схем резервирования. FDDI также пыталась конкурировать с SDH в качестве транспортного уровня передачи данных, хотя эта попытка не была очень успешной.

Стандарт FDDI предусматривал передачу данных по двойному кольцу оптоволоконного кабеля со скоростью 100 Мбит/с, что обеспечивало надежный и быстрый канал на глобальных расстояниях до 100 км. Работа сети была организована на основе передачи маркера, а также предусматривалась развитая система приоритизации трафика, где рабочие станции делились на синхронные и асинхронные с помощью восьмиуровневой системы приоритетов.

Copper Distributed Data Interface (CDDI), также известный как Twisted Pair Distributed Data Interface (TPDDI), представляет собой чисто электрическую реализацию FDDI на витой паре, которая стала более доступной по цене, но имеет ограничение длины сегмента до 100 м и не гарантирует корректное взаимодействие аппаратуры разных производителей.

Технология FDDI была специально разработана для использования в критических сегментах сетей, таких как магистральные соединения между большими сетями, внутри зданий и для подключения к высокопроизводительным серверам. Разработчики стремились достичь высокой скорости передачи данных, отказоустойчивости на уровне протокола и возможности передачи данных на большие расстояния между узлами сети, и все эти задачи были успешно выполнены. Однако из-за высокой стоимости применение технологии FDDI было ограничено главным образом на магистралях сетей, которые связывали несколько зданий.

Технология ATM.

ATM (Asynchronous Transfer Mode – асинхронный режим передачи) – это технология коммутации пакетов, которая является ключевым элементом в Broadband ISDN (BISDN). Она позволяет передавать цифровые, голосовые и мультимедийные данные по одной и той же линии с высокой скоростью. Начиная со скорости передачи 155 Мбит/с, скорость увеличивалась до 662 Мбит/с и планируется достичь 2488 Гбит/с.

Технология ATM широко применяется в локальных и глобальных сетях, особенно для связи между локальными сетями, которые находятся на большом расстоянии друг от друга. В локальных сетях технология ATM используется для построения магистральных каналов с такими преимуществами, как масштабируемая скорость (коммутаторы ATM поддерживают скорости до 155 и 622 Мбит/с), высокое качество обслуживания и петлевидные связи, которые позволяют увеличить пропускную способность и обеспечить резервирование каналов связи. Однако из-за меньшей распространенности оборудования оно имеет высокую стоимость.

Основное преимущество технологии ATM заключается в способности доставки данных в реальном времени. Однако при использовании видеоконференций возможно появление незначительных искажений изображения, что может не удовлетворять высшее руководство и заставить их искать другие решения. Например, протоколы RSVP (Resource Reservation Protocol – протокол резервирования ресурсов) и RTSP (Real-time Streaming Transport Protocol – протокол передачи потоков в реальном времени) обеспечивают возможность гарантированной доставки данных в режиме реального времени и могут быть использованы в Ethernet-сетях.

Технология ARCNET.

ARCnet (Attached Resource Computer Network), был разработан компанией Datapoint в 1977 г. как стандарт для локальных сетей. Он основан на маркерной шине и позволяет использовать топологию

шины, кольца или звезды при скорости обмена 2,5 Мбит/с. Сеть состоит из активных и пассивных повторителей, которые позволяют соединять рабочие станции. Кабельные соединения выполняются с помощью коаксиального кабеля RG-62 или скрученных пар (RS485) и могут достигать длины до 600 м. Стандарт также допускает использование оптического волокна.

Новый стандарт ARCnet PLUS позволяет достигать скорости обмена до 20 Мбит/с и совместим с предыдущей версией. Он также позволяет использовать в сети восемь раз больше узлов, чем старый стандарт. Если в сети присутствуют узлы, рассчитанные на разную скорость обмена, выбор полосы пропускания осуществляется при установлении связи.

ARCnet имеет несколько преимуществ перед Ethernet, включая более гибкую топологию, легкость диагностики сети при звездообразной топологии и менее резкую чувствительность пропускной способности к количеству и активности узлов сети. Однако ARCnet не смог стать лидером на рынке из-за низкой пропускной способности до 2,5 Мбит/с, ограничения на количество узлов в сети до 256 и необходимости выставлять сетевые адреса вручную с помощью джамперов. Кроме того, пакеты ARCnet могут быть отправлены только с ограниченным размером до 508 байт, что меньше максимального размера пакета Ethernet (1500 байт) [3].

ЛВС в промышленной автоматизации

Локальные промышленные сети (Fieldbus) представляют собой системы, которые обеспечивают физическую и логическую связь между распределенными промышленными контроллерами, измерительными преобразователями и исполнительными механизмами, интегрируя их в единую систему управления технологическим процессом. Они должны соответствовать простоте монтажа, высокой надежности и скорости передачи данных, что отличает их от глобальных сетей, способных вносить значительные задержки в передачу информации.

Современные системы автоматизированного управления производством (АСУП), которые используют стандарты, опираются в своих коммуникационных инфраструктурах на сети Ethernet и протоколы TCP/IP. Также интернет-технологии широко применяются в информационных комплексах предприятий. Однако в области автоматизации технологических процессов (АСУТП) ситуация значительно хуже. Более пятидесяти коммуникационных технологий, относящихся к классу промышленных сетей или полевых шин, предоставляют возможность создания распределенных систем, включающих программируемые логические контроллеры, датчики и исполнительные устройства. Однако значительная часть этих технологий использует собственные протоколы и аппаратные средства компаний-производителей. Узкая сегментация рынка по отраслям промышленности и коммерческие интересы крупнейших производителей мешают унификации промышленных сетей, позволяющей создавать мультивендорные системы. Несмотря на это, в последние годы поставщики оборудования для автоматизации производственных процессов обратили внимание на Ethernet [1; 4]. Достоинства и недостатки технологий представлены в табл. 1.

Таблица 1

Достоинства и недостатки технологий

Технология	Преимущества	Недостатки
Ethernet	Легкость подключения, минимальная стоимость сетевых карт. Высокая пропускная способность и скорость передачи информации. Возможность использования разных кабелей и большой выбор доступного коммуникационного оборудования, в том числе для использования в промышленных сетях, по доступной цене	В условиях высокой нагрузки на сеть может наблюдаться значительное снижение скорости передачи данных, а в некоторых случаях, полная остановка передачи. При обрыве кабеля возникают трудности с определением местоположения неисправности, так как весь сегмент ЛВС перестает работать

МОЛОДЕЖНАЯ СЕКЦИЯ

Технология	Преимущества	Недостатки
Token Ring	Повышенная надежность передачи данных обеспечивается за счет более организованного использования сети и отсутствия коллизий. Несмотря на необходимость большего количества кабелей, прокладка сети обходится недорого. В случае выхода из строя одного узла, остальные продолжают работу в полном объеме, если кабель не поврежден	Адаптеры для Token Ring стоят дороже из-за более сложного протокола. При использовании Token Ring необходимо дополнительно приобретать MSAU, что увеличивает затраты. Сети Token Ring имеют меньшие размеры по сравнению с Ethernet. Пропускная способность сетей Token Ring на сегодняшний день существенно меньше, чем достигнутые в Ethernet в ЛВС (десятки Гбит/с и выше)
FDDI, CDDI	Надежная защита от помех. Конфиденциальность и безопасность передаваемых данных, а также изоляция абонентов друг от друга. Высокая скорость передачи информации. Возможность передавать данные на большие расстояния без использования усилителей сигнала, что позволяет создавать сети большего масштаба. Способность сохранять работоспособность при возникновении сбоев или отказах	Дороговизна по сравнению с альтернативными технологиями ЛВС. Некоторые трудности с эксплуатацией из-за особенностей оптоволоконного кабеля
ATM	Предоставляет возможность динамического управления полосой пропускания, QoS для различных типов трафика, резервирования каналов связи и интеграции разных типов трафика, включая голос, данные и видео. Благодаря специальным технологиям обработки голосового трафика можно экономить полосу пропускания	Технология ATM характеризуется высокой сложностью, что может затруднять ее использование, а также относительно высокими ценами на необходимое оборудование. Еще одним недостатком является недостаточная совместимость оборудования от разных производителей. В некоторых специфических задачах, таких как частая передача небольших объемов трафика, применение технологии ATM может вызывать неоправданно большие задержки при установлении соединений и загрузку канала связи служебной информацией.
ARCNET	Схемы присоединения в такой сети стоят меньше, чем в CSMA/CD. Менее требовательна к кабелю. Возможность более гибкой топологии. Легкость диагностики сети при использовании звездообразной топологии. Меньшая чувствительность к количеству и активности узлов сети, чем у Ethernet	Избыточность кода и административных пакетов приводят к низкой эффективности использования канала, который и так имеет низкую пропускную способность. При увеличении числа узлов в сети реальная производительность не превышает 65% от максимальной. Ограничение адресации одним байтом вызывает проблемы при объединении сетей

Технические требования к ЛВС

Локальная вычислительная сеть (ЛВС) играет важную роль в корпоративной среде, обеспечивая работу и взаимодействие распределенных приложений, входящих в информационную систему (ИС). Чтобы сеть была эффективной, она должна обладать ключевыми характеристиками, такими как высокая производительность, масштабируемость, отказоустойчивость, поддержка всех основных коммуникационных стандартов и протоколов, совместимость с оборудованием смежных подсистем, возможность изменения логической конфигурации без изменения физической и управляемость [5].

Для проектирования архитектуры ЛВС используются современные методы, технологии и устройства, которые позволяют достичь баланса между требованиями к сети и возможностями оборудования. Одним из главных критериев является безопасность процессов, происходящих внутри сети, так как она

подвержена угрозам извне. Для обеспечения контроля и повышения уровня безопасности в ЛВС реализуются системы управления, статистики и идентификации.

Для управления сетью и предотвращения нежелательных ситуаций в работе ЛВС необходимы системные средства мониторинга политики качества обслуживания и безопасности, планирования сети и сервисов. Они представляют возможность для сбора статистики и анализа производительности сети на всех уровнях, мониторинга событий в реальном времени для расширения возможностей диагностики, а также контроля над сетевыми подключениями. Важными параметрами являются высокая доступность сети, высокоскоростная коммутация пакетов, качество обслуживания пользователей и приложений, управление на основе правил и интеграция с сервисами каталогов. Система безопасности должна также иметь возможность обнаруживать и реагировать на возможные угрозы, включая внутренние и внешние атаки, вирусы, фишинг и другие виды киберпреступлений.

Для обеспечения защиты данных, передаваемых по сети, следует использовать различные методы шифрования и аутентификации, такие как SSL/TLS, IPsec, Kerberos и др. Кроме того, важно обеспечить физическую защиту сетевого оборудования и серверов, включая ограничение доступа к ним и контроль их состояния.

Еще одним важным аспектом при разработке ЛВС является учет совместимости с уже существующими системами и оборудованием, а также возможность интеграции с новыми технологиями и сервисами. Для этого следует учитывать стандарты и протоколы, используемые в других системах, а также разрабатывать API и интерфейсы для взаимодействия с другими приложениями и сервисами.

Наконец, успешная разработка и внедрение ЛВС требуют сотрудничества и координации между различными отделами и специалистами компании, включая IT-отдел, отдел безопасности, отделы разработки приложений и др. Только так можно достичь оптимальной работы сети, обеспечить ее защищенность и поддерживать соответствие современным требованиям бизнеса [4]. Сравнение эффективности работы технологий представлены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение технологий

Технология	Скорость	Постоянный доступ	Безопасность	Простота и доступность	Резервирование гарантированной скорости
Token Ring	+	—	+	+	+
FDDI/CDDI	+	—	+	—	+
ATM	+	—	+	—	—
Ethernet	+	+	+	+	+
ARCNET	—	—	—	+	+

Выбор наиболее эффективной технологии

Популярность технологии Ethernet объясняется множеством выгод, которые этот способ подключения предоставляет своим пользователям. К его главным преимуществам следует отнести:

1) скорость. Безусловно, это первое, что нас интересует при выборе интернет-провайдера. Использование оптоволоконного кабеля позволяет технологии соответствовать требованиям современного образа жизни и обеспечивать высокую скорость передачи данных. С трудом верится, что в момент изобретения Ethernet-технологии передача данных происходила со скоростью всего лишь 2,944 Мбит/с;

2) постоянный доступ. Для подключения к сети не требуется каждый раз «дозваниваться» до провайдера, как это происходит при коммутируемом доступе с помощью технологии Dial-up. Эта особенность гарантирует стабильную работу интернета без перебоев;

3) безопасность. Каждому абоненту присваивается отдельный реальный IP-адрес, что гарантирует безопасность и анонимность в сети;

4) простота и доступность. Подключение выделенной линии происходит в очень быстрые сроки, в частности для того, чтобы начать пользоваться преимуществами скоростного интернета понадобится меньше двух дней;

5) резервирование гарантированной скорости. Очень важно, что при создании собственной локальной сети общая скорость не делится на несколько устройств, а каждый отдельный компьютер получает одинаково быстрый доступ к интернету. Это преимущество является причиной, почему крупные компании и предприятия малого и среднего бизнеса останавливают свой выбор именно на технологии Ethernet.

Для работы интернета вам не понадобятся дорогостоящие модемы и другие дополнительные устройства и тем более можно забыть о временах, когда для подключения требовалась свободная телефонная линия. Поэтому без преувеличения можно сказать, что технология Ethernet – это перспективный и надежный способ подключения к всемирной сети, который идеально подходит как для частного пользования, так и для бизнес-сферы.

Заключение

Техническим требованиям, рассмотренным в предыдущих разделах для построения локальной вычислительной сети, удовлетворяет технология Ethernet. В системе, построенной на данной технологии, могут появляться коллизии, но их можно обработать путем внесения задержки доступа к линии связи. Длительность задержки для каждого участника разная.

Таким образом, несмотря на разнообразие существующих технологий, одной из наиболее ключевых является Ethernet. Несмотря на преклонный возраст, Ethernet продолжает питать многие локальные сети в мире и постоянно совершенствуется для удовлетворения будущих потребностей в высокопроизводительных сетях.

Библиографический список

1. Jesse R. Локальная вычислительная сеть. М.: VSD, 2020. 376 с.
2. Бройдо В. Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. М.; СПб.: Питер, 2017. 704 с.
3. Гук М. Аппаратные средства локальных сетей. М.; СПб.: Питер, 2016. 574 с.
4. Башарин Г. П., Бочаров П. П., Коган Я. А. Анализ очередей в вычислительных сетях. М.: Наука, 2019. 336 с.
5. Ги К. Введение в локальные вычислительные сети. М.: Радио и связь, 2016. 176 с.

УДК 621.8.038

П. А. Янин

ученик 9-го класса школы № 469

У. В. Левченко – магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель

ВАРИАНТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО УСКОРИТЕЛЯ МАСС

Электромагнитные ускорители масс – устройства, предназначенные для разгона разного рода снарядов с помощью электромагнитных сил путем преобразования электрической энергии в кинетическую энергию метаемого тела. Потребность в них постепенно возникла в середине прошлого столетия, в связи с ограничением скорости снарядов в огнестрельном оружии $\sim 2,5$ км/с. Именно для получения сверхвысоких скоростей метания тел используют электромагнитные ускорители. К тому же в них, в отличие от пороховых систем, нет необходимости в доступе кислорода, что открывает перспективу использовать их в безвоздушном пространстве. Сейчас электромагнитные ускорители применяются для изучения свойств материалов при высокоскоростном соударении с макрочастицами, происходящем при эксплуатации различных изделий и материалов авиационной, космической и военной техники. Электромагнитные ускорители могут использоваться не только в стрельбе, но и при разгоне более габаритных тел, таких как спутники, выводящиеся на низкую орбиту Земли.

В зависимости от конструкции электромагнитные ускорители разделяют на два основных вида:

- рельсовые (рельсотроны);
- катушечные (пушка Гаусса, катушка Томпсона).

Рельсовые электромагнитные ускорители

Поговорим про первый из указанных видов ускорителей, принцип работы которого основан на действии силы Ампера, возникающей в проводниках, находящихся во внешнем магнитном поле. Этот вид ускорителя (рис. 1) состоит из двух параллельных изолированных друг от друга проводников (рельсов), одновременно выполняющих роль направляющих для метаемого тела, подключенных через устройство коммутации к мощному импульсному источнику энергии [1]. При замыкании протекающего по рельсам электрического тока через подвижную проводящую перемычку-якорь созданное током рельсов магнитное поле взаимодействует с током в перемычке, порождая силу отталкивания и тем самым ускоряя перемычку вдоль рельсов. Метаемое тело обычно включает в свою конструкцию полезную нагрузку, вид, конструкция и массогабаритные характеристики которой зависят от ее назначения; перемычку-якорь, обеспечивающий процесс протекания тока, и поддон, поддерживающий полезную нагрузку при разгоне в стволе [2].

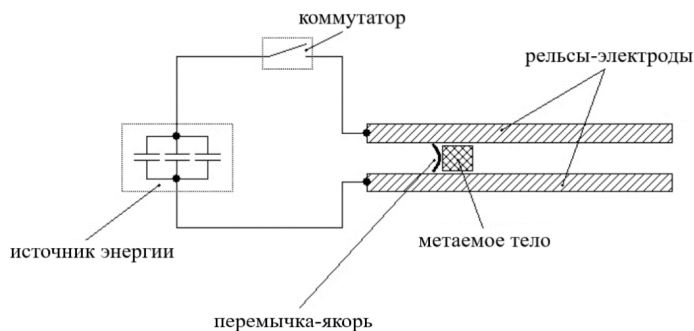


Рис. 1. Схема рельсотрона

Для обозначения рельсовых ускорителей используется термин «рельсотрон», который был предложен нашим соотечественником Львом Арцимовичем в 1950 г. для замены существовавшего тогда громоздкого названия «электродинамический ускоритель масс» [2].

Якорь обеспечивает протекание тока между рельсами ускорителя в процессе его разгона, в зависимости от конструкции и материала якоря рельсотроны могут быть со скользящей токовой перемычкой или плазменным поршнем. В первом случае якорь представляет собой металлическую перемычку с высокой электропроводностью, не разрушающуюся в процессе ускорения. Для таких установок существует ряд проблем, связанных с трением и нагревом на скользящих контактах якоря с рельсами. За счет соответствующего подбора материалов контактирующей пары (рельсы из твердого материала, якорь – из относительно мягкого материала, имеющего более низкую по сравнению с материалом рельса температуру плавления), а также применения специальных покрытий удается существенно уменьшить силу трения [3].

Во втором случае материал якоря с относительно низкой теплоемкостью (возможно, диэлектрик) при пропускании через него большого тока испаряется и ионизируется, образуя сгусток плазмы, или, проще говоря, электрическую дугу. При разряде на ток в образовавшемся плазменном сгустке действует собственное магнитное поле электрического контура, в результате чего происходит ускорение ионизированной перемычки [4]. Для таких ускорителей, называемых плазменными, существенным является обеспечение стабильности инициации разряда и формирования плазменного поршня. Дело в том, что в процессе ускорения возможны расслоение плазменного поршня, образование вторичных дуг в пространстве канала ускорителя позади поршня, прорыв плазмы в пространство перед метаемым грузом [5], в результате чего процесс ускорения якоря с метаемым снарядом прекращается.

Катушечные электромагнитные ускорители

Во втором типе ускорителей главным элементом являются катушки (тяговые соленоиды или индукторы), находящиеся на диэлектрической трубке (рис. 2). Подвиды катушечных ускорителей отличаются материалом метаемого снаряда: в пушке Гаусса им выступает ферромагнитное тело, а в пушке Томпсона – тело с немагнитным электропроводящим кольцом. В ускорителе Гаусса взаимодействие происходит между магнитным полем тягового соленоида и суммарным магнитным полем доменов вещества ускоряемого объекта. Катушки являются источниками однонаправленного магнитного поля, которое намагничивает ускоряемый объект, вследствие чего катушка и снаряд начинают притягиваться [1]. В индукционном ускорителе Томпсона взаимодействуют поля токов катушки-индуктора и идущего ему в противофазу тока в ускоряемом объекте. Внешнее поле катушки наводит в объекте вихревой индукционный ток, поле которого противодействует изменению внешнего, в результате чего индуктор и ускоряемое тело начинают отталкиваться. Сила взаимодействия токов пропорциональна величине самих токов и ограничивается только физической возможностью материалов выдержать необходимую плотность тока. Поэтому ускоряемый объект и индуктор необходимо изготавливать из материалов с максимально высокой проводимостью [6].

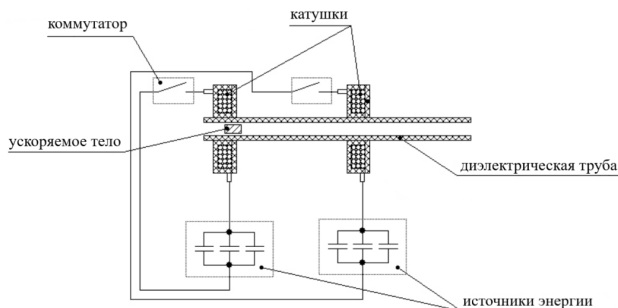


Рис. 2. Схема двухступенчатого катушечного ускорителя

Для повышения эффективности катушечных ускорителей, где большая часть энергии расходуется на генерацию магнитного поля, и для достижения большей кинетической энергии ускоряемого объекта необходимо делать ускоритель с несколькими разгонными ступенями, представленными последовательно расположенными вдоль оси ускорителя соленоидами, с отдельными коммутаторами и импульсными источниками питания. При этом увеличиваются сложность и габариты конструкции, а также сложность системы управления коммутацией, отрабатывающей задержки по времени при включении каждой из катушек.

Применение электромагнитных ускорителей масс

В зависимости от весогабаритных характеристик метаемого тела ускорители нашли применение в качестве как компактных лабораторных установок для разгона макрочастиц массой в несколько граммов и поперечных размеров порядка нескольких миллиметров, так и более габаритных устройств для запуска начальной скорости крупным объектам, таким как, например, самолеты палубной авиации, запускаемые с тяжелых крейсеров.

Для лабораторных установок по метанию небольших тел используются катушечные и рельсовые электромагнитные ускорители. С их помощью проводят испытания на ударную прочность изделий и материалов авиационной и военной техники, взрывательных устройств и средств индивидуальной бронезащиты [7], моделирование воздействия метеоритов на элементы космических станций и аппаратов.

Электромагнитные ускорители макрочастиц также используются как инжекторы для ввода топливных водородных таблеток и примесных частиц в реакторные установки с магнитным удержанием плазмы, такие как стеллараторы и токамаки, в качестве альтернативы традиционному газовому напуску [8].

Отдельный интерес представляет высокоскоростное метание группы тел по близким траекториям для исследования задач гиперзвуковой внешней баллистики, специфических особенностей кратерообразования [9]. Метание группы тел также используется при испытаниях на эрозийное изнашивание. В этом случае в качестве разгоняемого груза используется поддон (который позволяет метать несколько тел сложной формы, тела из непроводящих неферромагнитных материалов), наполненный крупно- или мелкодисперсными частицами. После придания необходимой скорости поддон отсекается, а ускоренные частицы продолжают двигаться до столкновения с объектом испытания. Так в лабораторных условиях имитируются воздействия «космического мусора», града или пыли.

Отдельную нишу заняли рельсотроны со свободным плазменным поршнем, т. е. плазменные ускорители без «полезного груза». Они представляют собой генераторы высокоскоростных плазменных потоков [10] и используются в технологии для очистки поверхностей методом катодного напыления, а также для нанесения различных покрытий и пленок на изделия, для насыщения поверхностного слоя металлов для упрочнения и повышения стойкости поверхности к воздействию внешних агрессивных сред при нормальных и повышенных температурах.

Применение рельсовых ускорителей для метания более габаритных тел может быть разным, но в основном разработки ведутся в спонсируемой военной сфере. Например, перспективным видится использование рельсотрона в качестве корабельной артиллерии для поддержки огнем подразделений морской пехоты на берегу на дальностях до 500 км, что обуславливается большей по сравнению с пороховыми системами дульной энергией [11].

В теории для военных целей возможно использование и комбинированного многоступенчатого катушечного ускорителя – крупнокалиберной снайперской винтовки наподобие АСВК, предназначенной для поражения различного рода бронетехники. Основная проблема в реализации такого проекта заключается в больших значениях массогабаритных показателей источников питания, требующихся для достижения необходимой дульной энергии: для ~10 МДж дульной энергии при существующих энергетических плотностях масса источника питания будет составлять ~25 кг. Поэтому использование мобильных электромагнитных ускорителей в качестве альтернативы пехотному огнестрельному оружию на данном этапе развития энергоемких источников электроэнергии не представляется возможным.

Еще одно направление – разработка и испытание рельсовых ускорителей в виде электромагнитной катапульты для запуска самолетов палубной авиации с тяжелых авианесущих крейсеров. При проведении подобных манипуляций с беспилотными летательными аппаратами (дронами) возможно со-

кратить длину взлетной полосы. Разгонная часть катапульты, с которой запускаются самолеты массой ~30–40 т составляет ~35 м в длину, для разгона дрона она сокращается до ~6 м, что предоставляет возможность располагать установку на относительно малоразмерных судах автономного плавания [12].

Другим перспективным применением электромагнитных ускорителей масс является вывод миниатюрных спутников (массой 1–1000 кг) на низкую орбиту Земли (НОЗ). Примером таких спутников могут являться аппараты Starlink с массой до 260 кг. Несмотря на постоянное совершенствование ракетной техники, вывод 1 кг полезной нагрузки на НОЗ в настоящее время все еще дорог и не может осуществляться с требуемой частотой: часто микроспутники добавляются к основной выводимой полезной нагрузке как второстепенный груз. Это связано с постоянным подорожанием ракетного топлива, в основном представленного в виде керосина. По этой причине альтернативным способом вывода полезной нагрузки на НОЗ представляются электромагнитные технологии – рельсовые и катушечные ускорители различной конфигурации. Их существенным преимуществом может явиться высокая оперативность запуска малых космических аппаратов: малые требования к подготовке по сравнению с ракетными системами, а также возможность реализации большой частоты пусков (до 100 пусков в сутки) [13]. Для космического применения также экспериментально подтверждена возможность замены на электромагнитный ускоритель первой ступени ракеты [3].

Запуск любого рода тел на такой высокой скорости ограничивается прочностью самого тела. В настоящее время не ясно, как защитить полетное тело от огромных тепловых потоков, возникающих при его движении в плотных слоях атмосферы при размещении стартовой площадки космических ускорителей на поверхности Земли. Далеко не каждый носитель способен выдержать пресечение плотных слоев атмосферы на скоростях, близких к 10 км/с. Стоит учитывать нагрев, порождаемый силой трения о воздух, из-за которого возможно использование только аэродинамически обтекаемых и изготовленных из высокопрочных и теплоемких материалов снарядов [13]. В частности, во внимание надо принимать действие запредельных перегрузок на электромеханические системы запускаемых аппаратов. Высокие перегрузки учитываются и при разработке ускорителей для разгона самолетов и дронов.

Несмотря на все трудности при проектировании электромагнитных ускорителей и требования, предъявляемые к ускоряемым телам, они находят широкое применение не только для научных, но и практических целей. По мере совершенствования конструкции и достижения новых параметров область применения электромагнитных ускорителей непрерывно расширяется.

Библиографический список

1. Семкин Н. Д., Сухачев К. И., Дорофеев А. С. Методы и средства ускорения частиц естественного и техногенного происхождения // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С. П. Королева. 2015. Т. 14, № 4. С. 171–191.
2. Агеев А. Электромагнитная пушка: оружие будущего. URL: <https://www.techcult.ru/technics/1831-elektromagnitnaya-pushka> (дата обращения: 11.03.2023).
3. Плеханов А. В., Юшков Е. С., Кудж С. А. Эволюция конструкции метаемых тел для электромагнитных ускорителей: учеб. пособие. М.: МИРЭА Российский технологический университет, 2019. 58 с.
4. Плазменные ускорители / под ред. акад. Л. А. Арцимовича [и др.]. М.: Машиностроение, 1973. 312 с.
5. Плеханов А. В. О предельной скорости разгона плазменного сгустка в магнитоплазменном ускорителе // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. 2020. № 74. С. 1–18.
6. Семкин Н. Д., Пляков А. В., Воронов К. Е., Сухачев К. И. Резонансный метод ускорения немагнитных материалов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С. П. Королева. 2012. № 2 (33). С. 126–132.
7. Татмишевский К. В., Семенович М. Л., Козлов С. А. Магнитно-импульсные метательные установки для проведения ударных испытаний взрывательных устройств боеприпасов и средств бронезащиты // Известия РАН. 2005. № 4. С. 22–31.
8. Кутеев Б. В. Технологии для термоядерных реакторов, базирующиеся на инъекции макро-частиц // Журнал технической физики. 1999. Т. 69, № 9. С. 63–67.

9. Синхронный разгон двух тел μm -размера до гиперзвуковых скоростей в многоканальном рельсовом ускорителе / Б. Г. Жуков, Р. О. Куракин, В. А. Сахаров [и др.] // Письма в Журнал технической физики. 2013. Т. 39, № 23. С. 58–62.
10. Параметры эрозионной углеродной плазмы в канале рельсотрона / С. В. Бобашев, Б. Г. Жуков, Р. А. Куракин [и др.] // Журнал технической физики. 2010. Т. 80, № 12. С. 45–50.
11. Плеханов А. В., Юшков Е. С., Кудж С. А. Что такое морской дальнобойный электромагнитный рельсовый ускоритель: учеб. пособие. М.: МИРЭА Российский технологический университет, 2018. 116 с.
12. Электромагнитная катапульта для запуска тяжелых дронов с малоразмерных судов / А. П. Баганов, В. Г. Бутов, Г. В. Носов [и др.] // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. 2021. № 71. С. 25–34.
13. Ключников В. Ю., Кузнецов И. И., Осадченко А. С., Смагин Ю. Н. Ускорители массы для выведения малоразмерных космических аппаратов на орбиту: способы и проблемы реализации // Вестник НПО им. С. А. Лавочкина. 2020. № 2 (48). С. 58–66.

СОДЕРЖАНИЕ

Антоненко С. И. ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА	3
Бабчинецкий С. Г., Басков В. А. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	10
Бабчинецкий С. Г., Гатаулин А. Д., Марков Ю. А. ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК УМНОГО СКЛАДСКОГО ПОМЕЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ	13
Белова М. Ю. СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИЕЙ.....	17
Бобрышов А. П., Бобрышов Д. П., Кузьменко Ю. П., Романенко В. В. ВЛИЯНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ ИНДУКЦИОННЫХ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ НА ЭКОЛОГИЮ	19
Буловятов А. М., Грубенко М. Д., Денисов М. Д. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ КОРОТКИХ СООБЩЕНИЙ	22
Вашуров К. Г. ОБЗОР МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ	30
Веселова В. А., Коломойцев В. С. ФРАКТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ САМОПОДОБИЯ ТРАФИКА	34
Владимиров И. С. ИСТОЧНИКИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ	37
Гиндуллин И. И., Лонцаков А. А., Салихов Л. С. СТРУКТУРА РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО МОДУЛЯ СОРТИРОВКИ ДЕТАЛЕЙ	41
Голиков В. С. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АГРОНОМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА.....	45
Гольдберг А. П. ПРОЕКТ УМНОГО ТЕАТРА.....	48
Горюнов А. Д. ЦИФРОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ.....	51
Григорьев Г. К. ОСОБЕННОСТИ И СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ МУЛЬТИАГЕНТНЫМИ РТС С ВОЗМОЖНЫМ ВНЕДРЕНИЕМ СОЦИАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ.....	57
Григорьев Г. К., Рыбаков И. М. ОСОБЕННОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С ОПОРОЙ НА РАЗЛИЧНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ К УПРАВЛЕНИЮ ГРУППОЙ БЕСПИЛОТНИКОВ	60
Даринцева Ю. О. РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ НАНЕСЕНИЯ СМАЗКИ НА РЕЗЬБУ НКТ ...	63
Дмитров К. Д. ОБЗОР СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОПТЕРА И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЕГО ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	67
Желдак А. Е. ГЕНЕРАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ПОМОЩИ ГЕНЕРАТИВНО-СОСТАЯТЕЛЬНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ.....	74
Журавлев А. А. АКТУАЛЬНЫЕ СЦЕНАРИИ ДЛЯ УМНОГО ДОМА	78
Задорожный А. В. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ.....	82
Заитов А. Т. ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В АНАЛИЗЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ	87
Карпов Е. И. ВИДЫ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ В ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМАХ	91
Кискин В. В. ТОКАМАКИ. ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕРМОЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ	94
Колесова А. Д. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В КОНСТРУКЦИЯХ ТОКАМАКОВ.....	97

Коркунов А. В. ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РАБОТУ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ, ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ СИСТЕМЫ АВАРИЙНОГО ВЫВОДА ЭНЕРГИИ ИЗ ТОРОИДАЛЬНЫХ ОБМОТОК ТОКАМАКА ИТЭР	103
Кузнецов З. Д. ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАЮЩИМ РОБОТОМ ПРИ СЛЕЖЕНИИ ЗА ПОДВИЖНЫМ ОБЪЕКТОМ.....	111
Лосева С. А. НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ	114
Ляшенко С. В. ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЭКСТРУДЕРА 3D-ПРИНТЕРА.....	118
Марлухин Д. И. ЗАРЯДНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ДЛЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА В РОССИИ.....	123
Мезько А. А. ВЛИЯНИЕ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	126
Митюков Д. С. О СИСТЕМАХ СТРЕСС-ТЕСТИРОВАНИЯ СЕРВЕРОВ НА ПРЕДМЕТ ИЩЕНИЯ ДАННЫХ	130
Михаелян Н. А. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ РОТОРА СИНХРОННОГО РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ	133
Никитин А. К. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ЭНЕРГОПРЕДПРИЯТИЯХ.....	136
Першина О. А. РОБОТОТЕХНИКА В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ	139
Петрук Л. А., Сапрыкина А. П., Пак С. А. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ПУТЕЙ СТИМУЛИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ.....	141
Поздняков К. Д. ИССЛЕДОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ (БВС)	145
Примаченко В. В., Примаченко М. В. ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ RENTEST ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	151
Приходский А. А. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ В РЕАБИЛИТАЦИОННОМ ОБОРУДОВАНИИ	154
Прудников Е. А. СОВРЕМЕННЫЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ.....	159
Пыжов А. С. МОДЕЛЬ ОХРАННОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ	164
Радьков К. М. VR-ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ	167
Ратникова А. К. ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ. ОБЗОР ПРАКТИКИ ПРИМЕНЕНИЯ.....	171
Розанов Н. И. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЯЕМОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА.....	175
Рул А. М.ёв, Попов А. К. РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЛЕДЯЩЕГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА АНТЕННЫ.....	181
Рыбаков И. М. ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА.....	185
Рябец Я. Л. ЕМКОСТНЫЕ НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ	190
Сапрыкина А. П., Пак С. А., Петрук Л. А. АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ НИОКР КОСМИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА РАН.....	194
Скублова А. С., Кондратьев В. К. БАЗЫ ДАННЫХ.....	197
Смирнов П. С. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ И ПРОВЕРКИ WEB-СЕРВЕРОВ В КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЯХ	201

Соломина С. Д. МЕНЕДЖМЕНТ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ. АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОМПАНИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ.....	205
Старшинов Р. Ю. БЕСПРОВОДНАЯ ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	208
Степанян Д. О. АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ГРУПП РОБОТОВ	213
Ташенков Ф. А. ПЕРЕДВИЖНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ. ПЛАНЕТОХОДЫ.....	218
Федорова М. В. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗРЕНИЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕ	224
Ферштадт М. И. ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ПО СКОРОСТИ В ОДНОКОНТУРНОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА.....	228
Ферштадт М. И. ПРИНЦИПЫ ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ	230
Филимонов С. Д., Строганов А. С. ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ	234
Халилов Д. З. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕНЕРАТОРОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	240
Холунин А. С. НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ	243
Чередников К. Д. КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ	247
Чугунов А. Л. МЕДИЦИНСКАЯ РОБОТОТЕХНИКА	250
Широкишин В. В. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ	254
Щеглов З. А. АНАЛИЗ И ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	257
Янин П. А. ВАРИАНТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО УСКОРИТЕЛЯ МАСС.....	263

Научное издание

ЗАВАЛИШИНСКИЕ ЧТЕНИЯ'23
XVIII Международная конференция
по электромеханике и робототехнике
18–19 апреля 2023 г.

Молодежная секция

Сборник докладов

ISBN: 978-5-8088-1851-4



Ответственные за выпуск:
доктор технических наук, профессор *В. Ф. Шишляков*; *А. В. Статкевич*
Редакторская подготовка *С. В. Денисовой*
Компьютерная верстка *А. Н. Колешко*

Подписано к печати 23.06.2023. Дата выхода в свет 05.07.2023. Формат 60х84 1/16.
Усл. печ. л. 15,8. Уч.-изд. л. 28,9. Тираж 100 экз. Заказ № 284.

Редакционно-издательский центр ГУАП
190000, г. Санкт-Петербург, Большая Морская ул., 67, лит. А

Распространяется бесплатно