

ЗАВАЛИШИНСКИЕ ЧТЕНИЯ'19

молодежная секция

Санкт-Петербург
2019

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

ЗАВАЛИШИНСКИЕ ЧТЕНИЯ’19

Молодежная секция

Сборник докладов
17–20 апреля 2019 г.

ГУАП
Санкт-Петербург
2019

УДК 001.08
ББК я73
З-13

З-13 Завалишинские чтения: молодежная секция: сб. докл. СПб.: ГУАП, 2019. 355 с.

ISBN 978-5-8088-1356-4

Помещенные в сборник доклады отражают весь спектр направлений научных работ, проводимых Институтом инновационных технологий в электромеханике и робототехнике: 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

Ю. А. Антохина – доктор экономических наук, профессор, ректор ГУАП
А. А. Оводенко – доктор технических наук, профессор, президент ГУАП
В. Ф. Шишлаков – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой управления в технических системах
А. Л. Ронжин – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электромеханики и робототехники

УДК 001.08
ББК я73

РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РФФИ

XIV международная конференция по электромеханике и робототехнике «Завалишинские чтения – 2019»" проведена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 19-08-20021.

ISBN 978-5-8088-1356-4

© Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2019

УДК 621.3

Е. В. Абакумов
студент кафедры электромеханики и робототехники
О. Б. Чернышева – старший преподаватель кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель

SMART GRID: СЛОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В РОССИИ

Современный этап развития энергетического комплекса можно охарактеризовать как постепенный переход к энергетике будущего с использованием принципиально новых технологических возможностей. Первым шагом в этом направлении является Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р, согласно которому утверждена программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Цифровой переход в электроэнергетическом комплексе позволит не только повысить эффективность традиционной энергетической системы, но и откроет новые возможности для вовлечения в энергообмен распределенную генерацию на основе возобновляемых источников энергии, систем накопления энергии, устройств и комплексов с регулируемым потреблением. Основные изменения должны затронуть сектор электроэнергетики, находящийся в непосредственной близости к потребителям. Также изменения должны коснуться структурных и технологических особенностей построения энергосистем. Стратегический план предусматривает, что организация энергоснабжения в розничном секторе будет представлять собой экосистему производителей и потребителей электроэнергии, которые смогут беспрепятственно обмениваться энергией и будут интегрированы в общую инфраструктуру. Данный подход получил название «Интернет энергии» (Internet of Energy). Значительный масштаб распространения технологий нового поколения должен обеспечить повышение эффективности всей энергосистемы России.

В настоящее время приоритетными направлениями государственной политики в сфере электроэнергетики на среднесрочную перспективу являются [5]:

Запуск открытых модульных цифровых платформ для организации киберфизических систем и сред в электроэнергетике.

Разработка интеллектуальных мультиагентных систем управления.

Становление рыночного сегмента систем хранения электроэнергии (от аккумуляторов для электромобилей до систем хранения электроэнергии большой емкости).

Развитие сектора высоковольтной и высокочастотной силовой электроники.

Внедрение технологий «Интернета вещей» (цифровые датчики, сенсоры, актуаторы и средства коммуникации).

Использование цифровых финансовых технологий (блокчейн, смарт-контракты, децентрализованные автономные организации).

В рамках практической реализации перечисленных направлений к 2020 г. запланирована замена устаревших энергосетей на интеллектуальные энергосистемы Smart Grid. «Умная» сеть должна обеспечить конечным потребителям надежную и выгодную поставку электроэнергии и предоставить поставщикам электроэнергии свободный от государственной монополизации рынок сбыта. Интеллектуальная энергосеть представлена на рис. 1.

Основная идея данного проекта заключается в установке на все узлы энергосистемы интеллектуальных систем управления, которые через коммутационную магистраль соединяются с центрами обработки данных и автоматизированными

системами управления, объединяющими на технологическом уровне электрические сети, поставщиков и потребителей в единую автоматизированную систему. Реализация данного проекта должна создать комфортные условия для потребителей электроэнергии – появится возможность выбора тарифа, планирование энергопотребления с помощью многотарифных счетчиков учета потребленной электроэнергии, а также потребитель может получить уникальную возможность самостоятельно продавать электроэнергию, сгенерированной его собственной солнечной электростанцией или ветроэнергетической установкой. Условная архитектура Smart Grid представлена на рис. 2.



Рис.1. Интеллектуальная энергосеть



Рис. 2. Архитектура Smart Grid

С технологической точки зрения в Smart Grid можно выделить пять ключевых направлений [1]:

– повсеместное внедрение измерительных приборов и устройств (smart-счетчики и smart-датчики);

– разработка и внедрение усовершенствованных методов управления;

– усовершенствование технологий и компонентов электрической сети (гибкие системы переда переменного тока FACTS, сверхпроводящие кабели, силовая электроника, сверхпроводниковые накопители);

– разработка и внедрение интегрированных интерфейсов и методов поддержки принятия решений, технологий управления спросом на электроэнергию, распределенных систем мониторинга и контроля);

– разработка интегрированных средств коммуникации.

С информационной точки зрения сеть Smart Grid объединяет множество технических элементов и узлов, таких как: домены потребителей, домены передачи и распределения электроэнергии и операционный домен. Каждый из перечисленных доменов может состоять из своих подсистем, что, несомненно, усложняет общую архитектуру сети. К домену потребителей, кроме выше перечисленных, относятся: системы аккумулирования энергии, объекты распределенной электрогенерации и электротранспорт. Домен передачи и распределения энергии включает блоки измерения фаз, контроллеры, регулирующие деятельность подстанций, а также системы аккумулирования энергии. Элементами информационной системы в операционном домене являются SCADA-системы. Главная задача операционного центра состоит в обеспечении надежного и бесперебойного функционирования энергосети, эффективного использования ресурсов, снижении потерь при передачи и, как следствие, снижения тарифов на электроэнергию для конечных потребителей.

Ключевым элементом информационных систем Smart Grid является IP-протокол (Internet Protocol). К преимуществам использования IP-протоколов следует отнести широкую распространенность данной технологии, наличие значительного числа уже разработанных отраслевых стандартов, значительное число разработанных соответствующих программных продуктов.

Кроме того, решения, построение на принципах IP, обладают хорошей масштабируемостью, что позволяет включать в информационную систему значительное число элементов сети (смарт-счетчиков, домашних приборов и т.д.).

Важную роль в формировании перспектив мирового рынка смарт-учета играет унификация интерфейсов передачи данных от первичных приборов учета к концентраторам и от концентраторов – к системе обработки данных.

По оценке экспертов рабочей группы Национальной технологической инициативы в сфере энергетики («Энерджинет») реализация инновационного сценария технологического развития электроэнергетики создаст предпосылки для сдерживания роста цен на электроэнергию – по прогнозам к 2035 г. цены могут быть снижены на 30-40% относительно инерционного сценария развития электроэнергетики. Такое снижение цен возможно за счет повышения эффективности использования генерирующих и сетевых мощностей, существенного сокращения потребностей в новых мощностях, сокращения потерь энергии, снижения стоимости владения базовой инфраструктурой.

На инвестиционном форуме в Сочи в феврале 2018 г. ПАО «Россети» представило стратегию построения в России цифрового электросетевого комплекса до 2030 г. Представленный проект стоимостью 1,3 трлн руб. в текущих ценах самоокупаем в течение 14 лет и не потребует дополнительного увеличения сетевой составляющей в тарифе. Особое внимание в стратегии уделяется внед-

рению передового и перспективного оборудования, автоматизации управления, развитию автоматизированных систем диагностики, анализу получаемых данных и предполагаемых эффектов. Разработанная стратегия представляет собой долгосрочный проект и при правильном подходе к его реализации у России есть возможность стать одним из ключевых игроков на глобальном рынке интеллектуальной энергетики.

В чем заключается принципиальное отличие цифровых принципов построения энергосистемы от применяемого в настоящее время аналогового принципа? Традиционный подход предусматривает наличие небольшого количества электростанций большой мощности, при этом отсутствуют какие-либо средства накопления электроэнергии. Согласно аналоговым принципам построения энергосистемы, в ее основе лежат принципы поддержания баланса мощности, при этом переключение потоков электроэнергии осуществляется из централизованной диспетчерской либо в режиме ручного управления, либо в автоматическом режиме по заданной программе. Переключение потоков энергии в системе регулируют баланс очень приблизительно. Более тонкая подстройка происходит за счет изменения частоты генерации в небольших пределах. Основным отличием цифровой энергетики от аналоговой является то, что регулировка энергопотребления в нагрузке для обеспечения баланса мощностей осуществляется не путем изменения частоты переменного тока, а путем управления нагрузкой цифровым способом. Кроме того, особенностью цифровой энергетики является возможность реализации полностью децентрализованной системы управления [3].

Следует отметить, что практическая реализация данной программы в настоящий момент сталкивается с рядом проблем:

− рост уровня энергопотребления. По прогнозам экспертов, спрос на электроэнергию к 2035 году увеличится на 50%;

− масштабы цифровизации всех аспектов жизнедеятельности населения граждан РФ предъявляют жесткие требования к надежности и качеству поставок электроэнергии;

− меры, принимаемые к ужесточению экологических стандартов, приводят к ужесточению соблюдения экологических требований к добыче электроэнергии;

− низкий технологический уровень энергетического сектора, морально устаревшая энергоинфраструктура, используемая в отдаленных областях и районах РФ, протяженность ЛЭП, низкая плотность населения – факторы, влияющие на эффективность работы секторов экономики страны в целом;

− отсутствие взаимодействия между основными участниками рынка – энергокомпании отдельных регионов внедряют технологии, не учитывая общие требования электроэнергетического рынка и потребности аналогичных участников рынка электроэнергии;

− отсутствие практического внедрения современных технологий ведет к низкой производительности труда и принятию неверных управленческих и технологических решений;

− дефицит доступных прикладных технологий и решений;

− продолжение финансирования «старых» технологий и имитация инновационной деятельности. По оценкам экспертов, для модернизации российской энергетической отрасли необходимы инвестиции не менее 300 млрд долл.;

− большая доля инновационных технологий в электроэнергетике разработана за рубежом и, как следствие этого, большинство интеллектуальных систем мониторинга и контроля из-за ряда технологических отличий электроэнергетической инфраструктуры стран Запада не могут быть использованы в полном объеме в сетях РФ. [2]

Решение перечисленных проблем возможно только при переходе к цифровой модели управления отраслью. Среди возможных направлений перехода можно выделить следующие направления:

– постепенный переход к возобновляемым источникам энергии (солнечная энергетика, ветроэнергетика, энергия морских волн);

– децентрализация производства энергии;

– цифровизация всей инфраструктуры;

– внедрение технологии Интернета вещей (Internet of Things):

– переход к принципиально новой конфигурации систем – Интернет энергии (Internet of Energy);

– создание единой цифровой энергетической платформы;

– развитие цифровых клиентских серверов.

В настоящее время лишь небольшой процент компаний электроэнергетического сектора приступил к практическому внедрению технологий по цифровизации отрасли. «Умные» распределительные сети появились в Москве, Санкт-Петербурге, Казани, Иркутске и Уфе. В рамках пилотных проектов проводится замена устаревшего оборудования на новое с функциями наблюдаемости и управляемости, а также с высоким уровнем безопасности и надежности. При этом практически все компании испытывают острую нехватку кадров и отсутствие действующих рабочих примеров, которые можно использовать на практике.

К 2022 г. планируется внедрение и использование комплексных цифровых экосистем в электроэнергетике, в основе которых лежат следующие технологии и принципы:

– интеграция устройств осуществляется на основе IoT-протоколов;

– управление устройствами и работой протокола осуществляется с использованием облачных технологий;

– управление всей системой осуществляется на основе искусственного интеллекта и предиктивных моделей;

– анализ данных будет проводиться на базе нейросетей;

– распределение прав осуществляется на безе распределенного реестра (блокчейн).

Для сохранения конкурентоспособности России на мировом рынке цифровизацию электроэнергетического комплекса необходимо завершить до 2025 г.

Библиографический список

1. Smart Grid. Умные сети. Интеллектуальные сети электроснабжения. URL: http://www.tadviser.ru/index.php (дата обращения: 28.02.2019).

2. Умные сети Smart Grid в России: кейсы, перспективы, сложности. URL: http://smartenergysummit.ru/novosti/umnyie-elektroseti-smart-grid-v-rossii-kejsyi,-perspektivyi,-slozhnosti (дата обращения: 02.03.2019).

3. Васильев А. Цифровая энергетика и виртуальные электростанции. URL: https://www.elec.ru/articles/cifrovaya-energetika-i-virtualnye-elektrostancii/ (дата обращения: 01.03.2019).

УДК 69.002.5

В. М. Антипов
магистрант кафедры механики, мехатроники и робототехники
П. А. Безмен – кандидат технических наук – научный руководитель
Юго-Западный государственный университет, г. Курск

ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Введение

В настоящее время робототехника успешно применяется в массовом производстве в машиностроении, а также на опасных производствах: в химической промышленности, металлургии и т.п. Набирает актуальность применение робототехнических устройств при проведении строительных работ.

Робототехника и информационные технологии тесно связаны. В последние годы возрос интерес к этим областям. Различные автоматизированные системы применяются в жизни, образовательной деятельности, научных проектах, производстве и промышленности.

Внедрение ПК в информационную сферу определили новый виток развития. Сегодня информационные технологии основываются на следующих принципах:

– интерактивный режим взаимодействия с компьютером, когда каждый запрос дает моментальное ответное действие машины;

– интеграция с другими программными продуктами, позволяющая автоматически переносить данные с одной программы в другую;

– гибкость процесса изменения данных.

1. Облачная робототехника

Облачная робототехника – это сравнительно недавно придуманная концепция. Первые работы на эту тему стали появляться в 2010 году, когда начался проект **RoboEarth** Еврокомиссии. Целью этого проекта было формирование «интернета для роботов». RoboEarth и, позднее, в таких проектах, **как Rapyuta и Robohow,** были сформулированы базовые концепции и технологии, которые все еще оказывают влияние на разработки в области облачной робототехники.

Есть три базовых преимущества облачных роботов, по-отношению к классическим автономным роботам:

Разделение информации. Множество облачных роботов может управляться из одного центра, при этом данный центр может аккумулировать визуальные, вербальные и другие данные об окружающей среде, поступающие от всех подключенных роботов. Полезную информацию, выделенную из этих данных можно использовать для всех роботов, подключенных к данному центру управления. Как и в случае с другими облачными сервисами, информация, собранная и обработанная каждым из роботов, всегда остается "свежей" и надежно заархивированной. В выигрыше и разработчики – любое их решение является переиспользуемым для всех подключенных к облаку роботов.

Разгрузка вычислительных мощностей. Некоторые задачи, с которыми сталкивается робот, требуют больших вычислительных мощностей, чем те, что может обеспечить местный контроллер (экономически разумным образом). Разгрузка в облако задач, требующих существенной обработки, таких как распознавание голоса и изображения, синтез голоса, картографирование окружающей среды, планирование движений, снижает требования к бортовому "железу", а также к энергопотреблению роботов, что позволяет делать их легче, меньше и дешевле.

Коллаборативность. Облачные роботы могут работать совместно. Используя облако, как общую среду, два робота могут работать совместно, например, чтобы перенести объект, который слишком тяжел для одного. Группа простых рабочих роботов могут выполнять работы с использованием одной локальной карты, которую создаст для них робот-лидер, оснащенный необходимыми для картографирования сравнительно дорогими сенсорами.

2. Разработка адаптивных систем управления для работы в динамической среде

В отличие от жестко структурированного рабочего пространства лаборатории, производственного помещения (участка, цеха) или испытательного полигона, реальная среда, в которой будут функционировать роботы, характеризуется высоким уровнем динамической неопределенности. Во-первых, это может быть вызвано специфическими особенностями самой среды, которые можно интерпретировать как внешние возмущения (ветер, волны, подводные течения, неровности ландшафта и т.д.). С другой стороны, неопределенности могут быть связаны с активными объектами, представляющими для робота цели или, наоборот, подвижные препятствия. Отдельного внимания в этом контексте заслуживают приложения, в которых робот выступает ассистентом для человека при перемещении, сборке или обработке. Кроме того, необходимость адаптации алгоритмов управления может возникнуть при непредвиденном изменении состояния самого робота, например, при выходе из строя отдельных технологических узлов.

Проблемы, требующие решения:

1. Разработка методов адаптивного управления движением роботов и их коллективов (мультиагентные робототехнические системы) в условиях неопределенности и существенных внешних возмущений; •Разработка баз данных реального времени для представления знаний в робототехнических комплексах; •Разработка методов интеллектуального анализа, управления и прогнозирования функционирования робототехнических систем;

2. Разработка методов, схем и процедур обнаружения неисправностей и отказов систем управления робототехническими системами, а также статистического анализа этих отказов;

3. Удаленная робототехника. Разработка концепции построения, состава, типов, организации связи, алгоритмов управления автономными РТК, расположенными на значительном удалении (тысячи километров на Земле и сотни тысяч километров в космосе).

3. Применение Ethernet

Большинство современных роботов проектируют на базе стандартных платформ, будь то одноплатные компьютеры (Raspberry Pi, Banana Pi и т.д.) или платформы на базе Arduino. Для реализации задач требующих быстрой передачи данных между внешними датчиками или между различными платформами оптимальным вариантом является использование ethernet-технологий.

Использование Ethernet становится возможным благодаря различным Ethernet Shield для многих платформ. Например, на рис. 1 изображен w5100 модуль, который подключается по SPI практически к любой платформе, что позволяет использовать Интернет на любой плате Arduino.

Используя несколько таких модулей, можно объединить огромное количество роботов в единую сеть и подключить их к Интернету, что даст возможность выполнять некоторые задачи «облачно». На рис. 2 схематично показано как можно объединить целую сеть роботов в одну общую систему вычислений.

Таким образом, применение сетевых технологий позволяет значительно увеличить функционал любой робототехнической системы, а также дает возмож-

ность обледенить любое количество роботов в одну единую сеть с возможностью подключиться к глобальной всемирной сети интернет. Что позволяет проводить облачные вычисления и операции. Данная возможность уменьшает требования к «железу» робота и дает возможность создавать портативные робототехнические устройства с огромными вычислительными мощностями и функционалом.

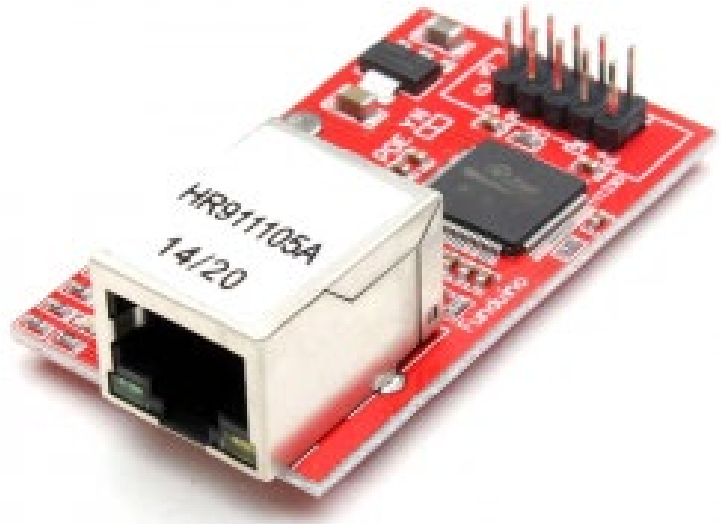


Рис. 1. Ethernet w5100 модуль

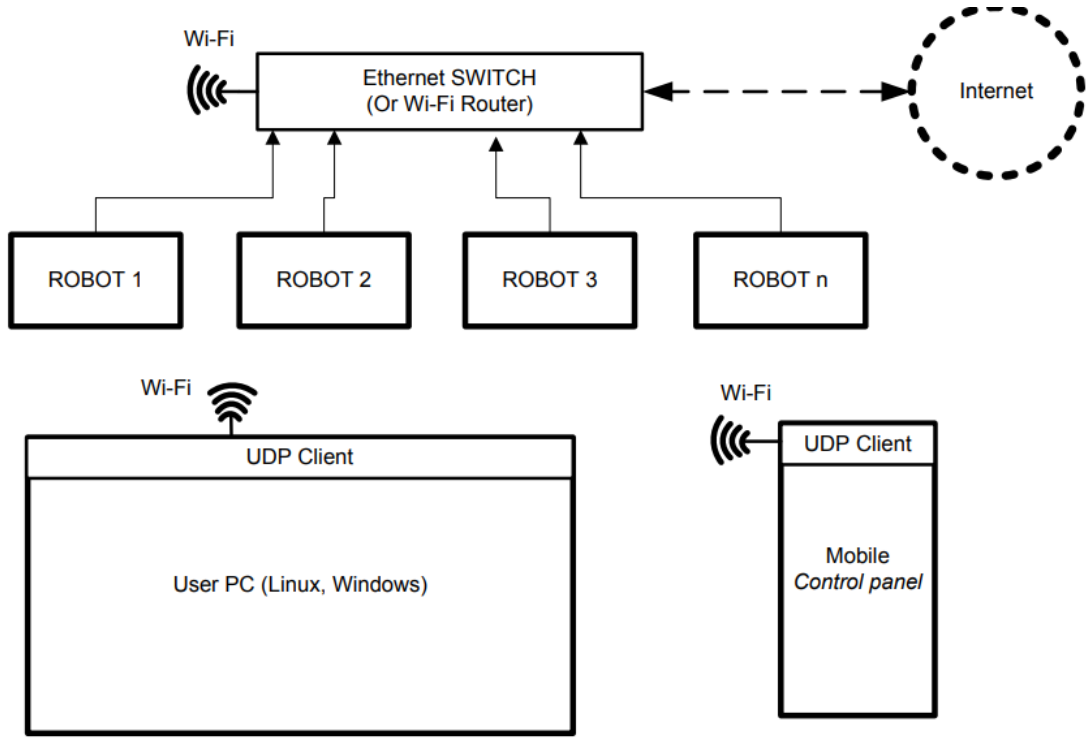


Рис. 2. Функциональная схема применения Ethernet технологий в интеграции с множеством роботов

Библиографический список

1. Савин С.И., Яцун А.С., Яцун С.Ф. Энергоэффективный алгоритм управления вертикализацией экзоскелета // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2017. № 5. С. 108-113.

2. Савельева Е.В. Роботизированные системы для укладки мелкоштучных элементов при возведении стен малоэтажных жилых зданий / В сб.: Наука молодых − будущее России. II Междунар. науч. конф. перспективных разработок молодых ученых. 2017. С. 160-163.

3. Экзоскелеты: анализ конструкций, принципы создания, основы моделирования: монография / С.Ф. Яцун, В.Е. Павловский, Б.В. Лушников, О.В. Емельянова, А.С. Яцун, С.И. Савин, А.В. Ворочаев. Курск: ЮГЗУ, 2014. 149 с.

4. Экзоскелеты: анализ конструкций, принципы создания, основы моделирования / С.Ф. Яцун, С.И. Савин, О.В. Емельянова, А.С. Яцун, Р.Н. Турлапов. Курск: Университетская книга, 2015. 179 с.

5. Яцун С.Ф. Ворочаева Л.Ю. Походки пятизвенного робота, перемещающегося по горизонтальной поверхности, их классификации Вибрационные технологии, мехатроника и управляемые машины: сб. науч. ст. Ч. 2. Курск: ЮГЗУ, 2016. С. 288-301.

6. Яцун С.Ф. Экзоскелеты: управление движением экзоскелета нижних конечностей при ходьбе/ Яцун С.Ф., Ворочаева Л.Ю., Яцун А.С., Мальчиков А.В., Тарасов О.С., Климов Г.В. Курск: ЮЗГУ, 2016, 190 с.

7. Яцун С.Ф. Кинематический анализ экзоскелета в процессе подъема груза / С.Ф. Яцун, С.И. Савин, А.С. Яцун, Г.В. Климов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия «Техника и технологии». 2015. №3(16). С. 24-30.

УДК 338.28

Ф.А. Баталин
магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении
Г.С Армашова-Тельник – кандидат экономических наук, доцент –
научный руководитель

ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТИПОВЫХ ПРОЕКТОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В настоящее время законодательство в области электроэнергетики позволяет потребителям иметь ряд возможностей для сокращения затрат на электроснабжение. Централизованное энергоснабжение эффективнее, но на сегодняшний момент уход крупных потребителей на технологии распределенной энергетики (далее РЭ), которые представляют собой энергетические объекты генерации и собственные энергоцентры непосредственно вблизи потребителя, не только российская, но и общемировая тенденция. К данным технологиям относят: Распределенную генерацию, управление спросом, управление энергоэффективностью, распределенные системы хранения электроэнергии, микрогриды и активные энергокомплексы (далее АЭК) [1]. Ситуация обуславливается особенностью регулирования отрасли и дополнительными затратами, в виде содержания и развития сетевой инфраструктуры, что сказывается на высокой стоимости электроэнергии при централизованном энергоснабжении [2].

Но, несмотря на преимущества технологий распределенной энергетики относительно централизованного энергоснабжения необходимо проводить сравнительный анализ финансово-экономических показателей максимально возможных вариантов инвестиционных проектов, использующих данные технологии, в виду их неочевидности в конкретных ситуациях.

Общий порядок финансово-экономического анализа проекта распределенной энергетики включает в себя следующие основные этапы [3]:

– определение капитальных затрат на строительство объекта распределенной энергетики;

– определение стоимости покупки/продажи электрической энергии в единой энергосистеме России (далее ЕЭС);

– расчет показателей эффективности проекта, анализ чувствительности и рисков, выбор оптимального варианта;

– экономическая оценка вариантов параллельной работы объекта распределенной энергетики;

– экономическое обоснование выбора вариантов основного генерирующего оборудования;

– определение возможности продажи объектом распределенной генерации электрической и тепловой энергии на розничном рынке электроэнергии;

– оценка конкурентоспособности продукции объекта распределенной энергетики;

– определение цены на отпускаемую объектом электрическую и тепловую энергию.

В данной статье основная концепция финансово-экономической модели проводится на примере активного энергокомплекса, так этот вид РЭ включает в

себя остальные, и определяется через затраты, которые ложатся на основных участников АЭК, что представлено в формуле (1) [1]:

$$З_{пот} = (CapEx^{аэк} + Комп^{вд} + Д^{инв})\cdot К^{прив.и}\cdot К^{д.п.и} + (OpEx^{аэк} + Д^{опер})\cdot К^{прив.о} + З^{вн}, \quad (1)$$

где $З_{пот}$ – затраты потребителя; $CapEx^{аэк}$ – капитальные затраты на создание АЭК/ЭССО:

- основное генерирующее оборудование;
- вспомогательное оборудование;
- технологическое присоединение к инженерным сетям;
- строительно-монтажные и пуско-наладочные работы;

$Комп^{вд}$ – размер компенсации выпадающих доходов внешних организаций со стороны АЭК/ЭССО; $Д^{инв}$ – прибыль инвестора в создание АЭК, определяемая в рамках договорных отношений внутри АЭК; $К^{прив.и}$ – коэффициент приведения суммарных затрат инвестора к заданной дате, рассчитывается в течение срока окупаемости на основе:

- нормы доходности, установленной в рамках договорных отношений
- индексов инфляции по определенным статьям затрат.

$К^{д.п.и}$ – Коэффициент, определяющий долю затрат инвестора АЭК, относимых на одного из нескольких потребителей; $OpEx^{аэк}$ – операционные затраты:

- затраты на производство энергии генерацией АЭК;
- затраты на содержание собственного сетевого хозяйства;
- потери во внутренних сетях;
- техническое обслуживание, ремонт и налоги;

$Д^{опер}$ – стоимость услуг оператора, определяемая в рамках договорных отношений внутри АЭК; $К^{прив.о}$ – коэффициент, определяющий долю затрат оператора АЭК, относимых на одного из нескольких потребителей; $З^{вн}$ – затраты на электроэнергию из внешней сети, относимые на конкретного потребителя, определяются механизмом функционирования розничного рынка электроэнергии и договорными отношениями АЭК.

Стоит отметить, что пилотные проекты модели АЭК научно-технического центра единой энергосистемы России продемонстрировали такие положительные эффекты для потребителей, как снижение затрат на электроэнергию в размере 10-30%, улучшенную экономику управления и обеспечение стабильного качества электроснабжения комплекса, а также тепловую энергию по себестоимости производства [4].

Таким образом, финансово-экономическую модель проекта АЭК можно использовать для оценки экономической эффективности типовых инвестиционных проектов распределенной энергетики совместно с традиционными методами для более глубокого анализа.

Библиографический список

1. Распределенная энергетика АО «НТЦ ЕЭС» (МО) URL: http://ntc-msk.ru (дата обращения: 03.02.2019).

2. Глобальный рынок распределенной энергетики BCC Research URL: https://www.bccresearch.com (дата обращения: 05.02.19).

3. Дорожная карта «Energynet» URL: https://minenergo.gov.ru (дата обращения: 08.02.19).

4. Энергосбережение предприятия // Журнал ЭКО ТЭК III квартал № 3(64) ‘2017. URL: http://ntc-msk.ru/assets/upload/files3/news/2017-11-10/eco-tek_61-64_publ.pdf (дата обращения: 11.02.19).

УДК 621.311.019

А.В. Беляева
магистрант кафедры электромеханики и робототехники
О.Я. Солёная – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

АНАЛИЗ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

«Энергетическая стратегия России на период до 2030 года», основной целью которой является развитие энергетического сектора страны, ставит перед собой задачи по обеспечению надежности электроэнергетических систем, их управляемости и устойчивости, а также оснащение высоким качеством электрической энергии. Данные аспекты способствуют возникновению вопросов о стандартизации качества электрической энергии [1].

В существующих условиях развития техники и технологий Российской Федерации ущерб от снижения качества электроэнергии достигает миллиарды рублей в год. Важно отметить, что снижение надежности и устойчивости систем электроснабжения, увеличение потерь электроэнергии, нарушение работы релейной защиты, рост эксплуатационных издержек являются негативными последствиями низкого качества электрической энергии.

В России уже более 40 лет функционирует нормативная база в сфере качества электроэнергии [2]. Первый стандарт, который был введен в РФ – ГОСТ 13109-67 «Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии у приемников, присоединенных к электрическим сетям общего назначения» [3], формулировал основные понятия и классификацию показателей качества электроэнергии (ПКЭ). В 1989 г. вступил в силу обновленный стандарт ГОСТ 13109-87 «Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения» [3].

С каждым годом требовались усовершенствования к контролю качества электрической энергии, по этой причине в 1997 году Международным советом по стандартизации, метрологии и сертификации был принят ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». Значение данного ГОСТа для организации работ по обеспечению качества электроэнергии бесспорно, это способствовало введению обязательной сертификации электроэнергии, которое привело к резкому увеличению спроса на средства измерения качества электроэнергии и методы управления и организации контроля качества электроэнергии [3].

В 2000-е гг. произошел переход к рыночным отношениям из-за структурных изменений в электроэнергетике. Был принят федеральный закон «Об электроэнергетике». В те же годы Международной электротехнической комиссией (МЭК) опубликованы новые стандарты, относящиеся к номенклатуре показателей качества электроэнергии: МЭК 61000-4-30:2008, МЭК 61000-4-7:2002. В связи с этим, в Российской Федерации образовались специальные стандарты по методам измерения качества электрической энергии и их требованиям к средствам измерения. В 2010 году был утвержден европейский стандарт, который определял ключевые показатели качества электроэнергии, их нормирование и значение, применяемые в странах ЕС, – ЕН 50160:2010 [3].

В этот период нормативная база страны значительно отставала от европейской. Было решено издать два стандарта, которые бы соответствовали базе международного стандарта МЭК 61000-4-30, вступившие в силу в 2010 г.:

– ГОСТ 51317.4.30-2008 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии»;

– ГОСТ 51317.4.7-2008 «Совместимость технических средств электромагнитная. Общее руководство по средствам измерений и измерениям».

Таким образом, в России возник комплект стандартов, который должен был стать основой для формирования и развития системы контроля качества электроэнергии.

Вскоре появилась потребность разработки нового стандарта качества электроэнергии ГОСТ Р 54149-2010, который отличался от европейского стандарта ЕН 50160:2010 требованиями к ряду показателей качества электрической энергии: требования к отклонениям напряжения, частоты, неполными сведениями по показателям качества электрической энергии и др.

Условия европейского стандарта рассчитаны на использование в электрических сетях стран, имеющих отличающиеся от стандартов РФ требования к проектированию электрических сетей и другой, по сравнению с российским, уровень состояния этих сетей [3].

В 2012 г. РФ вступила во Всемирную торговую организацию, по этой причине все требования ГОСТ 54149-2010 должны были отвечать требованиям международных стандартов. С 1 июля 2014 года приказом Росстандарта отменяется ГОСТ Р 54149-2010 и вступает в силу новый межгосударственный стандарт ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения», который соответствует европейскому стандарту ЕН 50160:210 «Характеристики напряжения электричества, поставляемого общественными распределительными сетями».

1 января 2015 г. ввели в действие ГОСТ 33073-2014 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Контроль и мониторинг качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». Положение настоящего стандарта применяют при осуществлении сертификационных испытаниях электрической энергии, а также при осуществлении государственного надзора [3].

Контроль и мониторинг качества электрической энергии играет важную роль в точках передачи, поставки электрической энергии пользователям электрических сетей. Соответствие параметров сети допустимым значениям обеспечивает работоспособность электроприемников и силового оборудования.

В таблице 1 представлен сравнительный анализ показателей качества электрической энергии, соответствующих требованиям различных ГОСТ [4].

В последние годы в РФ с помощью органов сертификации проводится проверка соответствия электроэнергии нормам качества (рисунок). В соответствии с [5] любая сетевая организация должна иметь Сертификат соответствия ГОСТ Р по показателям качества электрической энергии. Для этой цели создаются испытательные лаборатории по качеству электрической энергии и соответствующие органы по сертификации качества электроэнергии, которые в установленном порядке проходят аккредитацию в Госстандарте РФ. Порядок работы таких подразделений аналогичен порядку работы испытательных лабораторий в системе сертификации ГОСТ Р.

Таблица 1

Нормируемые показатели качества электрической энергии

Показатель качества электроэнергии	До декабря 2012 г. ГОСТ 13109-97 ГОСТ Р 53333-2008	С января 2013 г. ГОСТ Р 54149-2010 ГОСТ Р 51317.4.30-2008 ГОСТ Р 51317.4.7-2008
Отклонение напряжения	Основная частота: ±5 % – норма, ±10 % – предельное значение. Усреднение за 1 мин. Диапазон ±20 % *Un*, где *Un* – номинальное напряжение. Погрешность ±0,5 %	Действующее значение только ±10 %. Объединённое значение данного ПКЭ на интервале 10 мин с меткой времени ±20 мс и маркированием. Диапазон 10-150 % *Uc*, где *Uc* – согласованное напряжение. Погрешность ±0,1 %.
Отклонение частоты	Усреднение за 20 с. Диапазон 45-55 Гц. Погрешность ±0,03 Гц	Усреднение за 10 с. Диапазон 42,5-57,5 Гц. Погрешность ±0,01 Гц
Искажение синусоидальности	Коэффициент *n*-ой гармонической составляющей. Усреднение за 3 с.	Коэффициент *n*-ой гармонической составляющей подгруппы. Объединённое значение данного ПКЭ на интервале 10 мин с меткой времени ±20 мс и маркированием
Несимметрия	Усреднение за 3 с. Погрешность ±0,03 %	Объединённое значение данного ПКЭ на интервале 10 мин с меткой времени ±20 мс и маркированием. Погрешность ±0,15 %
Период наблюдения для выполнения оценки	За каждые сутки отдельно (всего 7 сут)	В целом за 7 сут (непрерывно)



Структурная схема взаимодействия участников сертификации электрической энергии

Контроль показателей и сертификация качества электроэнергии является актуальной задачей, которая требует незамедлительного поиска решений путем внедрения современного инновационного оборудования, повышающего уровень энергоэффективности функционирования электроэнергетического комплекса страны, тем самым обеспечивая бесперебойное электроснабжение потребителей.

Библиографический список

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. URL: https://minenergo.gov.ru/node/1026 (дата обращения: 14.03.2019).

2. Киселёв Б. Ю. Сравнительный анализ стандартов качества электрической энергии ГОСТ 13109–97 и ГОСТ 32144–2013 // Молодой ученый. 2016. №20. С. 155-157.

3. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт). URL: https://www.gost.ru/portal/gost/ (дата обращения: 17.03.2019).

4. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Консорциум кодекс. URL: http://docs.cntd.ru/document/1200115349 (дата обращения: 18.03.2019).

5. Правила по сертификации. Система сертификации ГОСТ Р. Система сертификации электрооборудования и электрической энергии от 14 февраля 2001 г. Регистрационный № 2576. М.: Энергосервис. 2001.

УДК 681.5

Л. В. Березина
студент кафедры механики, мехатроники и робототехники
Е. Н. Политов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель
Юго-Западный государственный университет, г. Курск

НАЗЕМНЫЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Сегодня широкое распространение получило внедрение роботов в различные отрасли промышленности, инфраструктуры и жизнедеятельности человека, что связано с развитием технологии искусственного интеллекта. Усовершенствование робототехнических систем обеспечивает безопасность страны, экономики и социальной сферы [1].

Военная отрасль промышленности, как известно, развивается с особой быстротой, используя все современные научные разработки. Однако роботизация Вооруженных Сил Российской Федерации отстает от большинства экономически развитых государств, но, следует заметить, что в последние годы российские вооруженные силы осуществили ощутимый скачок в развитии робототехники [2]. Наша армия уже применяет большое количество робототехнических комплексов наземного назначения. Эти роботы являются наиболее распространенными и занимают значимое место.

По типу движителей и способу передвижения наземные военные роботы можно разделить:

– на гусеничные;
– колесные;
– шагающие;
– ползающие.

Одними из самых часто встречаемых наземных роботизированных систем являются гусеничные роботы. И хотя эти роботы уступают по скорости колесным, к которым они близки, гусеничные роботы имеют большую проходимость и устойчивость [2].

Одной из интереснейших разработок, представленной на форуме «Армия-2016», был многофункциональный робототехнический комплекс «Вихрь». Эта гусеничная установка предназначена для боевых действий. Экипаж управляет этой машиной в полуавтономном режиме либо дистанционно, что приводит к снижению потерь личного состава в боевых столкновениях [3].

Еще одна, не менее интересная разработка, продемонстрированная на Параде Победы в Калининграде в 2015 году – российская боевая автоматизированная система «Платформа-М». Это многофункциональная машина. Одной из главных задач этой установки является патрулирование. Платформа может передвигаться о заданной траектории, при этом управление ее будет производиться на достаточно большом расстоянии [3].

Также хочется отметить новый боевой многофункциональный робототехнический комплекс на гусеничном ходу 12-тонный радиоуправляемый "Уран-9", который используется для дистанционной разведки и огневой поддержки общевойсковых, разведывательных и антитеррористических подразделений [4].

Опираясь на анализ имеющихся сегодня роботизированных машин, можно выделить следующие особенности, которыми должны обладать современные роботы военного назначения:

1. Автономность.
2. Многофункциональность.
3. Интеллект.
4. Удобство снабжения.
5. Низкое энергопотребление.

Робототехнические комплексы военного назначения, по мнению экспертов, способствуют повышению эффективности выполнения различных задач в мирное время и при ведении боевых действий, а также приведет к снижению боевых потерь, уровня травмирования военнослужащих и расширению функциональных возможностей военнослужащего [5].

Проблемным вопросом военной робототехники является непроработанная система эксплуатации, ремонта и в целом управления жизненным циклом робота.

Помимо этого, большинство машин ориентированы на решение каких-то определенных узкоспециализированных задач роботизации, при этом не могут быть применены для решения более масштабных целей.

Для того чтобы расширить боевые возможности подразделений, необходимо автоматизировать их. Помимо этого, следует развить и создать системы интеллектуального управления оружием и техникой, а также, достичь такой ситуации, когда один военнослужащий сможет управлять сразу несколькими роботами. Современные роботы должны не просто видеть картинку и передавать ее оператору, они должны самостоятельно распознавать на ней те или иные объекты.

По прогнозам военных аналитиков и специалистов-робототехников, в ближайшие десятилетия передовые армии мира могут практически полностью заменить привычную сегодня наземную военную технику на робототехнические системы.

Библиографический список

1. Яцун С.Ф., Савин С.И., Яцун А.С. Динамические особенности поведения робототехнических систем / Вторая международная школа-конференция молодых ученых "Нелинейная динамика машин" − School-NDM 2016. Сб. тр. Российский научный фонд, Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН. С. 94-108.

2. Яцун С.Ф., Бартенев В.В., Политов Е.Н., Афонин Д.В. Моделирование движения робота-тягача для транспортировки самолетов по аэродрому // Известия ЮЗГУ. 2018. № 2(77). С. 34-43.

3. Середа Е.Б., Косенок Ю.Н. Современное состояние и перспективы развития интегрированных радиолокационно-оптических комплексов // Военное обозрение 2017. №2(2) С. 84-88

4. Круглов А. И. Классификация наземных мобильных роботов // Механікотехнологічні системи та комплекси. 2017. №2(4). С. 80-84

5. Бартенев В. В., Яцун С. Ф., Аль-Еззи А. С. Математическая модель движения мобильного робота с двумя независимыми ведущими колесами по горизонтальной плоскости // Известия Самаровского научного центра РАН. Т.13, №4. 2011. С. 288-290

6. Батурин О.С., Антохин Е.А., Ефремов Е.В. Методический подход к оценке систем автономного управления движением наземных робототехнических комплексов военного назначения среднего и тяжелого классов // Робототехника и техническая кибернетика 2017. №3(16). С. 33-37.

УДК 629

А.В. Березуева
магистрант кафедры
программно-целевого управления в приборостроении
М.В. Канавцев – кандидат экономических наук, доцент –
научный руководитель

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ БИРЮЗОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ВЫСОКОТЕЗНОЛОГИЧНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Бирюзовые компании – последние в цепочке эволюции. В новых бирюзовых организациях люди не хотят делать отчеты и читать десять раз на дню протоколы. Главное — делать максимум на пределе возможностей ради общей цели компании. Бирюзовые компании взяли лучшее от оранжевых и зеленых организаций. От оранжевых досталось желание конкурировать с внешними компаниями, от зеленых — стремление быть командой. В бирюзовых компаниях стратегия возникает естественным путем, а не насаждается начальством. Каждый работник понимает, что он делает и зачем.

Бирюзовым организациям свойственны некоторые принципы:

– нет должностей и отсутствует иерархия;

– нет руководителя проекта, можно самостоятельно выдвигать свою кандидатуру для выполнения проекта;

– открытый обмен информацией;

– нет бонусов, прибыль распределяется поровну;

– нет повышений по службе;

– роли и обязанности постоянно перераспределяются по согласованию с коллегами.

Опыт бирюзовых организаций давно используют за рубежом. Примеры высокотехнологичных предприятий представлены ниже в таблице 1.

Таким образом, бирюзовые организации – это новая ступень развития бизнеса, учитывающая интересы всех работников, а не одного руководителя.

Каждая компания, являющаяся «бирюзовой», по-разному ведет свою деятельность и внедряет нововведения. Вот примеры некоторых предприятий, которые добились успеха в бирюзовых организациях.

1. FAVI, французское семейное предприятие (меднолитейный завод). Количество сотрудников – 500 человек. Предприятие было создано в конце 1950-х гг. и начинало с отливки латунных деталей для смесителей. Сегодня большую часть дохода предприятию приносит производство запчастей для автомобильной промышленности – вилок для коробок передач. Остальная продукция включает части электромоторов, счетчиков для воды, а также медицинское оборудование [3].

Когда предприятие начинало свою деятельность, в подчинение было 80 человек. В компании царствовала линейно-функциональная организационная структуру, где рабочие подчиняются бригадиру, который в свою очередь подчиняется начальнику цеха. Но когда, по решению семьи, у руля компании встал Жан-Франсуа Зобрис, который занимался SEO, предприятие в течение двух лет принципиально изменилось.

Большинство команд работают на определенного заказчика (команда «Фольксвагена», команда «Ауди», команда «Вольво», команда водомерных счетчиков и т. д.). Каждая команда действует по принципу самоорганизации. Отсутствует менеджмент среднего звена.

Таблица 1

Высокотехнологичные предприятия за рубежом

Название предприятия	Деятельность предприятия	Причины внедрения бирюзовой структуры управления	Трудности
FAVI (Fonderie et Ateliers du Vimeu)	Семейное литейное предприятие во Франции	Линейно-функциональная структура управления Отсутствие организационной культуры (нормы и ценности)	Отношения в компании строятся на доверии и понимании потребности сотрудников. Двухуровневая организация: предприятия в 300-400 человек, состоящие из 15-20 команд по 15-20 человек
AES (Applied Energy Services)	Прикладные энергетические услуги	Жесткий контроль со стороны главного руководства Борьба за карьерный рост	Делегирование полномочий. Любая команда вправе попросить совет у другой команды, для принятия правильного решения
Sun Hydraulics	Разработка и производство гидравлических агрегатов	Прибыль любой ценой, а отношения с персоналом формируются на максиме «выжми-выброси» Злоупотребление силой и властью в межличностных отношениях	Каждая команда или новый сотрудник бирюзовой организации должны пройти обучение – как работать в условиях самоуправления. Многие члены команды столкнулись с проблемой неумения прислушаться к себе, реализовывая свои таланты

Административные отделы предприятия почти полностью исчезли. Закрылись отделы HR, планирования, диспетчеризации, проектирования, информационных технологий, закупок. Их задачи взяли на себя рабочие в командах. Они сами занимаются подбором кадров, закупками, продажей и планированием.

В FAVI каждая команда сама составляет расписание встреч. Обычно это три типа регулярных собраний: короткое обсуждение текущих дел в начале каждой смены, еженедельная встреча с менеджером по продажам для обсуждения заказов, ежемесячная встреча с открытой повесткой дня. Не существует обязательных еженедельных и ежемесячных собраний с участием представителей разных команд, иначе это напоминало бы прежние совещания директоров подразделений.

Раз в год каждая команда FAVI определяет смету капиталовложений на следующий год: новые станки, новые инструменты и прочее. В большинстве организаций запросы проверяет финансовый отдел и в итоге комитет из высшего руководства или CEO распределяет средства по департаментам, в одном направлении больше, в другом меньше.

FAVI год за годом обеспечивает высокую рентабельность. Несмотря на конкуренцию Китая, зарплаты у сотрудников выше средних и очень цикличный характер спроса. Текучки кадров здесь практически нет. Рабочие, испробовав методы FAVI, уже не могут представить себе работы на предприятиях с традиционным управлением.

2. AES основали в 1982 г. в США Роджер Сант и Деннис Бакке. Компания быстро выросла до одного из крупнейших мировых производителей и поставщиков электроэнергии. Со времён основания число сотрудников компании выросло до 40 тысяч человек в 2000 г. Компания владеет электростанциями и распределительными электрическими сетями в 31 стране на всех континентах – от Аргентины до Сальвадора, от Венгрии до Казахстана, от Бангладеш до Китая, от Южной Африки до Танзании [3].

Основатели AES считали, что трудности начинают появляться, когда количество сотрудников на одном объекте компании чересчур возрастает. Так появилась двухуровневая организация: предприятия в 300-400 человек, состоящие из 15-20 команд по 15-20 человек. По их мнению, это естественный предел, при котором люди способны более или менее запомнить имена и лица коллег и запросто вступать в непринужденные беседы.

Команды AES отвечали за принятие решений по всем ежедневным вопросам. Составление бюджетов, распределение объема работ, безопасность, наем и увольнение сотрудников, зарплата и т.д. – все это, как и долговременная стратегия, благотворительность и отношения с местным сообществом, находилось в ведении команд.

Тем не менее система работает. Компания попала на первую полосу Wall Street Journal, и журналист Алекс Маркелс рассказал, как далеко зашла AES в области передачи ответственности рядовым сотрудникам.

3. Sun Hydraulics – еще одна промышленная компания, процветающая на основе самоуправления. Компания, основанная в 1970 г. двумя инженерами, занимается разработкой и производством гидравлических клапанов и клапанных коробок.

Сегодня это открытое акционерное общество с предприятиями во Флориде (где расположена штаб-квартира компании), Канзасе, Англии, Германии и Корее. Число сотрудников в компании около 900 человек [3].

Sun Hydraulics не имеет отделов контроля качества, планирования и закупок. Там нет стандартных сроков изготовления, контроля времени начала и конца работы, ставок сдельной оплаты труда. Люди работают в естественно сложившихся группах и самоорганизуются для выполнения поставленных задач.

Sun Hydraulics – хорошая иллюстрация другого аспекта самоуправления, а именно управления проектами. Это высокотехнологичная компания. В любой отдельно взятый момент там параллельно осуществляются сотни инженерных разработок: модификации продукции, предлагаемые рабочими, модификации оборудования, изготовляемого по заказу клиента, или совершенно новые виды продукции. Одновременно управлять столькими проектами, укладываться в сроки, не выходя из бюджета, – подвиг для любой организации.

В Sun Hydraulics нет никакого менеджмента, от которого требуется контроль. Инженеры, как правило, работают параллельно над несколькими проектами сразу. Они постоянно пересматривают приоритеты на основе того, что им представляется более важным, более срочным или более интересным.

Нет никакого мастер-плана, нет проектной документации, никто не заботится, где взять людей для выполнения проекта. Проектные группы создаются сами собой и распадаются после завершения работы. Никто не знает, вовремя ли ис-

полняются проекты и укладываются ли они в бюджет, поскольку в 90 случаях из 100 никто не назначал сроки выполнения и не утверждал бюджет.

Сейчас открытое акционерное общество Sun Hydraulics котируется на фондовой бирже NASDAQ и обладает блестящей репутацией в плане качества продукции и обслуживания клиентов в своей отрасли промышленности.

Изучив деятельность бирюзовых организаций, можно сделать вывод, что данные организации создают перспективы развития целеустремлённым людям, стремящимся реализовать свои способности.

Однако при создании системы управления такого типа нужно учитывать и недостатки. Ведь людям, мечтающим о быстром и крупном заработке, а также тем, кто не приемлет чужого мнения, такой тип организационной структуры не подойдёт.

Библиографический список

1. Армашова-Тельник Г.С., Канавцев М.В., Сердитов В.А. Новые знания и компетенции, востребованные на технологических предприятиях / Завалишинские чтения – 2018. Сб. докл.. СПб.: ГУАП, 2018. С. 217-221.

2. Открывая организации будущего. URL: https://spiraldynamics.ru/otkryvaya-organizatsii-budushhego (дата обращения 05.02.19)

3. Лалу Ф. Открывая организации будущего / пер. с англ. В. Кулябиной; М. Манн, Иванов и Фербер, 2016. С. 395-405.

4. Что такое бирюзовые (изумрудные) организации? Описание. Примеры. Практики. Книги и публикации по теме. URL: https://coachinstitute.ru/mediateka/razvitie-organizatsiy/opyt-biryuzovykh-organizatsiy-kak-i-zachem-primenyat-uzhe-segodnya.html Загл. с экрана (дата обращения 05.02.2019).

5. Бирюзовые компании или как работаю организации будущего. URL: http://www.ilyaboev.com/2016/11/turquoise-companies.html (дата обращения 05.02.19).

УДК 621.316

М. С. Бирюков
магистрант кафедры электромеханики и робототехники
Р. Ш. Еникеев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

КОМПАКТНЫЙ СИЛЬНОТОЧНЫЙ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬ С ПИРОТЕХНИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

Компактный сильноточный размыкатель с пиротехническим приводом ПР-2 разработан в АО «НИИЭФА» им. Ефремова в 2001 году. Внешний вид предохра-нителя ПР-2 на номинальный ток 2 кА представлен на рис. 1. Предохранитель предназначен для защиты специальных силовых цепей электропитания от токов короткого замыкания. Из-за серьезности и масштабов последствий развития ко-роткого замыкания в системе питания – к предохранителю предъявляются высо-кие требования по надежности, соответствие которым было подтверждено экспе-риментально в рамках предварительных и межведомственных испытаний.

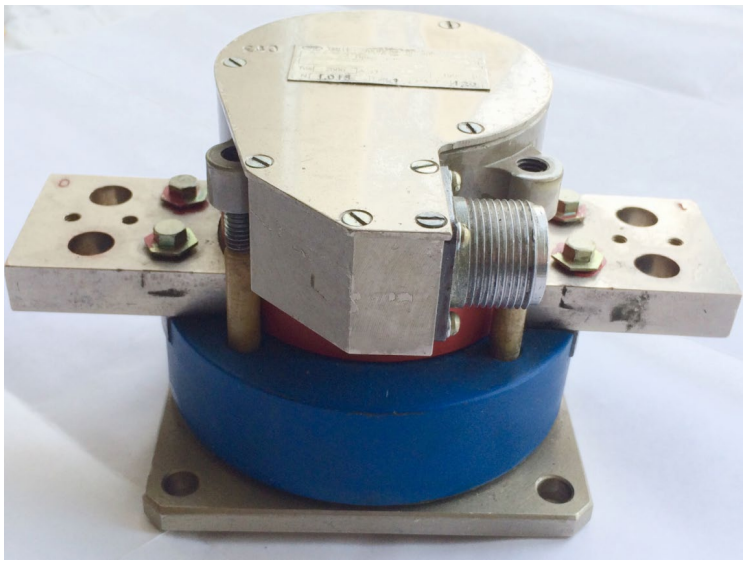


Рис. 1. Размыкатель ПР-2 с пиротехническим приводом

Предохранитель ПР-2, поперечный разрез которого показан на рис. 2, представляет собой компактное устройство с прочным герметичным корпусом и подвижной коммутирующей частью. Уникальное сочетание характеристик предохранителя, таких как: быстродействие, компактность и одновременно высокая токоведущая способность, достигнуто как за счет реализации в его конструкции ряда принципиально новых технических решений, так и благодаря использованию в нем специальных пиротехнических изделий: пиротехнического газогенерирующего состава и электровоспламенителей.

По принципу действия предохранитель ПР-2 близок к размыкателю однократного действия с пневмоприводом. Основными элементами предохранителя являются сменный контактный элемент – токоподвод, капсулы с пиротехнической газогенерирующей смесью П4Г, электровоспламенитель МВ-П4 и изоляционный поршень. При работе предохранителя необходимое давление над поршнем создается за счёт сгорания газогенерирующей смеси, поджигаемой либо с помощью электровоспламинителя, либо дугой при сгорании инициирующей перемычки.

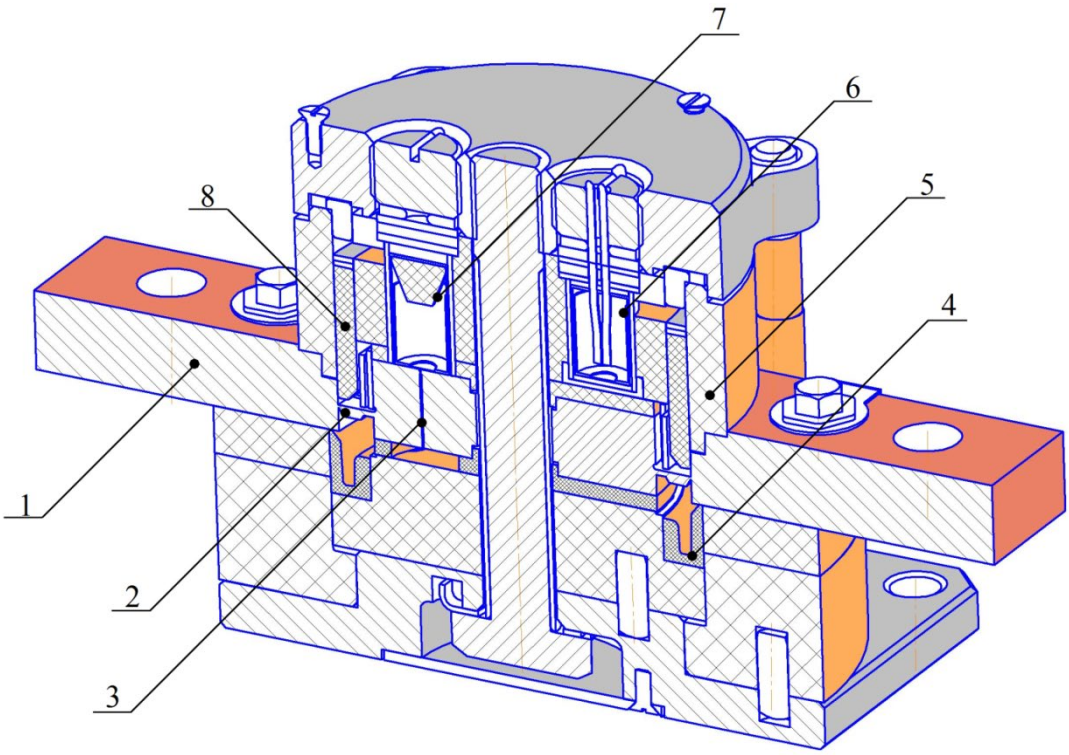


Рис. 2. Поперечное сечение предохранителя ПР-2
(1 – токопровод; 2 – разрушаемая проточка токоподвода; 3 – инициирующая перемычка (участок токоподвода с уменьшенным сечением); 4 – приемная манжета; 5 – герметичный изоляционный корпус; 6 – капсула управляемого режима (с электровоспламенителем); 7 – капсула автоматического режима; 8 – герметичный изоляционный корпус)

Поджиг пиротехнического состава (газогенерирующей смеси П4Г) осуществляется, как правило, с помощью электровоспламенителя МВ-П4 от импульса, поступающего из системы управления и защиты (управляемый режим). В том случае, если такой импульс не поступил, срабатывание предохранителя не происходит, и ток через токоподвод предохранителя продолжает увеличиваться. При достижении интегралом действия тока короткого замыкания порогового значения происходит разрушение инициирующей перемычки с образованием в этом месте электрической искры и дугового разряда, аналогично сгоранию плавкой вставки (автоматический режим). При этом происходит быстрое возгорание газогенерирующей смеси П4Г, поскольку капсула с этой смесью (позиция 7 на рисунке 2) находится в непосредственном контакте с инициирующей перемычкой (позиция 3 на рисунке 2). Под действием расширяющихся газов, образующихся вследствие быстрого возгорания газогенерирующей смеси, осуществляется перемещение изоляционного поршня, который обеспечивает разрушение токоподвода в заранее заданном месте с утонченным сечением (разрушаемая проточка позиция 2 на рисунке 2), с одновременным гашением дуги.

После завершения процесса коммутации поршень оказывается расположенным в приемной изоляционной манжете (позиция 4 на рисунке 2), что обеспечивает высокую электрическую прочность предохранителя, необходимую для предотвращения возможных пробоев изоляции от напряжения, возникающего при разрыве электрической цепи.

Пиротехническая газогенерирующая смесь П4Г, состоит из калия хлорнокислого, ТУ 6-09-38-76, и угля древесного «БАУ-А» ГОСТ 7217-74. Количество

смеси в капсуле – менее 2 г. Электровоспламенитель МВ-П4 содержит пиротехническую смесь П4Э, состоящую из оксида меди и порошка титана. Количество смеси в электровоспламенителе – 0.15 г. Согласно оценке разработчика и производителя этих пиротехнических изделий по степени потенциальной опасности они соответствуют классу II по ГОСТ Р 51270-99.

В предохранителе, взрывчатый кристализированный порошок и электровоспламенитель находятся внутри герметичных полиэтиленовых капсул, которые в свою очередь помещаются в герметичный неразрушаемый как при санкционированном, так и при несанкционированном запуске, корпус предохранителя.

Для предохранителя типа ПР-2, допустимое время срабатывания в управляемом режиме (от электровоспламенителя) задано одинаковым и составляет не более 2 мс. При работе в автоматическом режиме (воспламенение от дуги при сгорании перемычки, величиной поперечного сечения 1мм2) время срабатывания 2 мс при скорости нарастания тока через предохранитель 20 кА/мс

Основными недостатками данной конструкции являются дорогостоящи и сложный в изготовлении токовод, а так же одноразовое использование предохранителя, так как после срабатывания предохранителя взаимодействующие детали замене не подлежат.

Библиографический список

1. Взрывной замыкатель. URL: http://www.findpatent.ru/patent/75/753305.html (дата обращения: 12.03.2019).

2. Справка по исследованию и доработке предохранителя (ПР14) с пиротехническим приводом. АО «НИИЭФА».

УДК 338.3

Т.А. Бобович
магистр кафедры программно-целевого управления в приборостроении
Г.С. Армашова-Тельник – кандидат экономических наук, доцент –
научный руководитель

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМАТИКИ УСТАРЕВАНИЯ КАДРОВ В ЭНЕРГООТРАСЛИ

В настоящее время проблема «кадрового голода» в энергетической отрасли – одна из широко обсуждаемых. Для создания высокоинтеллектуального кадрового потенциала и рабочих мест в энергетической отрасли России требуются колоссальные финансовые вложения и эффективная система организации труда. Для электроэнергетических предприятий одной из самых острых проблем является старение высококвалифицированного персонала, необходимость передачи накопленного опыта, навыков и знаний молодому поколению рабочих и специалистов. Данная ситуация сложилась из-за недостаточного количества учебных заведений, подготавливающих специалистов для энергетической сферы [4]. Так же наблюдается отток специалистов в нефтяную, газовую и оборонную отрасли из-за более высокого уровня заработной плат [6]. В связи с этим многие прошедшие обучение и получившие опыт работы в энергетических компаниях, переходят именно в эти сферы деятельности. Кроме того, дефицит персонала детерминирован еще и общей демографической ситуацией в России, где, по данным Росстата, работоспособное население к середине 2018 года 75,2 млн чел., что составляет 52% от общей численности. По прогнозам экспертов [5] американского института общественного мнения Gallup[1], в 2020 г. трудящихся в мире станет на миллион меньше, к 2025 потери составят 9 млн. работников.

По данным ЦЭФИР за 2017 год, кадровый состав энергетических предприятий России демонстрирует отсутствие необходимого количества квалифицированных работников. Отметим, что проблема необходимого количества кадров усугубляется еще и качественной составляющей. Следствием дефицита кадров в сфере электроэнергетике является изменение верхней возрастной планки претендентов: если раньше работодатели предпочитали специалистов в возрастной категории до 40 лет, то в современный условиях «кадрового голода» ориентируются на кандидатуры до 50 лет включительно. По прогнозам экспертов, недостаток молодых кадров в энергоотрасли в будущем актуализируется в прогрессии, так как происходит естественное старение кадров, что неизменно повлечет за собой и невозможность технологических обновлений, в связи с отсутствием контингента, способного к переобучению [1].

Кроме того, отсутствует кадровая обеспеченность регионов, где сосредоточен весь основной бизнес – электрогенерирующие мощности, распределительные сети и т.д. (в мегаполисах располагаются только управляющие или центральные офисы энергетических предприятий). В связи с этим работа региональных инжиниринговых компаний не отвечает возрастающей сложности проектов и скорости их реализации.

По данным Минэнерго за 2017 г., отрасль электроэнергетики ежегодно испытывает потребность в 16 000 специалистов и 17 000 рабочих. При этом проблем с заполнением штатного расписания у компаний в основном нет. Однако прогноз неутешителен: в ближайшие пять лет придется напрямую столкнуться с дефицитом человеческого капитала [5]. Проблема настолько многогранна, что

[1] Американский институт общественного мнения, а также другие учреждения по изучению общественного мнения, основанные Джорджем Гэллапом.

решать ее приходится на всех этапах – начиная со школы и заканчивая вузами, что демонстрирует активное интегрирование бизнеса в сферу образования [2]. В свою очередь это позволит нивелировать остроту проблематики кадрового дефицита посредством вовлечения образовательных учреждений, в том числе дополнительного профессионального образования (реализующих программы профессиональной переподготовки и повышения квалификации) в процесс мобильного реагирования на запросы реального сектора экономики, который в свою очередь и формирует спрос на образовательные услуги организаций дополнительного профессионального образования. В настоящее время актуализируется значимость развития персонала, как ключевое направление кадровой политики организаций, что гарантирует успешное экономическое развитие самого предприятия.[2] Масштабная реформа российской энергетики поставила перед отраслью серьезные задачи, развернув по всей стране грандиозные энергетические стройки. Реформаторы не учли в этих планах одного – кадровой составляющей. Так, текучесть кадров в электроэнергетике стала одной из острейших проблем отрасли (рис. 1).

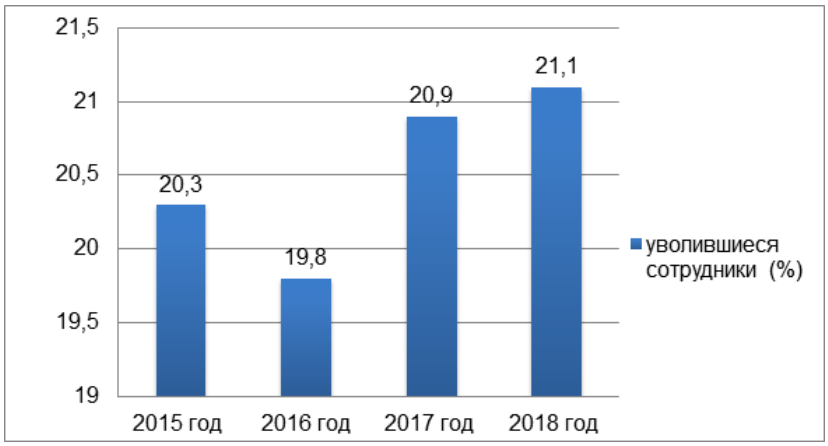


Рис.к 1. Динамика текучести кадров в электроэнергетике [8]

По данным рис. 1 видно, что в 2018 г. текучесть кадров выше на 1,3%, чем в 2016 году и на 0,8% выше, чем в 2015 г., что свидетельствует о высоком уровне текучести кадров на предприятиях сферы электроэнергетики, что непосредственно влияет на производительность труда.

Электроэнергетика, как и многие другие отрасли, сталкивается с тенденцией старения кадров. На предприятиях катастрофически снижен возрастной срез специалистов среднего возраста. С целью омоложения кадров участились увольнения работников – пенсионеров, имеющих богатый профессиональный опыт, и как следствие – приходящую молодежь стало некому обучать (табл.).

Анализ данных таблицы демонстрирует следующее: большинство работников сферы электроэнергетики служат на предприятиях 10–20 лет, лишь около 4% работают от одного до трех лет. Необходимо отметить, что в структуре количественного кадрового состава наблюдается перекос в сторону увеличения возраста сотрудников: пенсионеры в энергетике составляют 8% (в основном – рабочий класс), а люди до 25 лет – только 7%. Следствием отсутствия необходимого количества кадров в энергетической сфере является и повышение верхней возрастной планки соискателей [6]. Для преодоления кризиса кадров целесообразно обратить внимание на обучение молодых специалистов за счет собственных средств энергопредприятий. Для сохранения и удержания специалистов требуется принимать меры по разработке соответствующих программ, продуманной и активной кадровой и социальной политике со стороны государства. Так как дефицит трудового ресурса ведет не только к росту цен, но также и к срыву сроков выполнения работ, сроков поставок, и как следствие, к срыву сроков ввода объектов

в эксплуатацию, то есть проблема недостатка высококвалифицированного персонала требует пристального внимания со стороны всех участников данной отрасли для поиска путей ее оптимального решения.

Таблица

Стаж работников электроэнергетической отрасли [8]

Стаж работы	Количество сотрудников (%)			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Менее одного года	2	3	1	2
1–3 года	6	4	4	3
3 –5 лет	12	13	9	10
5–10 лет	16	14	21	18
10-20 лет	38	39	40	42
Более двадцати лет	23	27	25	25

Таким образом, можно констатировать, что в условиях технической и технологической модернизации отраслей и промышленных производств потребность в квалифицированных кадрах постоянно растет. Проблема дефицита квалифицированных кадров является чрезвычайно острой для современной российской энергетики и тревожит руководителей всех энергетических компаний без исключения. Нехватка персонала и низкоэффективная организация труда являются основными факторами, сдерживающими развитие экономики нашей страны в ближайшие 10-15 лет. В связи с этим основной целью государственной поддержки энергетической отрасли на современном этапе является сохранение существующего кадрового потенциала и опережающее его развитие в дальнейшем.

Библиографический список

1. Актуальные проблемы образования в XXI веке / Всероссийская науч.-практ. конф., 24-26 марта 2015 г. Мурманск: МГГУ, 2015. 229 с.

2. Лезина Е.Г. Развитие персонала на предприятиях электроэнергетики. Социально-экономические науки и гуманитарные исследования / Вторая междунар. науч.-практ. конф.: сб. ст. / Под общ. ред. С.С. Чернова. Новосибирск: ЦРНС, 2014. С. 57-61.

3. Мордовин С.К. Управление персоналом: современная российская практика. М.: Питер , 2016. 307 с.

4. Озерникова Т.Г. Управление персоналом организации / Под ред. Т.Г. Озерниковой. Иркутск: БГУ, 2015.

5. Свиридова Л.В. Романова.В.В. Современные проблемы управления человеческими ресурсами: Нижний Новгород: Волго-Вятская академия гос. службы, 2015. 372 с.

6. Торопов В.Д., Волокитина Е.А. Проблема текучести персонала на предприятиях сферы энергетики в России // Экономика труда. 2018. Том 5. № 4.

7. Эфендиев А.Г., Балабанова Е. С., Ребров А. В. Человеческие ресурсы российских бизнес-организаций: проблемы формирования и управления. М.: ИНФРА-М, 2016. 191 с.

8. Федеральная служба государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/ (дата обращения 15.01.2019).

9. Центр экономических и финансовых исследований и разработок. URL: http://www.cefir.ru/index.php?l=rus (дата обращения 16.01.2019).

УДК 621.865

В. Е. Бобров
студент кафедры механики, мехатроники и робототехники
П. А. Безмен – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель
Юго-Западный государственный университет, г. Курск

МЕТОД ПЛАНИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ЭКЗОСКЕЛЕТА

На сегодняшний день актуальной задачей является создание мобильных автономных аппаратов бытового, промышленного, исследовательского и военного назначения, способных осуществлять движение по заданной траектории [1-4]. Одним из таких аппаратов является экзоскелет нижних конечностей[5]. Актуальность разработки экзоскелетов обусловлена широким спектром их применения, включающим медицинские приложения, реабилитацию и повышение качества жизни пожилых людей и инвалидов, применение в военной сфере и индустрии. При этом сложность задачи создания эффективных экзоскелетов заключается в высоких требованиях, предъявляемых к качеству работы системы управления.

Важным требованием к экзоскелету является наличие системы навигации, позволяющей составлять маршрут движения, обнаруживать и обходить препятствия на пути.

Основная идея предлагаемого метода планирования траекторий движения экзоскелета состоит в том, чтобы использовать карту местности как динамическое представление рабочего пространства. Информация о конфигурации рабочего пространства, необходимая для создания карты, поступает с внешних источников (например, от сенсорной системы или информационного сервера).

Задача состоит в том, чтобы экзоскелет из заданной точки старта смог достичь заданной точки цели. Поиск пути рассматривается как проблема нахождения кратчайшего пути от начальной точки до цели, обходя препятствия с минимумом затрат (время, расстояние и т.д.). В процессе перемещения решается задача построения траектории и движения вдоль нее [6-9].

Важной информацией для построения траектории движения является положение препятствий относительно устройства. Информация о местности будет поступает через датчики расстояния.

С помощью данных с датчиков формируется двумерный план внешней среды в виде подмножеств разрешенных и запрещенных областей (бинарное разделение), как показано на рис. 1, где МР – мобильный робот.

Способ накопления информации заключается в построении модели среды в процессе прокладки пути с помощью клеточных структур. Этот метод предполагает использование дополнительного типа ячейки – «серой» (рис. 2), о которой пока не имеется достоверных сведений.

При попадании «серых» ячеек в информативную окрестность движущегося экзоскелета происходит назначение неизвестным ячейкам коэффициента проходимости, согласно выбранным критериям. Можно двояко трактовать «серые» ячейки. В первом случае робот вначале считает «серые» ячейки запрещенными и пытается проложить путь по известным свободным ячейкам. При неудаче «серым» ячейкам приписывается большая трудность проходимости, и затем маршрут перепланируется. Очевидно, что экзоскелет будет «предпочитать» более длинные маршруты, проходящие по известной области. Во втором случае стратегия прокладки пути является более «активной». Экзоскелет считает «серые»

ячейки свободными участками с малой стоимостью. Таким образом движение происходит до тех пор, пока не окажется, что «серая» ячейка является непроходимым участком. После этого маршрут приходится перепланировать. Недостатком данных методов является трудность в вычислительной реализации алгоритмов с ростом числа ячеек.

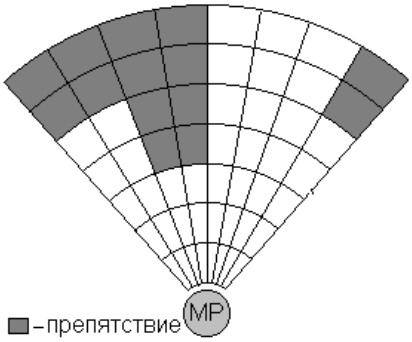


Рис. 1. Двумерный план внешней среды

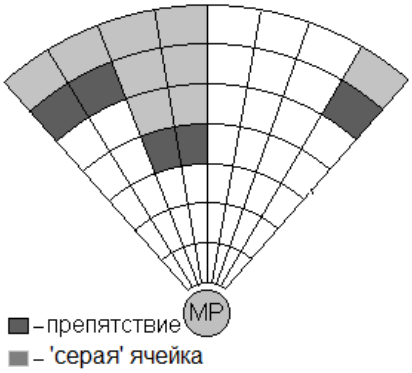


Рис. 2. Двумерный план внешней среды с «серым» типом ячеек

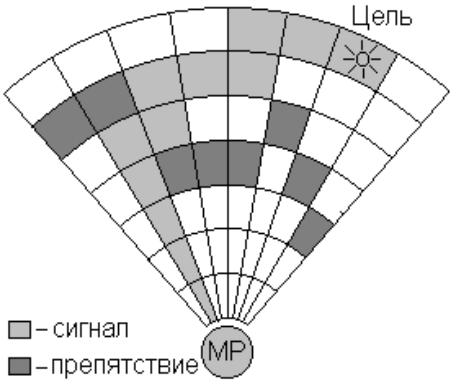


Рис. 3. Двумерный план с построенным маршрутом движения

Процесс поиска пути подобен волновому процессу, который состоит из следующих шагов (см. рисунок 3):

1. Перед началом выполнения движений на плане внешней среды выбирается «цель» – целевая ячейка. При этом целевой может быть только одна ячейка в один и тот же момент времени. После этого целевая ячейка начинает излучать сигналы, распространяющиеся по всему плану внешней среды.
2. Сигналы от цели распространяются по соседним ячейкам к ячейке текущего положения экзоскелета. Способность ячеек передавать излучаемый целью сигнал определяется их коэффициентом проходимости.
3. Первый сигнал, достигший текущего положения экзоскелета, определяет направление следующего шага движения. Соответствующая команда подается к исполнительным механизмам для отработки элементарного движения.

Рассматриваемый метод планирования траектории движения предполагает, что каждая ячейка плана внешней среды является нейроном искусственной нейронной сети и имеет связи с соседними ячейками-нейронами.

Процесс повторяется до тех пор, пока экзоскелет, минуя препятствия, не достигнет цели. В каждом новом положении элементы сенсорной подсистемы эк-

зоскелета оказываются направлены на другие участки внешней среды. Использование данного метода позволит в дальнейшем разработать интерфейс простого управления экзоскелетом.

Библиографический список

1. Яцун С.Ф. Математическое моделирование движения вибрационного мобильного робота с внутренней подвижной массой / С.Ф. Яцун, П.А. Безмен, Ю.Ю. Лосев / Вибрационные машины и технологии: сб. науч. тр. Курск: ГТУ, 2008. С. 241-247.

2. Яцун С.Ф. Экспериментальное исследование движения вибрационного мобильного робота с внутренней подвижной массой / С.Ф. Яцун, П.А. Безмен, Ю.Ю. Лосев / Вибрационные машины и технологии: сб. науч. тр. Курск: ГТУ, 2008. С. 763-770.

3. Яцун С.Ф. Динамика мобильного вибрационного робота с внутренней подвижной массой / С.Ф. Яцун, П.А. Безмен, К.А. Сапронов, С.Б. Рублев // Известия КГТУ Курск: ЮЗГУ. 2010. №2(31) С. 21-31.

4. Яцун С.Ф. Математическое моделирование плавающего робота / С.Ф. Яцун, П.А. Безмен, Г.В. Климов, и др. // Управляемые вибрационные технологии и машины. Ч. 2. Курск: КГТУ, 2010. С. 265-269.

5. Яцун С.Ф. Экзоскелеты: моделирование движения экзоскелета нижних конечностейс учетом физиологических особенностей пациента / С.Ф. Яцун, А.С. Яцун, П.А. Безмени др. – Монография. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2017. – 198 с.

6. Белоглазов, Д.А., Косенко, Е.Ю., Коберси, И.С., Соловьев, В.В., Шаповалов, И.О. Интеллектуальное управление движением автономных подвижных объектов на основе поведенческого подхода // Инженерный вестник Дона, №3, 2015г. 21 с.

7. Интеллектуальное планирование траекторий подвижных объектов в средах с препятствиями / Под. ред. В.Х. Пшихопова. М.: ФИЗМАЛИТ, 2014. 300 с.

8. Интеллектуальное планирование траекторий подвижных объектов в средах с препятствиями / Д.А. Белоглазов, В.Ф. Гузик, Косенко Е.Ю., В.А. Крухмалев, М.Ю. Медведев, В.А. Переверзев, В.Х. Пшихопов, О.А. Пьявченко, Р.В. Сапрыкин, В.В. Соловьев, В.И. Финаев, Ю.В. Чернухин, И.О. Шаповалов; под ред. В.Х. Пшихопова. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. 450 с.

9. Пшихопов В.Х., Медведев М.Ю. Оценивание и управление в сложных динамических системах. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 295 с.

УДК 528.28

А. Н. Быков
студент кафедры электромеханики и робототехники
С. А. Сериков – доктор технических наук, доцент – научный руководитель

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКАНИРУЮЩИХ ЛАЗЕРНЫХ ДАЛЬНОМЕРОВ В КАЧЕСТВЕ СЕНСОРОВ ДЛЯ НАВИГАЦИИ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

Необходимо не только определение собственного положения, но и запоминание и сохранение изображения окружающего пространства для областей, информации о которых нет в памяти робота. Так же необходимо предотвращение столкновений робота с окружающими предметами. Одним из методов построения карт и локализации является SLAM.

Суть SLAM (от англ. Simultaneous Localization and Mapping) заключается в том, что робот параллельно строит карту незнакомой местности на основе данных сенсоров и одновременно определяет свое местоположение по отношению к построенной карте. В качестве сенсоров эффективно используются сканирующие лазерные дальномеры (LIDAR).

Термин LIDAR (от англ. Light Detection and Ranging) относится к системам радиолокации, работающим в оптическом диапазоне и использующим в качестве источника излучения лазер. Часто в зарубежных источниках можно встретить аналогичные термины – LADAR (Laser Detection and Ranging) и Laser Radar.

Существуют разные варианты систем LIDAR, но в общем случае все они включают следующие ключевые элементы, определяющие принцип работы системы:

– источник фотонов (чаще всего это лазер);
– детектор фотонов;
– тактирующая цепь;
– оптическая приёмо-передающая часть [1].

В существующих моделях сканеров реализовано три метода измерения расстояний:

– импульсный;
– фазовый;
– триангуляционный.

Импульсные лазерные дальномеры чаще всего применяются в тех случаях, когда расстояния до целевого объекта достаточно велики (>100м). Это обусловлено высокой скоростью света, поэтому за один импульс лазера достаточно сложно с большой точностью измерить время пролета света, и, следовательно, расстояние. Так, при импульсном методе дальнометрирования используется соотношение:

$$L = \frac{ct}{2n},$$

где L – расстояние до объекта, c – скорость света в вакууме, t – время прохождения импульса до цели и обратно, n – показатель преломления среды. Рассмотрение данного соотношения показывает, что потенциальная точность измерения дальности определяется точностью измерения времени пролета импульса до объекта и обратно [2].

Приемный канал лазерного дальномера регистрирует оптические сигналы малой мощности и выделяет их на фоне помех. Для улучшения помехозащищен-

ности приемный канал должен обладать минимальным угловым полем зрения и регистрировать излучение только на длине волны подсвета. Таким образом, приемная оптическая система дальномера должна состоять из длиннофокусного приемного объектива и интерференционного светофильтра на длине волны подсвета. Принятое излучение собирается на светочувствительной площадке фотодиода. Сигнал с фотодиода поступает в электронный блок измерения временного интервала. Устройство импульсного лазерного дальномера изображено на рис. 1.

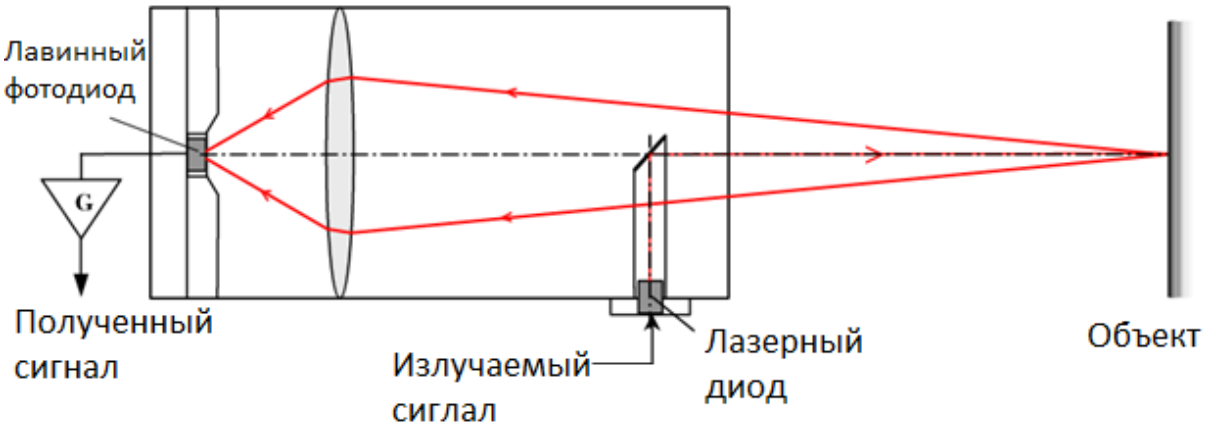


Рис. 1. Устройство импульсного лазерного дальномера

В лазерных дальномерах в качестве быстродействующих приемников излучения используют одноплощадочные фотоприемники — лавинные фотодиоды. Лавинные фотодиоды характеризуются малым размером фоточувствительной площадки. Специальных требований к качеству объектива приемного канала не предъявляется, поэтому можно использовать двухлинзовую склейку, корригированную на минимум сферической аберрации [3].

Фазовые лазерные дальномеры реализуют метод, в котором лазер работает постоянно. При этом его излучение амплитудно модулируется сигналом определенной частоты (обычно меньше 500МГц). Длина волны лазера при этом не изменяется. Отраженное от объекта излучение попадает на фотоприемник, и его фаза сравнивается с фазой опорного сигнала. Задержка, образованная при пролете волны создает сдвиг фаз, который измеряется дальномером. В упрощенном виде работа фазового дальномера показана на рис. 2.

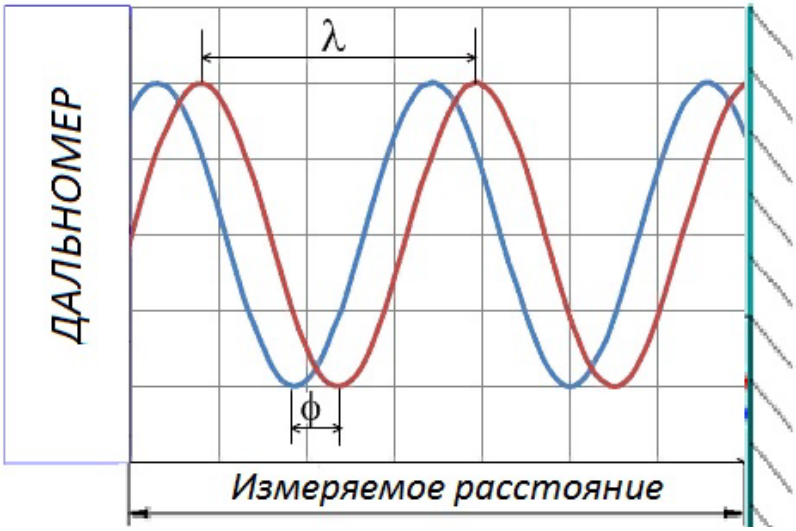


Рис. 2. Общий принцип работы фазового лазерного дальномера

Расстояние определяется по формуле:

$$D = \frac{c}{2f} \cdot \frac{\varphi}{2\pi},$$

где *c* – скорость света в вакууме, *f* – частота модуляции лазера, ϕ – фазовый сдвиг. Это соотношение справедливо только в случае, когда расстояние до объекта меньше половины длины волны модулирующего сигнала, которая равна *c/2f*.

На частоте модуляции 10 МГц, измеряемое расстояние может доходить до 15 метров, и при изменении расстояния от 0 до 15 метров разность фаз будет меняться в пределах от 0 до 360 градусов. Изменение сдвига фаз на 1 градус в таком случае соответствует перемещению объекта примерно на 4 см. При превышении расстояния 15 метров возникает неоднозначность — невозможно определить, сколько периодов волны укладывается в измеряемом расстоянии. Для разрешения неоднозначности частоту модуляции лазера переключают, после чего решают получившуюся систему уравнений [4].

В некоторых случаях применяется использование двух частот. На низкой частоте определяется приблизительное расстояние до объекта, а на высокой частоте определяется расстояние с нужной точностью. При одинаковой точности измерения фазового сдвига, при использовании высокой частоты точность измерения расстояния будет заметно выше.

Триангуляционный (параллаксный) метод измерения. Этот метод реализуется для целого ряда применений с достаточными показателями по точности и дальности. Его суть заключается в решении задачи треугольника по известной базе – стороне треугольника и измеренному углу между сторонами треугольника, образованными оптическими осями лазерного излучателя и фотоприемного устройства.

Дальномер такого типа состоит из лазерного излучателя и светосильного объектива, в фокальной плоскости которого установлен линейный фоточувствительный прибор (ЛФП).

Триангуляционный дальномер имеет следующий принцип работы. Лазерный излучатель формирует оптическое пятно на объекте, до которого измеряется расстояние. Объектив формирует на ЛФП изображение этого пятна, положение которого в пределах линейки зависит от измеряемой дальности. Этот принцип изображен на рисунке 3.

Так как оптические оси лазерного пучка и дальномера параллельны и разнесены друг относительно друга на постоянное расстояние, то пятно на ЛФП будет смещено относительно оптической оси объектива. Величина этого смещения зависит от измеряемого расстояния до объекта. Расстояние между ЛФП и оптической осью объектива определяет диапазон измерений дальности.

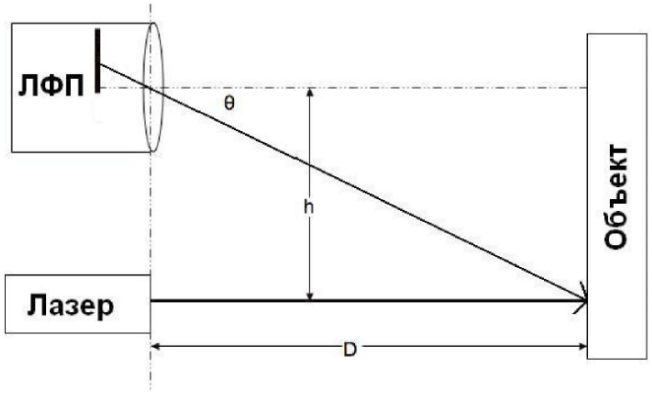


Рис. 3. Принцип лазерной триангуляции

Согласно рисунку, расстояние до объекта D можно найти следующим образом:

$$D = \frac{h}{tan\theta},$$

где *D* – расстояние до объекта, *h* – расстояние между ЛФП и лазером, $tan\theta$ – угол между лазерным лучом и лазерной точкой. Из этой формулы следует найти угол между лазерным лучом и возвращаемой лазерной точкой:

$$\theta = pfc \cdot rpc + ro,$$

где *pfc* (pixels from center) – число пикселей от центра фокальной плоскости, *rpc* (radians per pixel pitch) – радиан на шаг пикселя, *ro* (radian offset) – смещение по радиусу.

При изменении расстояния до объекта изменяется положение плоскости изображения относительно фокальной плоскости объектива. Соответственно изменится и диаметр пятна на ЛФП, поэтому положение пятна определяется по его центру тяжести [5].

Так же существует более дешевая и простая реализация данного метода, в которой в качестве фотоприемного устройства используется веб-камера.

Рассмотрим дальномеры фирмы Hokuyo. Сканирующие лазерные дальномеры для мобильных роботов представлены четырьмя моделями. Во всех четырех моделях реализуется фазовый метод измерения расстояния [6].

Модель URG-04LX-UG01 самая дешевая модель в линейке. При этом характеристики по дальности даже выше, чем у следующей модели в линейке. Слабым местом является динамика датчика (10 измерений в секунду). Несмотря на это, вполне подходит для реализации SLAM в помещении и на данный момент является наиболее перспективным лазерным дальномером. Его стоимость делает этот датчик единственным рентабельным при установке на сервисный мобильный робот. Основные технические характеристики дальномера URG-04LX-UG01 приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные технические характеристики URG-04LX-UG01

Диапазон измерения расстояния, мм	От 20 до 5 600
Сектор сканирования, град.	240
Источник излучения	Полупроводниковый лазерный диод (λ=785 нм)
	Класс лазерной безопасности 1
Точность измерения	От 60 до 1 000 мм: ± 30 мм
	От 1000 до 4095 мм: ± 3 % от расстояния
Угловое разрешение, град.	0.36 (360 ° /1 024 шагов)
Время сканирования, мс/скан	100
Напряжение питания, В	5
Потребляемый ток, мА	500
Интерфейс	USB 2.0/1.1
Габаритные размеры, мм	50x50x70
Вес, г	160
Стоимость, руб	69 024

Следующая модель – URG-04LX. Его стоимость почти в 2 раза больше первого. Обладая дальностью измерений до 4 метров, он вполне подходит для навигации методом SLAM в узких помещениях при преимущественно линейных движениях. В отличие от первого дальномера отсутствует возможность питания от USB и требует внешнего источника 5 В, 1 А (500мА – работа, 800мА – пуск). Основные технические характеристики дальномера **URG-04LX** приведены в таблице 2.

Модель UTM-30LX – имеет наибольшую дальность измерения расстояния и является самой дорогой в этой линейке. В отличие от других он по степени защиты может применяться вне помещений. Обладая дальностью измерения до 30 метров, может использоваться для реализации SLAM в больших помещениях. Обладает высокой динамикой (40 измерений в секунду). Основные технические характеристики дальномера **UTM-30LX** приведены в таблице 3.

Таблица 2

Основные технические характеристики дальномера **URG-04LX**

Диапазон измерения расстояния, мм	От 60 до 4 095 мм
Сектор сканирования, град.	240
Источник излучения	Полупроводниковый лазерный диод (λ=785 нм)
	Класс лазерной безопасности 1
Точность измерения	От 60 до 1 000 мм: ± 10 мм
	От 1 000 до 4 095 мм: ± 1 % от расстояния
Угловое разрешение, град.	0.36 (360 ° /1 024 шагов)
Время сканирования, мс/скан	100
Напряжение питания, В	5
Потребляемый ток, мА	500
Интерфейс	USB 2.0/1.1, RS-232C
Габаритные размеры, мм	50x50x70
Вес, г	160
Стоимость, руб	126 103

Таблица 3

Основные технические характеристики дальномера **UTM-30LX**

Диапазон измерения расстояния, м	От 0.1 до 30
Сектор сканирования, град.	270
Источник излучения	Полупроводниковый лазерный диод(λ=905 нм)
	Класс лазерной безопасности 1
Точность измерения	От 0.1 до 10 м: ± 30 мм
	От 10 до 30 м: ± 50 мм
Угловое разрешение, град.	0.25 (360 ° /1 440 шагов)
Время сканирования, мс/скан	25
Напряжение питания, В	12
Потребляемый ток, мА	700
Интерфейс	USB 2.0
Габаритные размеры, мм	60x60x87
Вес, г	370
Стоимость, руб	298 665

Модель UBG-04LX-F01, несмотря на небольшой сектор сканирования, имеет высокую дальность и приемлемую стоимость. Также обладает высокой динамикой (до 40 измерений в секунду). Эта модель по своему устройству предназначена для установки на переднюю часть мобильного робота для объезда препятствий, SLAM. Основные технические характеристики дальномера **UBG-04LX-F01** приведены в таблице 4.

Таблица 4

Основные технические характеристики **UBG-04LX-F01**

Диапазон измерения расстояния, мм	От 20 до 5 600
Сектор сканирования, град.	240
Источник излучения	Полупроводниковый лазерный диод(λ=785 нм)
	Класс лазерной безопасности 1
Точность измерения	От 60 до 1 000 мм: ± 10 мм
	От 1 000 до 4 095 мм: ± 1 % от расстояния
Напряжение питания, В	12
Потребляемый ток, мА	375
Интерфейс	USB 2.0/1.1, RS-232C
Габаритные размеры, мм	60x75x60
Вес, г	260
Стоимость, руб	144 023

Были рассмотрены 4 дальномера, применимые для мобильных роботов. Нужно отметить, что производитель предлагает гораздо больше моделей, но остальные рекомендованы для стационарного использования. Достоинства и недостатка:

Достоинства:

– компактность;
– наличие USB и RS-232 на борту;
– возможность реализовать навигацию с помощью SLAM;
– наличие готовых библиотек для разработчика и демо-программ.

Недостатки:

– высокая стоимость;
– отсутствие дилера в РФ;
– необходимость внешнего питания (кроме **URG-04LX-UG01);**

Рассмотрим дальномер фирмы Sick, в котором так же реализуется фазовый метод измерения расстояния. Данный дальномер часто используют в показательных проектах, а также в роботах специального назначения. Но высокая стоимость (300 000 руб) еще долго не даст этим устройствам дорогу в мобильные роботы общего назначения.

Основные характеристики, представленные производителем:

– Мощный, эффективный датчик системы 2D-LiDAR для диапазонов измерения до 80 м;
– Высокая производительность (25 мс/скан), даже при неблагоприятных погодных условиях ;
– Компактный корпус со степенью защиты IP 67 и встроенной системой обогрева в устройствах для наружного применения;
– Незначительная потребляемая мощность (2,2 Вт);
– Быстрая обработка сигналов;
– Несколько входов и выходов;
– Возможна синхронизация нескольких датчиков [7].

Самым доступным на рынке является RPLidar A1M8, стоимость которого составляет 8 450 руб. Система работает по принципу триангуляции, что позволяет достичь беспрецедентно высокого быстродействия для своей ценовой категории. A1M8 выдает результаты измерений со скоростью до 8000 раз в секунду. Сканирование производится в горизонтальной плоскости, в диапазоне 360°. Радиус сканирования от 15см до 12м. За 1 секунду датчик совершает 5.5 оборота. Сканер идеально подходит для использования в качестве органа зрения в составе робототехнических систем, перед которыми стоит задача ориентирования на местности и избегания препятствий, либо взаимодействия с другими объектами [8].

На основании проведенного анализа, можно сделать вывод, что разработка сканирующего лазерного дальномера является актуальной для робототехники, поскольку в данной области можно добиться снижения материальных и ресурсных затрат, при решении ряда робототехнических задач.

Библиографический список

1. CSMWG Information Guidance Document. Light Detection and Ranging (LIDAR) Sensor Model Supporting Precise Geopositioning. NGA.SIG.0004_1.1, 2011-08-01.

2. *Байбородин Ю.В.* Основы Лазерной техники. Л.: Высшая школа, 1988. 388 с.

3. *Бокшанский В. Б.* Лазерные приборы и методы измерения дальности / В. Б. Бокшанский, Д. А. Бондаренко, М. В. Вязовых, И. В. Животовский, А. А. Сахаров, В. П. Семенков. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. 92 с.

4. *Середович В.А.* Наземное лазерное сканирование: монография / В.А. Середович, А.В. Комиссаров, Д.В. Комиссаров, Т.А. Широкова. Новосибирск: СГГА, 2009. 261 с.

5. *Антонов А.* Сканирующие лазерные дальномеры (Lidar). URL: https://www.soel.ru/upload/iblock/792/20160110.pdf (дата обращения: 16.12.2018).

6. Оптические приборы Hokuyo. URL: https://www.hokuyo-aut.jp (дата обращения: 5.12.2018).

7. Датчик 2D-Lidar Sick. д URL: https://www.sick.com/ru/ru/detection-and-ranging-solutions/-2d-lidar/c/g91900 (дата обращения: 12.11.2018).

8. Сканирующий лазерный дальномер Slamtec RPLidar A1M8. URL: http://www.slamtec.com/en/Lidar/A1 (дата обращения: 16.12.2018).

УДК 621.315.145

В. С. Важник
магистрант кафедры электромеханики и робототехники
О. Я.Солёная − кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

На сегодняшний день энергосистема Российской Федерации является одной из самых крупных энергетических систем во всем мире. Она состоит из Единой Энергетической Системы России (ЕЭС), включающей в себя семь объединенных энергосистем, а также из территориально-изолированных энергосистем. Общая протяженность линий электропередач (ЛЭП) составляет примерно 3 млн. км, а фактическое потребление электроэнергии, например в 2018 году, согласно данным, предоставленным Минэнерго РФ [1], составило 1091 млрд кВт·ч. Совершенно очевидно, что за столь большой системой необходим постоянный, тщательный мониторинг ее состояния, на предмет выявления различных причин возникновения аварийных режимов и технологических нарушений с целью дальнейшего их устранения, которое должно быть осуществлено не только непосредственно после их возникновения, но и на этапе проектирования энергосистемы, чему, на наш взгляд, необходимо уделить наибольшее внимание.

В соответствии со статистикой технологических нарушений на электросетевых объектах РФ за 2018 г., представленной на официальном сайте АО «Системный оператор единой энергетической системы» [2], следует, что большая часть нарушений, а именно 73% (рис. 1), приходится на повреждение ЛЭП, из чего следует, что именно это оборудование является наиболее уязвимым местом в электрических сетях РФ и требует значительного повышения уровня надежности и энергоэффективности.

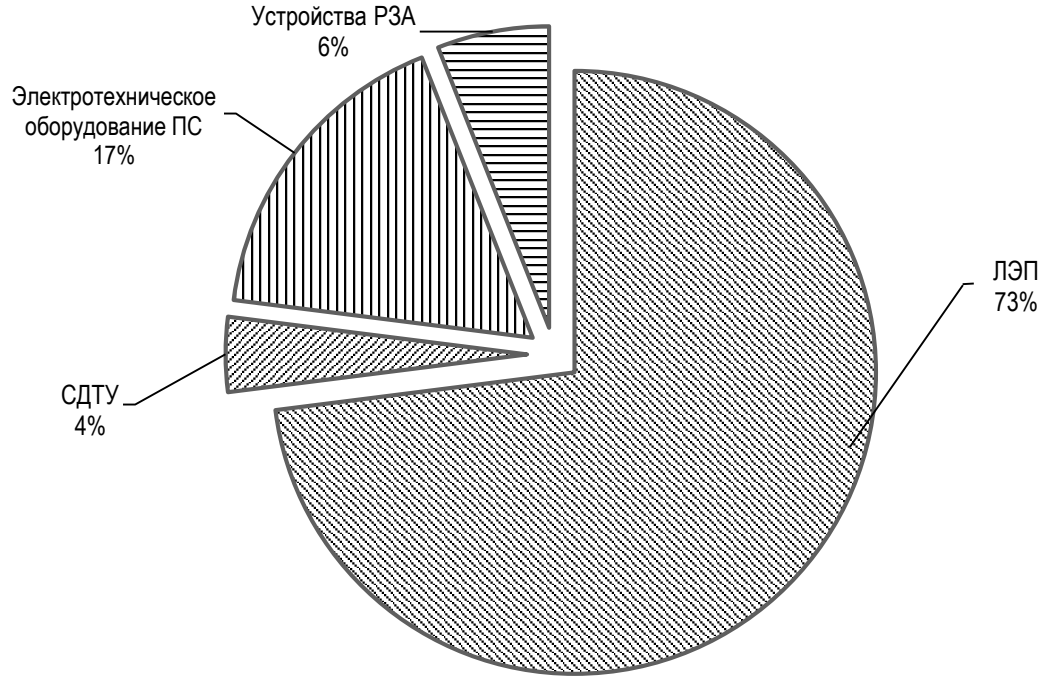


Рис. 1. Статистика технологических нарушений
на электросетевых объектах РФ в 2018 г.

Основными причинами быстрого износа и повреждения линий, согласно источнику [3], являются:

– атмосферные и коммутационные перенапряжения;
– широкий диапазон изменения температур окружающей среды;
– наличие гололеда на проводах ВЛЭП;
– вибрация проводов;
– галопирование проводов;
– наличие в воздухе различного рода загрязнений.

Все эти перечисленные явления, так или иначе, несут в себе однозначно деструктивный характер, оказывающий влияние в первую очередь на изоляцию и механическую прочность проводов.

В силу того, что ветровые, температурные и гололедные нагрузки, а также остальные причины негативного воздействия на ЛЭП, являются результатом воздействия соответствующих природных явлений, на которые мы повлиять никак не можем, то для обеспечения надлежащего уровня надежности и энергоэффективности электрических сетей необходимо применять более современные провода, сделанные из материалов, обладающих более высокой механической прочностью.

Нельзя оставить без внимания также системы слежения состояния электрических сетей. Нужно понимать, что использование современных проводов, безусловно, увеличит надежность системы, но не избавит ее от перебоев вовсе. Для еще большего увеличения надежности и энергоэффективности ЭС необходим оперативный и качественный контроль состояния сетей. В последнее время все чаще начинает находить применение цифровые системы дистанционной диагностики воздушных линий электропередач, позволяющие с высокой точностью определять место аварии. При этом данные системы имеют функцию управления разъединителями и выключателями на линии для поврежденного участка, а также возможность производить монтаж/демонтаж с помощью управляемого дрона, что является весьма полезной опцией в труднодоступных условиях для оперативной бригады.

Под электрическими сетями нового поколения имеются в виду трехфазные воздушные ЛЭП, которые созданы на основе принципиально новых технических решений по части их схемного и конструктивного исполнения, компоновки средствами управления и использования нестандартных способов регулирования параметров режимов.

Используемые во ВЛЭП нового поколения технические решения позволяют осуществлять новейшие идеи создания интеллектуальных электроэнергетических систем, таких как Smart Grid, которые позволяют обеспечивать требуемую пропускную способность, экономию эксплуатационных затрат, а также наиболее оптимальные режимные характеристики.

Перед стандартным исполнением ВЛЭП, линии нового поколения имеют целый ряд преимуществ, заключающихся, в первую очередь, в реализации лучших показателей, таких как:

– значительное сокращение вложения денежных средств в перерасчете на единицу передаваемой мощности (не менее чем 25-30%);

– практически мгновенная ответная реакция на изменения любого рода в энергосистеме;

– увеличение пропускной способности более чем в 1,2 раза;

– сокращение площадей земельных участков, выделяемых для строения линии, практически в 2 раза;

– контроль и реализация управления величиной и направлением потоками мощности в энергосистеме.

Повышенная пропускная способность рассматриваемых электрических сетей была получена благодаря компактной конструкции расположения проводов, а управляемость – благодаря использованию современных устройств регулирования.

Компактные ВЛЭП могут быть как одноцепными, так и двухцепными или многоцепными. Варианты одноцепных компактных ВЛ позволяют использовать предельно большую пропускную способность, а двухцепные и многоцепные, кроме того, еще и регулируемую пропускную способность в пределах от минимальной до предельной, в зависимости от величины передаваемой по ВЛ мощности. В качестве примера на рис. 2 и рис. 3 приведены трехфазная одноцепная компактная ВЛЭП (ОКВЛ) и трехфазная двухцепная компактная ВЛЭП (ДКВЛ) соответственно [4].

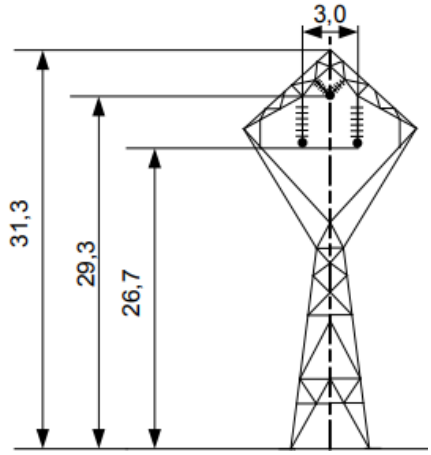


Рис. 2. Трехфазная одноцепная компактная ВЛЭП 220 кВ

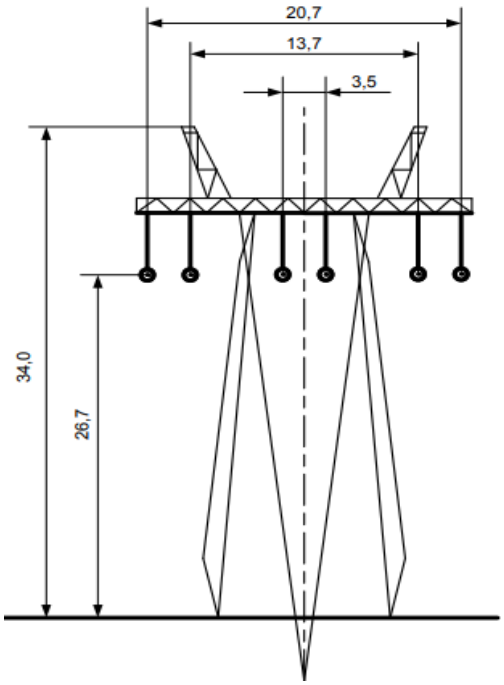


Рис. 3. Трехфазная двухцепная компактная ВЛЭП 220 кВ

Главными электрическими параметрами ВЛЭП являются активное и реактивное удельное сопротивление, а также удельная емкостная проводимость. Данные величины определяют так называемую величину натуральной мощности, которая используется для проведения сравнительного анализа различных вариантов и типов ВЛ. На рис. 4. представлены результаты сопоставлений ВЛ-220 кВ нового поколения и ВЛ-220 кВ традиционной конструкции по величине натуральной мощности [4].

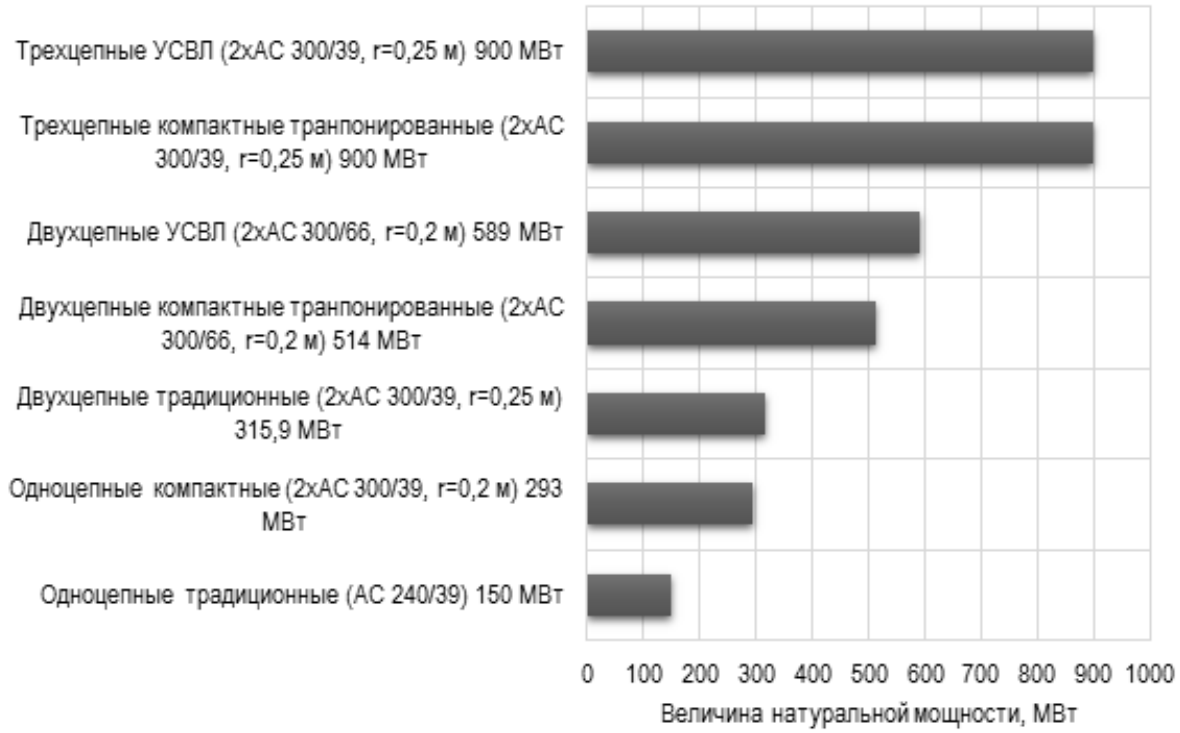


Рис. 4. Величины натуральной мощности ВЛЭП 220 кВ различных типов

Кроме использования компактных ВЛЭП, для повышения надежности и энергоэффективности электрических сетей, немаловажным, как уже отмечалось ранее, остается вопрос касательно использования проводов нового поколения. На современном этапе наблюдается высокий уровень износа линий, а большая часть потерь электроэнергии приходится на провода. Не менее же серьезной проблемой является низкая механическая прочность проводов, время от времени приводящая к обрывам фазных проводов ВЛЭП, что непременно ведет за собой снижение качества поставки электроэнергии.

Для решения данной проблемы надлежит провести глубокую модернизацию электросетевого комплекса, ориентированную, главным образом, на энергоэффективность. Использование проводов нового поколения является отличным решением для Российской электроэнергетики.

Энергетические сети России находятся в весьма плохом состоянии. Достаточно отметить, что согласно статистическим данным [3], с 1991 года потери электроэнергии во ВЛЭП увеличились практически в 1,5 раза, при одновременном снижении эффективности капиталовложений примерно в 2,5 раза. Но, как уже отмечалось ранее, одной из стратегических задач на сегодняшний день является обеспечение должного уровня надежности энергосистемы, а с учетом того факта, что большая часть технологических неисправностей приходится на провода ЛЭП, то замена старых проводов на провода принципиально новой конструкции будет эффективным решением данной проблемы.

Опыт мировой практики замены устаревших ЛЭП на более новые и совершенные конструкции проводов ясно дает понять, что данные замены в значительной мере понижают возможность выхода ВЛЭП из строя по причине воздействия на нее ветровой, гололедной и температурной нагрузки.

Высоковольтными проводами нового поколения являются провода, произведенных из материалов повышенной электрической проводимости и механической прочности с принципиально другой конструкцией, а именно с использованием трапециевидных проволок (рис. 5). В качестве несущего сердечника обычно ис-

пользуются композитные материалы, что позволяет достичь уникальных свойств у проводов. В качестве же материалов токоведущих жил в основном применяются такие сплавы, как алюминиевый сплав с добавлением редкоземельных металлов и алюминий-циркониевые термостойкие сплавы.

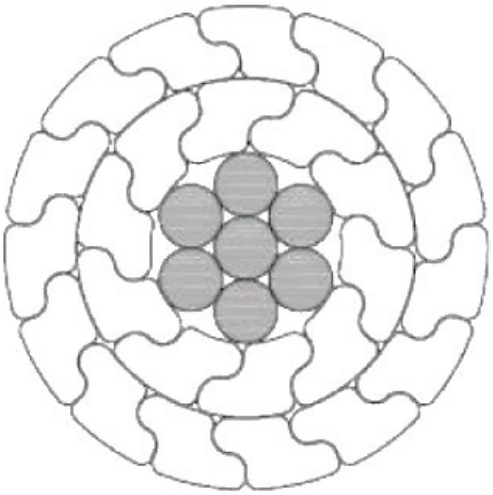


Рис. 5. Сечение провода, выполненного из трапециевидных проволок

Подводя итог всему вышеизложенному, можно с твердой уверенностью сказать, что сегодня электрические сети России нуждаются в модернизации. Замена устаревших линий на новые, более энергоэффективные ЛЭП, а также внедрение системы Smart Grid в существующие объекты позволит достигнуть поставленной перед отечественными электроэнергетическими системами и объектами электроэнергетики одной из важнейших целей, а именно, обеспечение высокого уровня надежности.

Помимо повышения надежности системы, не менее важным является значительное снижение потерь в ЛЭП, которое достигает порядка 30% по сравнению с сетями традиционного исполнения.

Безусловно, использование интеллектуальных сетей требует внушительных капиталовложений, обусловленных дороговизной новых типов конструкций проводов, опор и прочего оборудования. Однако итогом реализации установки электрических сетей нового поколения является внушительная экономия средств, достигаемая, главным образом, за счет меньших потерь электроэнергии, меньших затрат, вызванных поломкой электросетевого оборудования, и, конечно, за счет дополнительной передаваемой мощности на линию.

Библиографический список

1. Министерство энергетики М., 2008-2019. URL: https://minenergo.gov.ru (дата обращения: 24.02.2019).

2. Системный оператор Единой энергетической системы, 2009-2019. URL: http://so-ups.ru (дата обращения: 17.12.2018).

3. Федоров Н.А. Энергоэффективность в электрических сетях. Провода ЛЭП пора менять // Портал-Энерго – 2010. URL: http://portal-energo.ru/articles/details/id/621 (дата обращения 05.12.2018).

4. Institutul de Energetica 2007-2019. URL: http://www.ie.asm.md/ro (дата обращения: 9.03.2019).

УДК 621.3.05:629.584

М. А. Васин
магистрант кафедры электромеханики и робототехники
А. А. Мартынов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

РАЗРАБОТКА БЕСКОНТАКТНОГО ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА АККУМУЛЯТОРОВ НЕОБИТАЕМЫХ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

За последние 30 лет в различных странах, занимающих ведущее положение в области морских технологий, было создано свыше 9 тыс. самоходных необитаемых подводных аппаратов (НПА) для решения широкого круга задач. Эти аппараты уже продемонстрировали свою эффективность при выполнении аварийно-спасательных, обзорно-поисковых, научно-исследовательских и других видов работ. НПА – одна из наиболее важных и быстропрогрессирующих областей микроробототехники. Но динамика развития этого направления во многом обусловлена современными электронными технологиями.

Современные самоходные НПА представляют собой отдельный класс робототехнических объектов с присущими им задачами, особенностями технологии, составом систем и функциональными свойствами.

Все самоходные НПА (UUV – Unmanned Underwater Vehicle) разделяют на два больших подкласса: неавтономные (привязные) НПА и автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА).

К неавтономным НПА относят буксируемые и самоходные привязные подводные аппараты, в конструкции которых, обязательно наличие проводного канала энергообеспечения и телеуправления (кабель-связки).

К автономным необитаемым подводным аппаратам (АНПА) относятся самоходные НПА с автономной системой энергообеспечения и, как правило, беспроводным каналом телеуправления и связи. НПА с автономной системой энергообеспечения, но с проводным каналом управления и связи (обычно на основе волоконно-оптической линии связи), составляют класс полуавтономных аппаратов. Примером такого полуавтономного НПА может служить аппарат проекта NMRS (Nearterm Mine Reconnaissance System), разработанный компанией Northrop Grumman по заказу ВМС США.

В отечественной промышленности, данная ниша робототехники, тоже заполнена и имеет свои аппараты, такие как: «ПА-04-300»; «Скат-ГЕО»; «Клавесин-2Р-ПМ» и многие другие.

Наибольший интерес сейчас представляют АНПА и их развитие, причём не только в гражданских целях, но и для военных. Одним из ключевых критериев проектирования и выбора подобных аппаратов, это их автономность, т.е. на сколько хватит заряда АКБ, а также сколько времени потребуется для заряда.

Принципиальное значение имеет выбор оптимального способа передачи энергии на аппарат. Существует три основных способа передачи электрической энергии под водой: контактный, бесконтактный (индукционный) и генераторный.

При генераторном способе энергия передается путем подключения вала электродвигателя, находящегося, например, на ДПУ, к валу электродвигателя АНПА, который работает в этом режиме как генератор и заряжает аккумуляторную батарею.

Контактный способ передачи энергии требует точного позиционирования при выполнении электрического соединения, необходимость изоляции соединителя от морской воды усложняет его конструкцию и снижает надежность. При исполь-

зовании метода непосредственного электрического соединения через один изолированный электрод (отрицательный полюс) и второй неизолированный (положительный полюс) возникает коррозия положительного электрода, который необходимо защищать протектором.

Бесконтактный (индукционный) способ передачи энергии требует применения дополнительных электрических преобразователей, однако при этом отсутствует физический электрический контакт и соприкасающиеся поверхности индукторов инвариантны к неточному соединению и обрастанию.

Изучив данные методы более досконально, а также, сравнительный анализ [1], перечисленных способов передачи энергии по таким основным критериям, как влияние окружающей среды, не обслуживаемость, эффективность передачи энергии, размеры и масса, уровень магнитного поля, изоляция от морской воды, влияние на движение АНПА и др., предпочтительнее использование бесконтактного способа передачи энергии на аппарат.

В настоящее время, беспроводная система электроснабжения НПА находит широкое применение во многих странах [2–7], что также повышает необходимость в разработке новых устройств передачи энергии, а также модернизацию имеющихся в отечественной промышленности.

Устройство для передачи электроэнергии на НПА имеет несколько основных составляющих частей:

ИЭЭ – источник электрической энергии;
ИН – инвертор напряжения;
ВТ – высокочастотный трансформатор;
В – выпрямитель;
СФ – сглаживающий фильтр;
ППН – преобразователь постоянного напряжения;
Ак – аккумуляторная батарея.

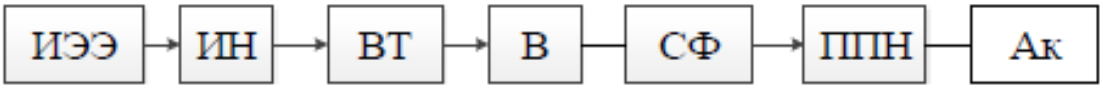


Рис.1. Обобщенная функциональная схема
системы передачи электроэнергии на НПА

Прежде чем приступать к проектированию устройства, необходимо задаться такими параметрами: величина входного напряжения, номинальная мощность устройства, величина выходного напряжения.

В соответствии с [8, 9], расчет проектируемого устройства, производится в определённом порядке: расчёт мостового инвертора напряжения, расчёт силового трансформатора, расчёт сглаживающего фильтра и расчёт преобразователя постоянного напряжения.

Необходимо также упомянуть про весомый фактор выбора элементной базы. В связи с современной мировой обстановкой вся элементная база, должна быть исключительно отечественного производства.

Библиографический список

1. Бардачевский Н.Н., Безсуднов Е.Ю. Состояние и перспективы применения необитаемых подводных аппаратов в области гидрографических исследований и подводной навигации. Интерэкспо Гео–Сибирь, 2013. Т. 5. Вып. 3. С. 124-128.

2. Artur J., Moradewicz Ph.D. Thesis Contactless Energy Transmission System with Rotatable Transformer Modeling, Analyze and Design. Electrotechnical Institute, Warsaw, Poland 2008. 118 p.

3. Moradewicz A.J., Kazmierkowski M.P. High efficiency contactless energy transfer system with power electronic resonant converter. Bulletin of the Polish academy of sciences technical sciences. Vol. 57. No. 4. 2009. Pp. 375–381.

4. Smeets J.P.C., Krop D.C.J., Jansen J.W., Lomonova E.A.. Contactless Power Transfer to a Rotating Disk. Electromechanics and Power Electronics Group, Eindhoven University of Technology, Netherlands. 2010. Pp. 748 – 753.

5. J.P.C. Smeets, D.C.J. Krop, J.W. Jansen, E.A. Lomonova. Contactless Power Transfer to a Rotating Disk. Electromechanics and Power Electronics Group, Eindhoven University of Technology, Netherlands. 2010. p. 748 – 753.

6. Патент RU № 2487452. Устройство бесконтактной подачи электричества, авторы КАИТосихиро (JP), ТХРОНГНУМТАИ Краисорн (JP), МИНАГАВА Юсуке (JP), ХАЯМИ Ясуаки (JP), МАИКАВА Кенго (JP).

7. Патент RU 2401496, Устройство для зарядки аккумуляторной батареи подводного объекта, авторы Кувшинов Г.Е., Копылов В.В., Филоженко А.Ю., Наумов Л.А., дата приоритета 25.06.2009, опуб. 10.10.2010 Бюл. 28.

8. Патент RU 2502170. Устройство для бесконтактной передачи электроэнергии на подводный объект, авторы Кувшинов Г.Е., Копылов В.В., Герасимов В.А., Наумов Л.А., Филоженко А.Ю., Чепурин П.Ю. Дата приоритета 03.03.2012. Опубл. 20.12. 2013.

9. Стародубцев Ю. Н., Белозеров В. Я. Магнитные свойства аморфных и нанокристаллических сплавов. Екатеринбург: Уральский университет. 2002.

10. Мартынов А.А. Силовая электроника. Часть II: Инверторы и преобразователи частоты. СПб.: ГУАП, 2012. 144 с.

УДК 681.5

В.А.Волков
магистрант кафедры управления в технических системах
М.В. Бураков – доцент, кандидат технических наук, доцент –
научный руководитель

РАБОТА АНТИБЛОКИРОВОЧНОЙ СИСТЕМЫ ТОРМОЗОВ АВТОМОБИЛЯ

Введение

Торможение способствует исправлению ошибок в определении скорости, дистанции, дорожно-транспортной ситуации, но трудности, связанные с торможением, часто могут стать и причиной дорожно-транспортного происшествия с тяжелыми последствиями. Выполняя маневр торможения для обеспечения безопасности движения, будьте аккуратны, ведь любая ошибка водителя может спровоцировать снос, занос, вращение и опрокидывание транспортного средства.

Для правильного торможения нужно:

– использовать максимальное сцепление колес с покрытием дороги;
– использовать торможение двигателем;
– уметь сбросить скорость при отказе тормозов;
– сохранить прямолинейное направление движения.

Транспортное средство теряет скорость под действием силы трения, образуемой между поверхностью покрытия и рабочей поверхностью шины. На движущиеся транспортное средство также действует инерция, приложенная в центр массы автомобиля, расположенный над поверхностью дороги. Под действием этой силы передние колеса загружаются, а задние разгружаются. Это видно по тому, как автомобиль «клюет» при торможении [1].

Для недопущения полной блокировки колес, во время торможения, в машине используется антиблокировочная система.

Антиблокировочная тормозная система

Антиблокировочная система также известная как противоюзовая система тормозов (АБС) система безопасности автомобиля, которая предотвращает блокировку колес во время торможения, и избежать неконтролируемого заноса. Современная система abs позволяет управлять во время торможения, что дает больше контроля над транспортным средством в случае резкого торможения. Основные преимущества использования системы АБС в автомобиле, это обеспечение лучшего контроля над автомобилем и уменьшения тормозного пути на сухих и скользких поверхностях. Поскольку АБС установлено в транспортное средство, вероятность заноса очень мала и, следовательно, обеспечивает лучшее рулевое управление во время торможения. Без системы ABS даже профессиональный водитель может не предотвратить занос транспортного средства на сухой и скользкой поверхности во время резкого торможения. Но с системой АБС водитель может предотвратить занос автомобиля и получить лучшее рулевое управление во время торможения [2].

Работа антиблокировочной тормозной системы

АБС — это контролируемая электроникой тормозная система, которая работает по принципу, похожему на технику прерывистого торможения, однако, гораздо более эффективно. Техникой прерывистого (или импульсного) торможения пользуются водители на автомобилях, не оснащенных АБС. Принцип прерыви-

стого торможения состоит в частом нажатии и отпускании водителем педали тормоза. Это помогает не только быстрее остановиться, но и сохранит управляемость автомобиля (сцепление каждого колеса отличается и если все они резко перестанут вращаться, то траектория движения автомобиля не будет прямой).

Система АБС с помощью электронных датчиков определяет, какое из колес под тормозным усилием вращается медленнее других — это означает, что колесо уже заблокировалось или же вот-вот заблокируется. Тогда в действие вступает ослабляющий поршень, который снижает тормозное усилие, прикладываемое к колесу, до тех пор, пока скорость его вращения не выровняется со скоростью других колес. Естественно, блокировке тут же может вновь подвергнуться любое другое или это же колесо, тогда процесс повторяется вновь.

На рис. 1 представлена работа антиблокировочной системы тормозов

Пример томожения автомобиля с установленной антиблокировочной системой и без него представлен на рис. 2.

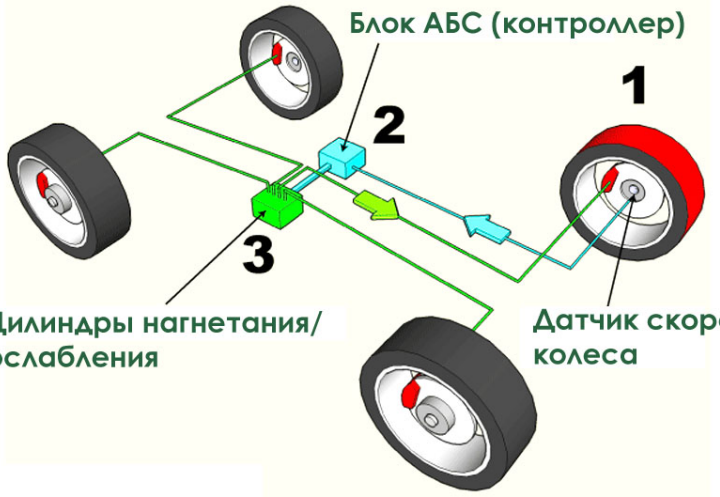


Рис. 1. Работа антиблокировочной системы тормозов

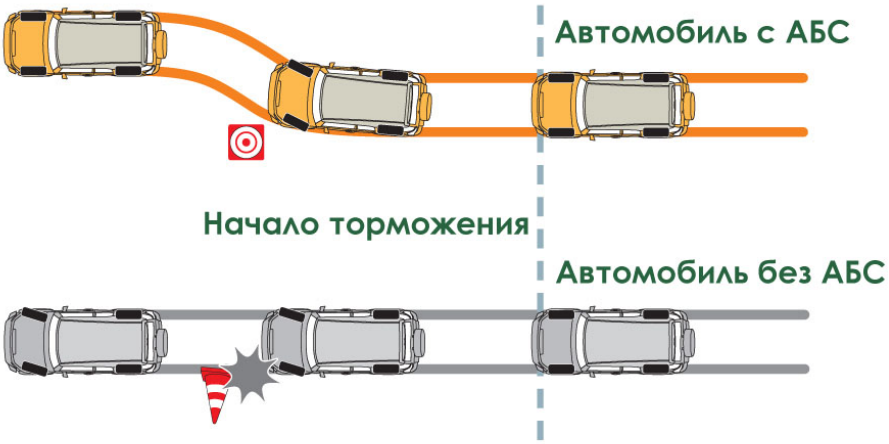


Рис. 2. Томожения автомобиля с установленной АБС и без него

Принцип действительно аналогичен импульсному торможению с той лишь разницей, что электроника точно знает какое колесо и на сколько отстает, и свое действие ослабления производит именно с запаздывающим колесом, а не со всеми сразу. Плюс, замеры и действие АБС может происходить множество раз

за одну секунду, чего человеческая нога сделать не в состоянии (лишь пара раз в секунду).

Более ранние версии не имели датчиков на каждом из колес и ограничивались одним (на ведущей оси), двумя (на двух осях) или тремя (два на колесах ведущей оси и один на ведомой оси) [3].

Преимущества и недостатки АБС

Преимуществом является полное сохранение рулевого управления даже при максимальных тормозных усилиях, приложенных к колесам.

Недостатком является вмешательство АБС во время торможения автомобиля, когда он имеет плохое сцепление с дорогой (мокрый асфальт, рыхлая почва и т.д.).

Библиографический список

1. JBT. URL: www.jbt-brakes.ru/node/548 (дата обращения: 08.04.2019).
2. Anti-lock Braking System. URL: www.mechanicalbooster.com/2017/08/anti-lock-braking-system.html (дата обращения: 09.04.2019).
3. Система АБС автомобиля. URL: https://allroader.ru/sistema-abs-52131/ (дата обращения: 09.04.2019).

УДК 338.984

Д.А. Галичин
магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении
Г.С. Армашова-Тельник – кандидат экономических наук, доцент –
научный руководитель

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЛАНИРОВАНИ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Активное развитие электроэнергетики в современных условиях сопряжено с развитием конкуренции на электроэнергетических рынках, внедрением инновационных технологий, повышением энергоемкости предприятий, наличием основных средств, уровнем рентабельности деятельности энергетического предприятия. Перечисленные факторы демонстрируют значимость стратегического планирования хозяйственной деятельности в сфере электроэнергетики.

Подчеркнем, что цель деятельности любого энергетического предприятия в условиях рынка – извлечение прибыли посредством эффективного распределения электроэнергии. Иначе – главная цель управления хозяйственной деятельности в сфере электроэнергетики заключается в планировании и достижении положительно-финансового результата [1]. При этом одной из ключевых конфигураций планирования в организации является стратегическое планирование, характерные черты которого, имеют отличия от других подходов к планированию. Стратегическое планирование направлено не на исследование и разработку всех аспектов производственно-хозяйственной деятельности предприятий, а на выбор наиболее перспективных направлений ее развития.

Также, немаловажны в стратегическом планировании и анализ необходимости предприятия в материально-технических и финансовых ресурсах с целью осуществления приоритетных направлений развития и анализ уровня внутренней готовности предприятия (трудовые возможности, структура управления, потенциальный уровень возможности) к воплощению в жизнь поставленных задач. Отметим, что понятие «стратегия» принято рассматривать как средство выживания организации путем приспособления к деловой среде, а организационную структуру – системой. На рисунке 1 представлено, как энергокомпания желающая достичь соответствия среды, стратегии и структуры, логически объединяет данные компоненты.

Предприятие формирует прогнозы и управляет ими, ориентируясь на эффективное применение всех существующих в её распоряжении хозяйственных ресурсов, управляющих кадров, промышленных и управленческих нововведений. Для достижения поставленных целей предприятие разрабатывает главную стратегию, рабочий план, что предусматривает активное применение ресурсов и способностей. На основе главной стратегии и рабочего плана формируется план по тактике и смета хозяйственной деятельности предприятия [2].

Так, в первом блоке структуры «Анализ среды» – отражен фундамент стратегического менеджмента, направленный на выявление новых идей для энергопредприятий, определение стратегических ориентиров, на качественную реализацию действующих планов.

Второй блок – «Разработка стратегии» – демонстрирует этапы достижения поставленных целей и реализации задач, и представляет собой долгосрочный план без конкретных этапов, методов или действий. Что актуализируется в процессе адаптации энергопредприятия к меняющейся внешней и внутренней среде в условиях рынка.

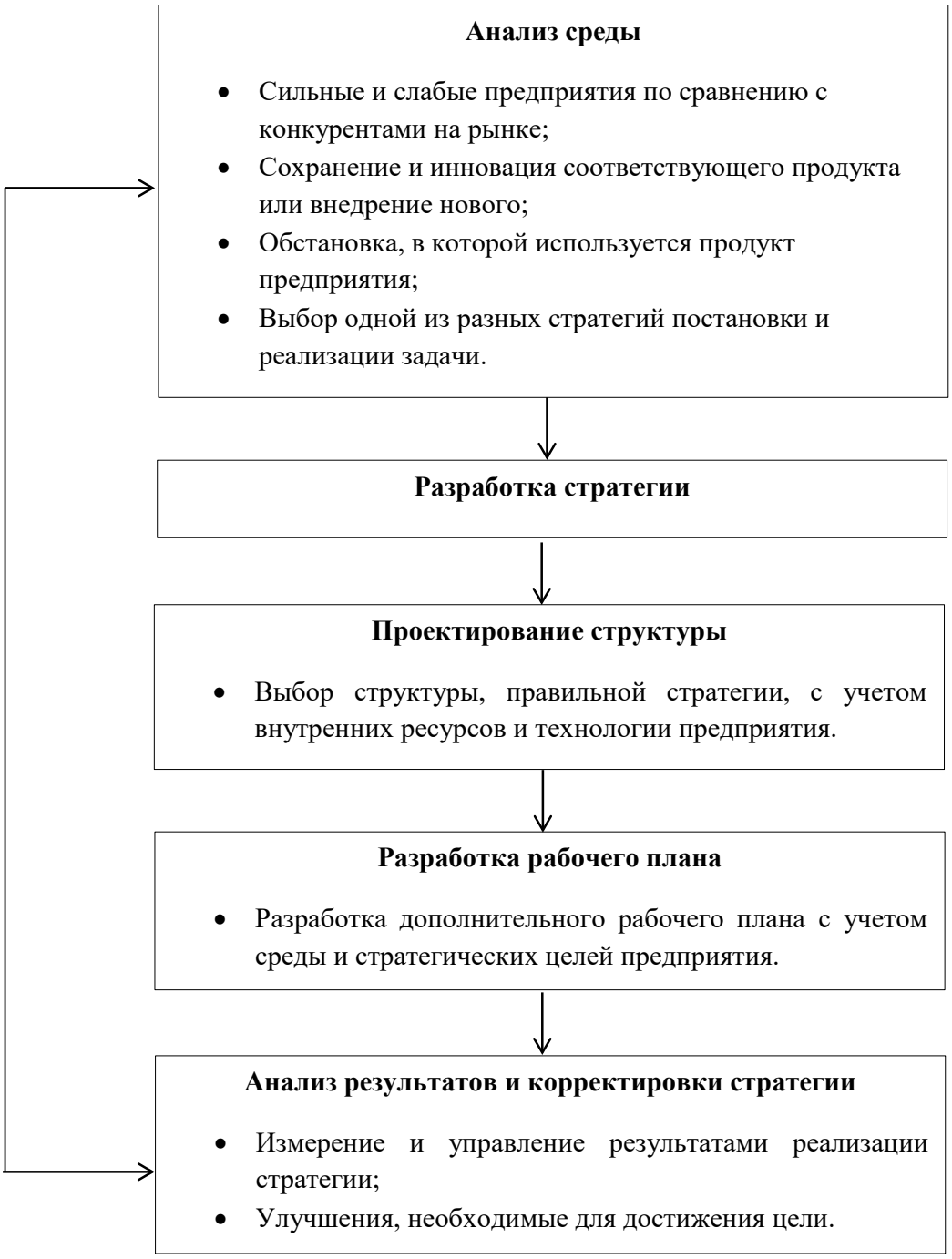


Рис. 1. Среда, стратегия и структура энергопредприятий [3]

Третий блок – «Проектирование структуры» – подразумевает этапы выбора структуры, правильной стратегии, с учетом внутренних ресурсов и технологии энергетического предприятия.

Четвертый блок – «Разработка рабочего плана» включает: исследование, в которое входит продуманный план, где отражаются главные задачи и методы предпринимаемого исследования.

Пятый блок – «Анализ результатов и корректировки стратегии» – заключительный этап, где происходит улучшение выявленных недостатков, который необходимы для достижения поставленных целей, а также управление результатами для выбора стратегии.

То есть, можно говорить о высокой значимости стратегического планирования на предприятиях электроэнергетики в ряде реализаций функций менеджмента.

Отметим, что в настоящее время наряду с внешними, количественными методами стратегическое планирование активно применяет и интуитивный подход. Интуитивный подход формирует основу для успешной деятельности энергетических предприятий. Этот подход свойственен руководителям высшего звена управления.

Так, в рамках эффективного стратегического планирования хозяйственной деятельности предприятия целесообразно рассматривать процесс планирования во взаимосвязи ряда этапов[4]:

На первом этапе изучается совокупность трех сфер: внутренняя, рабочая и общая среда на предприятиях в сфере электроэнергетики (описание внутренней среды энергетического предприятия, что дает представление о сильных и слабых сторонах деятельности организации, в т.ч. о внутренних возможностях; рабочая среда включает участников рынка, с которыми энергопредприятие контактирует напрямую; общая среда включает в себя элементы, которые могут быть не связаны напрямую, но оказывает влияние на создание общей атмосферы предприятия).

Второй этап предполагает определение ключевых ориентиров (целей) предприятия, что позволит обеспечить максимальную безопасность, изучить новые рынки, также привлечь новых потребителей электроэнергии посредством повышения уровня сервиса.

На третьем этапе формулируется стратегия, исходя из определенных ранее возможностей – в соответствии с основными направлениям реализации энергетической стратегии в условиях рынка.

Таким образом, стратегию планирования предприятия в сфере электроэнергетики в рамках современного рынка необходимо рассматривать как структурный план действий, основанный на исследовании рынка, инновационных технологий, среды хозяйствования с содержащимися в них компонентами риска. Структурная область стратегии планирования в отрасли электроэнергетики связана с потребностью придания ей конкретной эластичности, обеспечивающей соответствующие перемены в данных условиях с точки зрения экономических обстоятельств и иных немаловажных факторов и тенденций сферы хозяйствования.

Библиографический список

1. Егоршин А.П., И.В. Гуськова. Стратегический менеджмент: учебник / 2-е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2017. 290 с.

2. Ларионов И.К. Стратегическое управление / Под ред. Ларионов И.К. – 2-е изд. – М.:Дашков и К, 2017. – 234 с.

3. Губин В.Е. Анализ финансово-хозяйственной деятельности. Практикум: учебное пособие / О.В. Губина, В.Е. Губин. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2018. 192 с.

4. Либерман И.А. Планирование на предприятии: Учебное пособие / И.А. Либерман. 3-е изд. М.: ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2016. 205 с.

УДК 621.039.75

К.О. Головин
студент кафедры управления в технических системах
А.А. Ефимов – профессор, доктор технических наук – научный руководитель

КОМПЛЕКТ АВТОМАТИКИ ДЛЯ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

Введение

Работа производств атомной промышленности и энергетики и производство электрической энергии на атомных станциях связано со многими факторам. Одним из таких факторов является риск загрязнения окружающего пространства продуктами ядерного синтеза. Для предотвращения распространения опасных для жизни и здоровья сотрудников станции источников ионизирующего излучения, таких как загрязненный воздух и мелкодисперсная радиоактивная пыль, а также для обеспечения бесперебойного функционирования аппаратуры и комфортной работы сотрудников станции в помещениях постоянного и частичного доступа, применяются комплексы систем кондиционирования и вентиляции воздуха.

Целью данной работы, тема которой совпадает с темой моей магистерской диссертации, является разработка и описание беспроводной (дистанционной) системы контроля и управления автоматизированных систем вентиляции и кондиционирования для комплексов АСУ воздухообмена для повышения качества и эффективности работы систем воздухообмена, вентиляции и кондиционирования промышленных помещений.

Задачи.

1. Поиск подходящего микроконтроллерного устройства для использования его в шкафах управления системами вентиляции и кондиционирования.
2. Разработка программы дистанционного контроля и управления микроконтроллерными устройствами.

Назначение вентиляционных установок атомных станций

Кондиционирование воздуха — автоматическое поддержание в закрытых помещениях всех или отдельных параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты, скорости движения воздуха) с целью обеспечения оптимальных климатических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса, обеспечения сохранности [1, 2].

Основная задача вентиляции – это обеспечение нормальных и безопасных условий работы персонала. Помимо этого, на атомных станциях, так же, как и на любых промышленных предприятиях, вентиляция должна поддерживать санитарно-гигиенических нормы температуры, влажности и запыленности воздуха производственных помещений. Это единственное требование к вентиляции помещений зоны свободного режима, где персонал может находиться неопределенно длительное время, так как здесь нет выделений радиоактивных примесей.

Основное производственное помещение зоны свободного доступа – машинный зал двухконтурных и трехконтурных атомных электростанций (АЭС). Опыт эксплуатации АЭС показал, что в этих цехах для общеобменной вентиляции нельзя ограничиться естественной аэрацией.

Системы вентиляции разделяются:

1) по способу перемещения воздуха;
2) по способу удаления и подачи воздуха;

3) по способу достижения метеоэффектов;

На АЭС системы вентиляции разделяются на 5 групп:

1) технологическая- предназначена для обслуживания технологического оборудования с целью поддержания заданного температурного режима;

2) специальная – обеспечивает заданное направление движение воздушных потоков при нормальных и аварийных условиях работы, только в сторону более грязных помещений зоны строгого режима и требуемый температурный режим оборудования I контура при различных режимах работы энергоблока;

3) общеобменная – создающая требуемые метеоусловия в помещениях постоянного пребывания персонала и ПОП, а также в зоне свободного режима;

4) местная − локализующая очаги вредных выделений;

5) пожарная − локализующая продукты горения в случае возникновения пожара.

Классификация систем вентиляции

Системы вентиляции обеспечивают и поддерживают допустимые параметры рабочей среды по своим задачам могут классифицироваться на [3, 4]:

1. *Организация и поддержания воздухообмена* производится путем изъятия из воздуха тяжелых примесей древесных загрязнителей и прочих смесей, которые могут быть удалены путем рециркуляции воздуха и поданы в систему вентиляции в сбалансированных порциях.

2. *Вытяжные системы* представляют собой схему с изъятием загрязненного воздуха, и устанавливается для большинства помещений, в которых в систему вентиляции устанавливают вентиляторы и воздухоотсосы в зеркальном расположении.

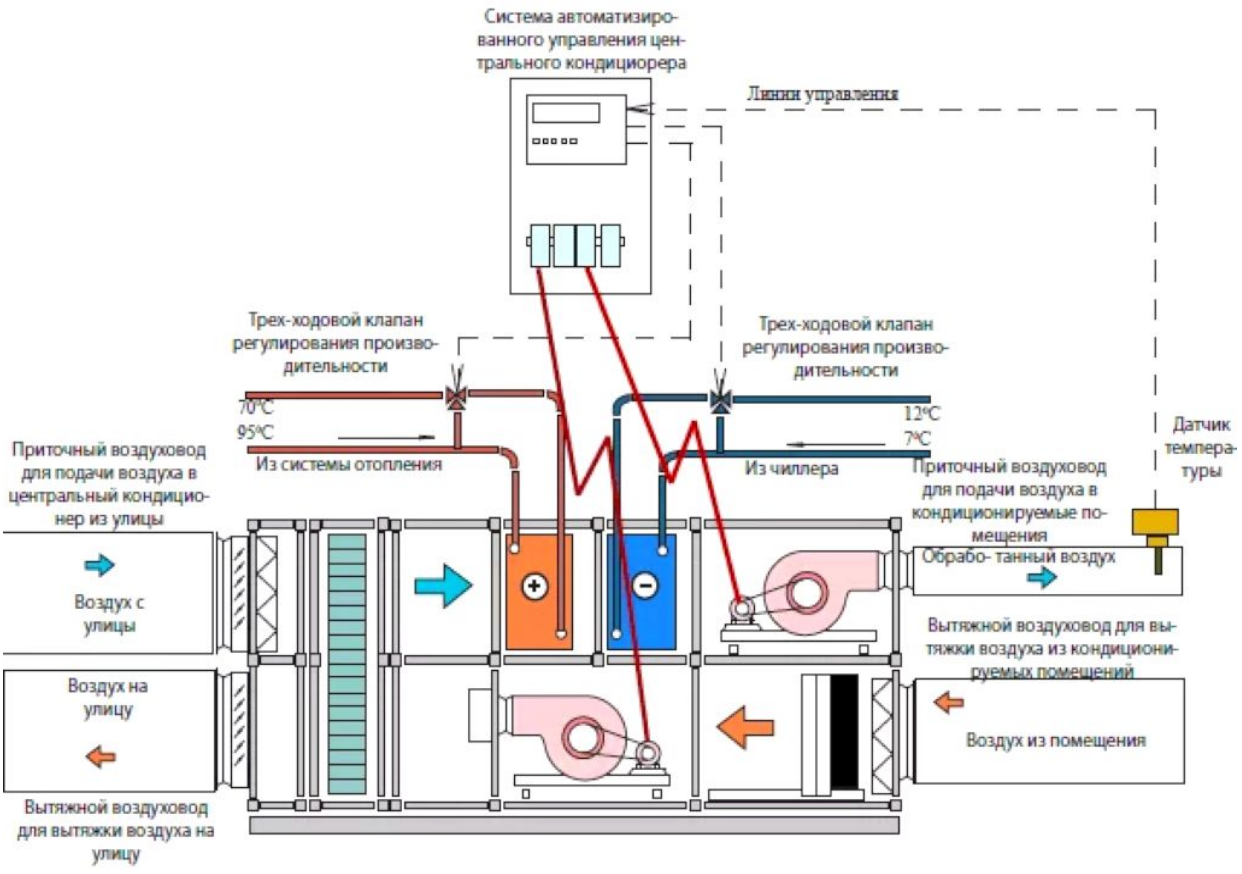


Рис. 1. Принципиальная схема приточно-вытяжной вентиляции

4. *Приточные системы* предназначены для использования в системах вентиляции и воздушного отопления в рабочих помещениях промышленных зданий. Приточные системы обеспечивают поступление воздуха с улицы в помещения принудительным способом, регулируют количество нагнетаемого воздуха и производят его очистку от загрязнений, примесей и запахов.

5. *Приточно-вытяжные системы* эффективны для использования в промышленных, административных, общественных и жилых помещениях. При этом, применение приточно-вытяжных установок эффективно не только с санитарно-гигиенической точки зрения, но и с экономической, поскольку позволяет значительно снизить затраты на отопления за счет использования рекуперации тепла.

Ниже приведена принципиальная функциональная схема системы автоматизации приточной вентиляции и кондиционирования (рис. 1).

Библиографический список

1. Стефанов Е. В. Вентиляция и кондиционирование воздуха. СПб.: АВОК «Северо-Запад», 2005. 391.

2. Богословский В. Н., Кокорин О. Я., Петров Л. В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. М.: Стройиздат, 1985. 367 с.

3. https://www.promklimat.ru/Avtomatizatsiya-konditsionirovaniya.htm#h2_5

4. https://habr.com/ru/post/155037/ (дата обращения: 13.02.2019).

УДК 621.8

В. И. Гончарова
студент кафедры управления в технических системах
Д.В. Шишлаков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ОБЗОР СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МОБИЛЬНОГО РОБОТА В НЕОПРЕДЕЛЕННОЙ СРЕДЕ

Нахождение траектории является одной из самых изученных задач в мобильной робототехнике. Это сложная задача, однако, существует некоторое количество наиболее известных алгоритмов, которые известны научному сообществу. Различные методы могут оказываться не самыми

Важнейшей задачей абсолютно всех робототехнических платформ, перемещающихся автономно, является построение траектории и определение собственных координат в пространстве. Поэтому, с целью эффективного передвижения мобильный робот обязан обладать возможностью создавать путь, руководить параметрами перемещения (линейными и угловыми скоростями платформы), правильно трактовать данные об окружающем пространстве, получаемые с помощью средств очувствления, и всегда знать собственное местоположение.

Обычно задача навигации подразделяется на 2 задачи, которые можно исследовать независимо друг от друга: определение координат и формирование траектории. При этом определение координат основывается на параметрах движения и некоторых абсолютных координатах, например начальной точки движения робота.

Рассмотрим наиболее известные и распространенные способы, используемые для решения данной задачи в предварительно неизвестных средах. Самым известным методом является позиционно-траекторный метод

управления [1–4], методы потенциальных полей [5–7], методы нейросетей [8–10] и нечеткая логика [11–12].

1) Траекторный метод управления.

Основой наибольшего числа алгоритмов является позиционный метод синтеза [1 – 4]. Главной отличительной особенностью метода позиционного синтеза является установка конечной цели, и управления в виде аттракторов – стабильных многообразий в пространстве состояний предмета управления. Способ позиционного синтеза был дополнен внедрением формализации задачи целевых точек с целью решения трудностей управления мобильными устройствами и из-за введения неустойчивых режимов функционирования систем управления. В этих случаях задача управления ставится следующей формулировкой:

$$\Psi_S(x_1, \dots x_n) = 0, \quad (1)$$

где функции $\Psi_S(x_1, \dots x_n)$ это необходимые условия установившегося способа перемещения объекта. В таком случае объект управления характеризуется нелинейным векторным уравнением

$$\dot{x} = f(x, u)\,, \quad (2)$$

где x – – вектор состояния, размерности n, u – – вектор состояния размерности $m < n$.

Метод структурного синтеза [1, 2] не рассматривает перемещение робота в пространстве с преградами. Обход преград возможно организовать с помощью позиционно-траекторного управления [3, 4]. Но данный метод может быть применен в рабочих пространствах, где нет локальных минимумов.

2) Метод управления с использованием нечеткой логики.

В наше время все большее распространение получают системы и различные приспособления, в частности в продуктах электробытовой техники, которые базируются на использовании методов нечеткой логики.

В книге [6] показана следующая кинематическая схема мобильного робота:

$$\dot{x}(t) = \frac{R}{2r}\left(\omega_R(t) + \omega_L(t)\right)\cos\theta\,(t), \quad (3)$$

$$\dot{y}(t) = \frac{R}{2r}\left(\omega_R(t) + \omega_L(t)\right)\sin\theta\,(t), \quad (4)$$

$$\dot{x}(t) = \frac{R}{br}\left(\omega_R(t) - \omega_L(t)\right)\cos\theta\,(t), \quad (5)$$

где ω_R, ω_L – скорости вращения левого и правого колес робота; x, y – координаты робота на плоскости; θ – ориентация робота относительно оси OX.

3) Методы нейронных сетей.

Понятие нейронных сетей обычно используется для обозначения узлов, или цепочки био-нейронов. В наше время существует также трактовка, означающая ненатуральные нейронные узы, смысл которых заключается в искусственных нейронах.

Одно из текущих направлений синтеза управлений нелинейными динамическими системами с значимыми неопределенностями представляется обобщение конструкций управления в основе искусственного происхождения нейронных сеток [7 – 8].

Многие ученые применяют нейронные сети для управления перемещением мобильными роботами. Источники, рассказывающие о подобных исследованиях, используются в этом разделе.

В работе [7] показаны способы планирования и управления направленным действием интеллектуальных роботов, предназначенных для

независимого функционирования в предварительно незнакомых, реальных средах, в основании гомогенных нейроподобных структур, а кроме того абстрактные и фактические основные принципы концепции нейроподобных

строений этого класса. Полученные результаты стали использоваться при формировании конструкций управления роботов-планетоходов, специализированных на цели изучения других планет, например, в частности, Марса, а кроме того, конструкции управления систем роботов оборонного и промышленного назначения.

В источнике [8] был применен способ динамических нейронных сетей, в основании которых лежат нейронные формальные поля, для управления мобильным роботом. Данный способ применяется при построении робототехнической платформы, способной работать в открытой сфере, а кроме того составлять план движения при указанной миссии.

Также как и в случае с режимами нечеткой логики, нейронные сети создаются на основе экспериментальных оценок. Кроме того, в настоящее время не существует способа синтеза управления с нейронными сетями, гарантирующего асимптотическую устойчивость замкнутой системы управления.

4) Метод потенциалов в задаче выбора пути.

Способ потенциальных полей использует скалярные потенциальные функции. Данная функция имеет минимальное значение, если робот пребывает в целевую точку, и увеличивается при приближении робота к преграде. Подобным способом, для того чтобы придвинуться к преграде, робот должен справиться с отталкивающим потенциальным барьером.

В работе [11] показан метод навигации и обхода преград мобильными роботами в реальном времени. Данный метод предусматривает динамические действия подвижного робота и решает задачу локальных минимумов. Рядом с пре-

градой создается потенциальное отталкивающее поле больше, чем «сила притяжения» конечной цели. Исходя из этого условия, робот не может достигнуть конечной цели, если преграда находится возле конца траектории.

Для решения задачи обхода преград мобильным роботом в неизвестной среде используется искусственное потенциальное поле в основе гармонических функций. Данное условие позволяет ликвидировать локальные минимумы при отдельных преградах.

В книге [12] приведен анализ передвижения подвижного робота по стенке, применяя метод потенциальных полей как способ планирования перемещения. Данный метод содержит порядок управления передвижением по стенке при попадании робота в локальный минимум. В работе применены

указанные методы и продемонстрированы итоги опытов, свидетельствующие о результативности рекомендованного способа.

В результате относительно метода потенциальных полей можно сделать следующие выводы:

– в качестве функций отталкивания от преград наиболее предпочтительным является использование экспонентых функций;

– уравнение перемещения в области информативных сил эффективней считать согласно первой производной;

– алгоритмы, основанные на методе потенциалов, могут эффективно и качественно применяться, только если контуры преград аппроксимированы выпуклыми многоугольниками или окружностями.

5) Методы построения траектории движения мобильного робота.

Известны методы построения пути, позволяющие строить маршрут в процессе движения, например алгоритм Bug [13]. Данный алгоритм отличаются сравнительной простотой реализации, легкостью их внедрения, и тем, что для их использования, робот должен обладать только минимальным очувствлением, например, только датчиком контакта (или его аналогом).

Однако существенным минусом является то, что данный алгоритм никак не учитывает кинематику платформы, которая является важной характеристикой у неголономных моделей. К тому же, поскольку алгоритм использует только последнее текущее значение с датчика, велика вероятность, что на конечную результативность системы будут существенно влиять шумы и помехи измерений. Кроме того, данный алгоритм крайне неудачно работает с точки зрения длины пройденного расстояния.

Вторым вариантом является метод гистограммы, показанный в работе [14]. Он дает возможность мобильному роботу преодолевать преграды в режиме реального времени, находить неизвестные препятствия и уклоняться от удара, параллельно меняя направленность перемещения платформы.

Этот метод позволяет обходить ограничения, характерные для способов потенциального поля. При этом, на практике, воздействие шума на измеряемые величины сводится к нулю, так как сведения усредняются на сетке гистограммы распределения преград около робота. Но, несмотря на серьезные преимущества, данный способ также не предусматривает динамику робота при создании алгоритма управления.

Еще одним вариантом является метод кривизны скорости, описанный в статье [15]. Этот метод позволяет принять к сведению кинематические ограничения и отдельные динамические ограничения мобильного робота, а также учесть период обхода преград, что представляет собой преимущество двух ранее описанных методов. Ограничение данного способа состоит в том, что фигуры преграды упрощаются до окружности, что является неприемлемым в некоторых ситуациях. Кроме того, существует вероятность, что робот может попасть в локальные минимумы, так как известные факты о местности и преградах не учитываются.

Поиск в ширину [16]. Данный метод вначале устанавливает все соседние с начальной точки (узлы), затем узлы, находящиеся в 2-х шагах, 3-х шагах, и так далее, до тех пор, пока не найдется решение поставленной задачи. Типовым решением в данном методе является то, что непроверенные узлы перемещаются в так называемую категорию Open, который обычно является FIFO очередью (вида «первый вошел – первый вышел»). Наглядный пример его работы представлен на рис. 1. Важно отметить, что данный способ ищет маршрут вокруг преград, и именно этот маршрут является наиболее коротким, если все шаги имеют одну и ту же (или минимальную) стоимость.

Двунаправленный поиск в ширину [17]. Данный метод – это видоизмененный отбор в ширину, особенностью которого является то, что одновременно запускаются два синхронных поиска в ширину из начального и конечного узлов. Процедура поиска завершается, если узел одного из фронтов находится рядом с узлом другого фронта. Визуализация данного метода показана на рис. 2. Преимуществом данного метода является то, что поиск в ширину можно улучшить до двух раз, хотя данный метод все равно считается недостаточно эффективным.

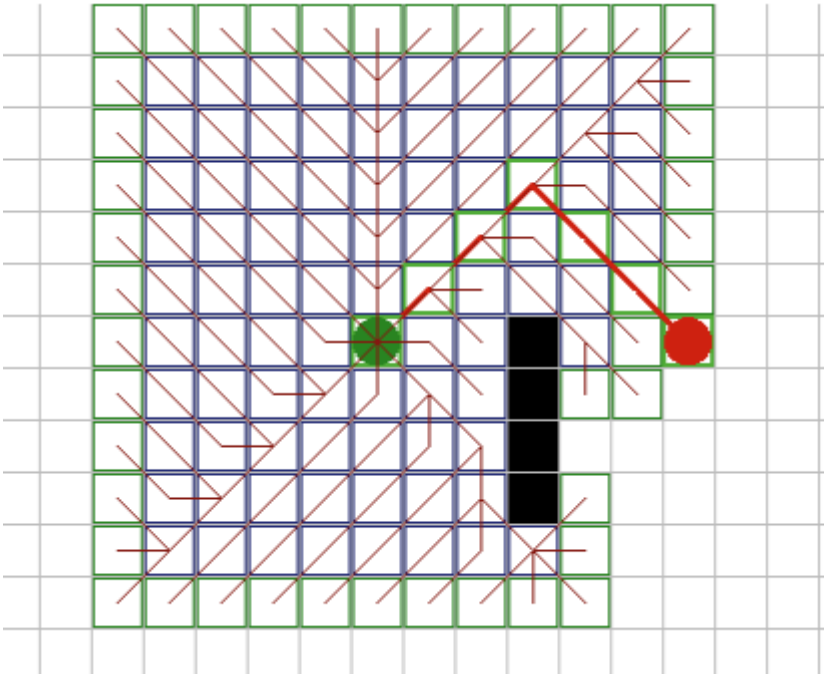


Рис. 1. Демонстрация процесса поиска пути

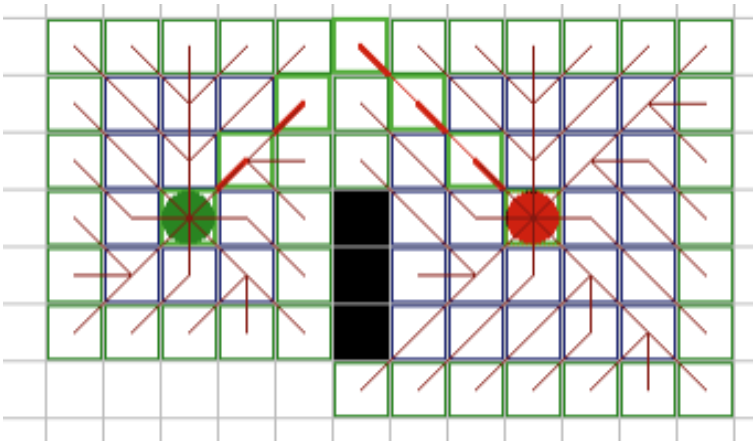


Рис. 2. Демонстрация двунаправленного поиска в ширину

Алгоритм Дейкстры [18]. Далее рассмотрим классический метод, который создал Е. Дейкстра, для прохода по графам с гранями, различными по весу. В соответствии с данным методом, на каждом последующем шаге производится поиск необработанных узлов и устанавливает расстояние между ними и точкой начала движения. Этот метод имеет два серьезных преимущества, в отличие от поиска в ширину. Во-первых, он берет во внимание от старта до узла. Во-вторых, обновляет узел в случае, если был найден наименьший к нему путь. В этом методе вместо списка Open с очередью FIFO используется приоритетная очередь, в данном случае приоритетом является расстояние от узла до старта, что отражено на рис.3. На нем, очевидно, можно увидеть хорошую адаптацию метода к стоимости маршрута. Недостатком можно при этом считать то, что происходит слабый поиск в ширину, который не учитывает направление к цели.

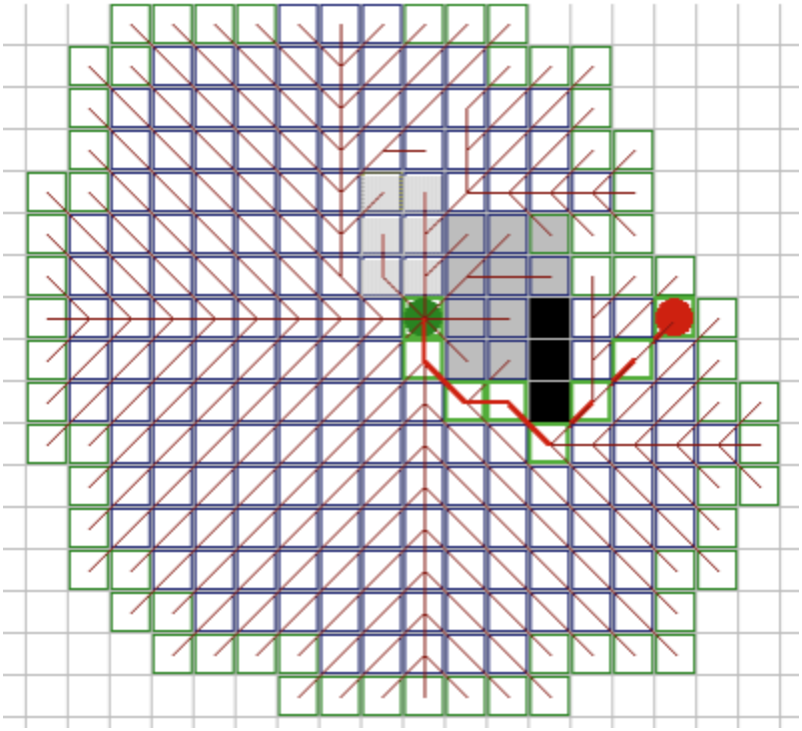


Рис. 3. Алгоритм Дейкстры

Алгоритм «лучший – первый» [19]. В этом методе учитываются известные факты о пространстве маршрута. Метод схож с алгоритмом Дейкстры, но имеет одно существенное отличие – точки в разделе Open оцениваются в соответствии с оставшимся расстоянием до конца маршрута.

Кроме того, данный метод никак не призывает к поиску обновлений, в сравнении с алгоритмом Дейкстры. На рис. 4 показан результат работы данного алгоритма. Этот метод быстрее, чем все ранее рассмотренные планирующие методы, который при этом движется прямо по направлению к заданной цели. Однако в данном методе не принимается в расчет накопленная ценность маршрута, он прокладывает маршрут с высокой стоимостью, хотя на самом деле таких маршрутов он должен избегать.

Алгоритм A* [20]. Этот метод является оптимальным для нахождения наиболее подходящих маршрутов в разнообразных пространствах. Благодаря алгоритму A* все точки сортируются по наименьшему расстоянию к концу пути для разработки наилучшего маршрута. Данный метод принимает следующий вид:

$$f(n) = g(n) + h(n), \tag{6}$$

где $f(n)$ – значение оценки, назначенное узлу n, $g(n)$ – наименьшая стоимость прибытия в узел n из точки старта; $h(n)$ – эвристическое приближение стоимости маршрута до цели от узла (n).

Таким образом, данный метод совмещает в себе подсчет длины предшествующей дороги из алгоритма Дейкстры и эвристики метода «лучший – первый». Отражение работы данного метода показано на рис.5.

Поскольку определенные участки можно обрабатывать вторично (с целью нахождения наилучших маршрутов, чтобы возвращаться к ним позже), для того чтобы их отслеживать следует внедрить новый список Closed.

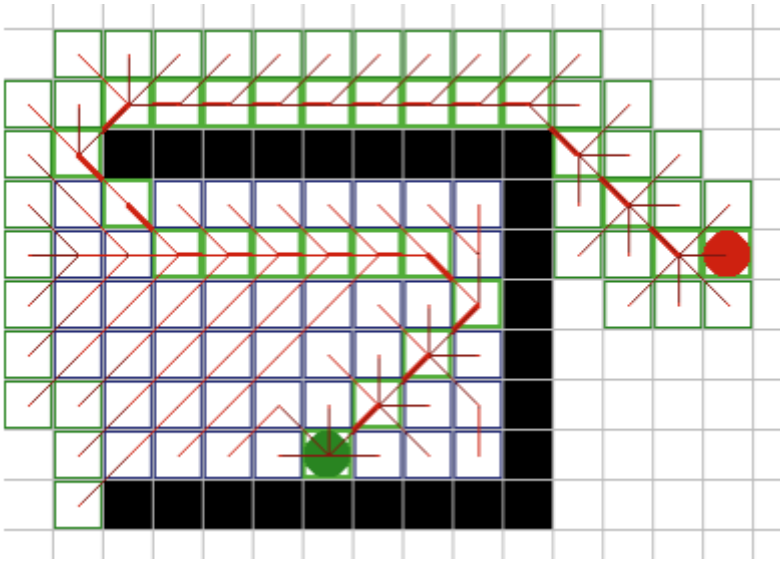


Рис. 4. Результат работы алгоритма «лучший – первый»

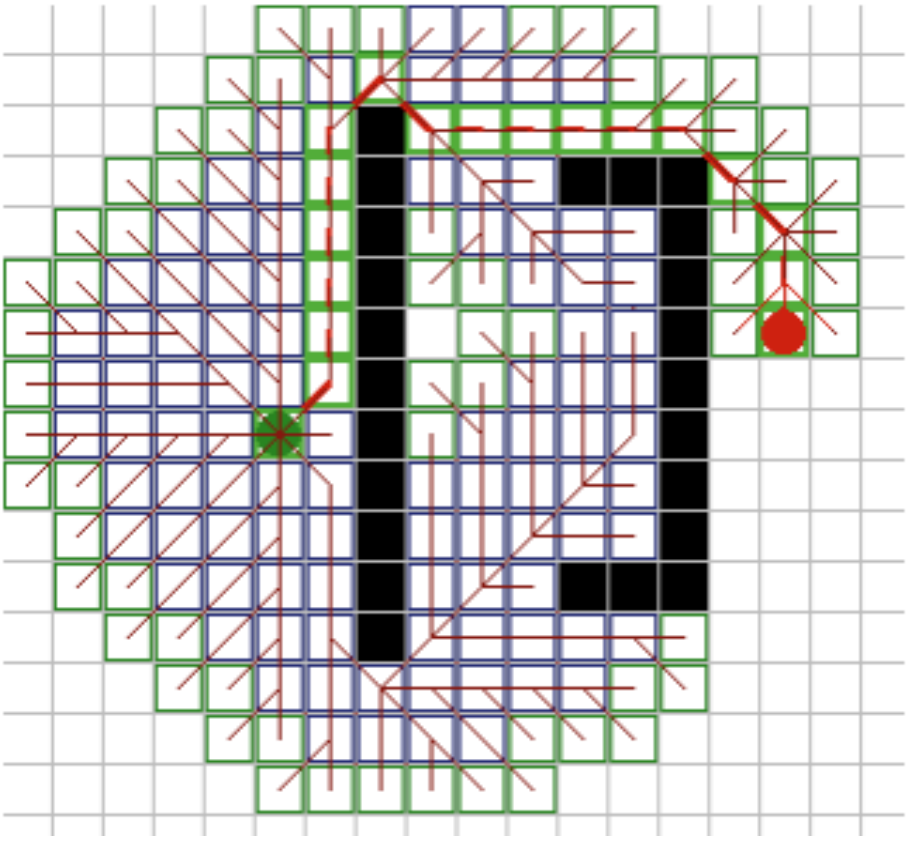


Рис. 5. Пример работы алгоритма A*

Однако данный алгоритм имеет некоторые ограничения. Есть условия, при которых метод A* не может качественно выполнять работу.

Основными причинами проблем в работе данного алгоритма являются поставленные условия в реальном масштабе времени, а также ограничение по памяти и процессорному времени. Также проблемой может стать очень большая карта, так как она может требовать огромное количество ячеек в списках Open и Closed, то есть фактически, роботу может не хватить памяти, для того чтобы «запомнить» всю карту целиком.

Но даже в той ситуации, если памяти будет достаточно, данный метод может оказаться неэффективен при работе с этими списками. Качество деятельности метода находится в зависимости от качества эвристического приближения $h(n)$. В случаях, когда $h(n)$ близок к настоящей стоимости остального маршрута, тогда результативность будет достаточно хорошей, иначе, в случае, если $h(n)$ окажется довольно маленьким, тогда производительность снизится. Стоит отметить сходство между алгоритмами Дейкстры и A*. Первый – это алгоритм с функцией $h(n)$ равной нулю для каждого узла. Данное условие допустимо, но скорость поиска маршрута снижается в разы.

Библиографический список

1. Евстигнеев М.И., Гао Л., Лазаревич А.А., Мазулина В.В., Мищенко Г.М., Фролов С.Н., Литвинов Ю.В. Организация движения мобильного робота в заданную точку с учетом препятствий / Материалы X МНПК «Наука и технологии: шаг в будущее –2014». 2014. Т. 34. С. 40- 45.

2. Мазулина В.В., Евстигнеев М.И., Литвинов Ю.В., Сусский И.А. Управление движением мобильного робота с использованием системы технического зрения // Отечественная наука в эпоху изменений: постулаты прошлого и теории нового времени. 2014. Т. 4. № 4. С. 36 – 38.

3. Мищенко Г.М., Евстигнеев М.И., Лазаревич А.А., Гао Л., Литвинов Ю.В. Управление мобильным роботом на траектории с препятствием // Современные тенденции в образовании и науке. .2013. Т. 16. С. 38-40.

4. Пшихопов, В.Х. Позиционно-траекторное управление подвижными объектами. Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2009. 183 с.

5. Топчиев, Б.В. Синергетическое управление мобильными роботами // Нелинейный мир. Т. 2. 2004. №4. С. 239-249.

6. Современная прикладная теория управления. Синергетический подход в теории управления. Ч. 2. / Под ред. А.А. Колесникова. Таганрог: ТРТУ, 2000. 122 с.

7. Бойчук JI.M. Метод структурного синтеза нелинейных систем автоматического управления. М.: Энергия, 1971. 112 с.

8. Бойчук JI.M. Синтез координирующих систем автоматического управления. М.: Энергоатомиздат, 1991. 211 с.

9. Бойчук JI.M. Структурный синтез автоматических многоуровневых систем функционального управления динамическими объектами. Киев: Изд-во института кибернетики АН УССР, 1974. 174 с.

10. Топчиев Б.В. Синергетический синтез нелинейных кинематических регуляторов мобильных роботов // Синергетика и проблемы теории управления / Под ред. А.А. Колесникова. М.: Физматлит, 2004. С. 324-334.

11. Бурдаков С.Ф., Мирошник И.В., Стельмаков Р.Э. Системы управления движением колесных роботов. СПб.: Наука, 2001. 227 с.

12. Пшихопов В.Х., Сиротенко М.Ю. Структурно-алгоритмическая реализация системы управления автономным мобильным роботом с нейросетевым пла-

нировщиком перемещений // Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». Таганрог: ТРТУ. 2004. №3. С. 185-191.

13. Lutsiv V. Hierarchical structural matching algorithms for registration of aerospace images / V. Lutsiv, I. Malyshev, A. Potapov // Proc. of SPIE. 2003.V. 5238. Pp. 164–175.

14. Hough, P. Machine Analysis of Bubble Chamber Pictures / P. Hough // Proc. Int. Conf. High Energy Accelerators and Instrumentation. – Geneva, Switzerland. September 14–19. 1959. Pp. 554–558.

15. Hegazy O.F. An Intelligent Robot Navigation System Based on Neuro-Fuzzy Control / O.F. Hegazy, A.A. Fahmy, O.M.E. Refaie // Lecture Notes inComputer Science. Vol. 3157. 2004. Pp. 1017-1018.

16. Guldner J. Tracking gradients of artificial potential fields with nonholonomic mobile robots / J. Guldner, V. I. Utkin, H. Hashimoto, F. Harashima // American Control Conferences. 1995. Pp. 2803 -2804.

17. Belongie S. Shape Matching and Object Recognition Using Shape Context / S. Belongie, J. Malik, J. Puzicha // IEEE Trans. on PAMI. 2002. V. 24. No. 24. Pp. 509–522.

18. Ling H., Jacobs W. Shape Classification Using the Inner-Distance / H. Ling // The IEEE Transactions on PAMI. USA. 2007. V. 29. No. 2. Pp.286– 299.

19. Yun X., Tan K-C. A Wall-Following Method for Escaping Local Minima in Potential Field Based Motion Planning / International Conference on Advanced Robotics. 1997. Pp. 421-426.

20. Deriche R. Optimal edge detection using recursive filtering / Proc. 1st Int. Conf. Computer. London, England. Vision. June 8-11. 1987. Pp. 501–505.

УДК 621.875.56

Д. Ю. Гоцуляк
студент кафедры электромеханики и робототехники
М. А. Волохов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОДНОЛЕБЕДОЧНОГО ПОРТАЛЬНОГО КРАНА

Основными элементами систем управления являются элементы электроники, которые производят обработку полученной информации с последующей выдачей управляющих воздействий на исполнительные органы или устройства, управляющие ими.

На данный момент времени в связи с интенсивным развитием цифровой техники практически все СУ реализуются с использованием специализированных микропроцессоров. Построение системы управления на микропроцессоре обусловлено необходимостью выполнения большого объема сложных вычислений в режиме реального времени для реализации современных сложных алгоритмов управления. Системы управления электроприводами с управляющими микропроцессорными средствами имеют следующие отличительные особенности от аналоговых систем: законы управления реализуются в виде алгоритмов, выполняемых с помощью аппаратных и программных средств, они имеют меньшую зависимость от воздействия температуры, высокую помехоустойчивость, а также высокую точность.

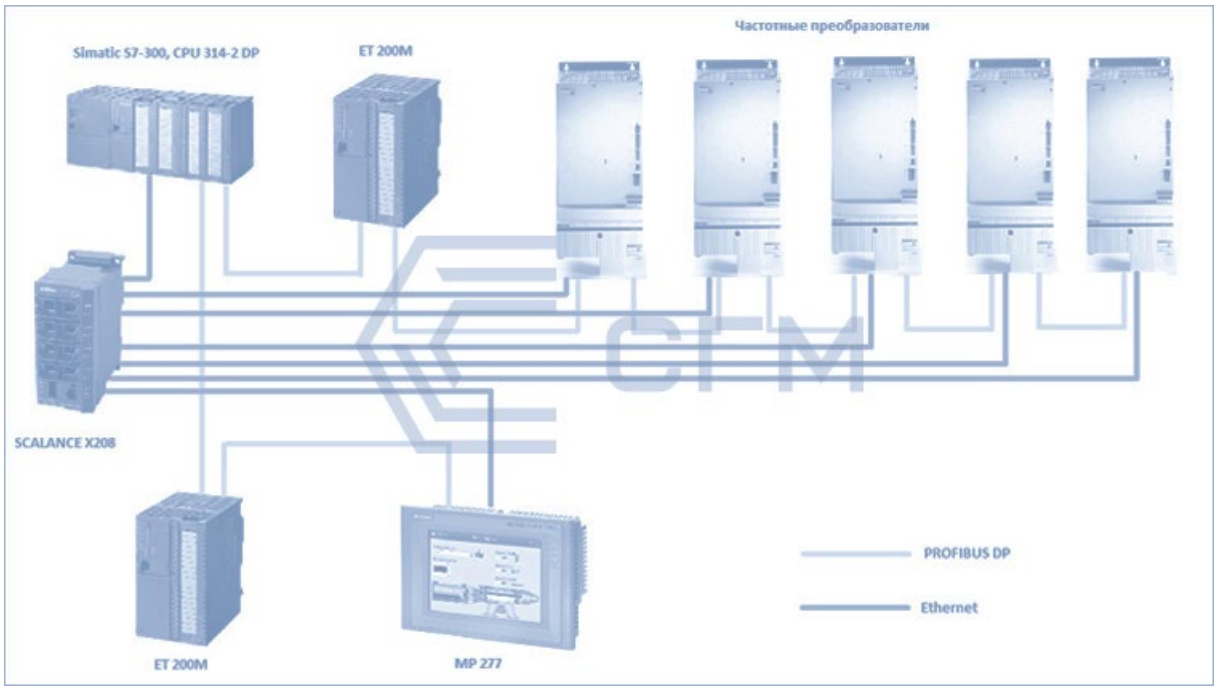
Реализованные системы управления обеспечивают безопасную плавную работу всех крановых механизмов, в результате чего исключаются ударные нагрузки на редукторы и металлоконструкцию кранов, уменьшается степень их износа с течением времени, а также повышается точность управления краном и существенно сокращается нагрузка на энергетическую сеть предприятия. Наличие встроенных в частотные преобразователи фильтров обеспечивает нормативный уровень электрических помех и гармонических составляющих напряжения питающей сети. Частотные преобразователи хорошо сопрягаются с джойстиками с аналоговым выходным сигналом, что позволяет организовать эффективный человеко-машинный интерфейс — эргономичный и комфортный для оператора пульт управления

Преобразователь частоты подразумевает с собой электронное управление. В нашем случае под электронным управлением подразумевается программируемый логический контроллер. Обработка данных выполняет система ПЛК.

Модернизация крановых электроприводов зачастую обусловлена необходимостью выполнения требований, предъявляемых к современным кранам.

Основными целями модернизации являются:

– расширение диапазона регулирования скорости;
– повышение плавности переходных процессов;
– исключение быстроизнашивающейся релейно-контакторной аппаратуры;
– уменьшение потерь энергии;
– перевод крана на управление с пола с помощью подвесного пульта или по радиоканалу;
– необходимость сопряжения системы управления краном с системой управления верхнего уровня.



Функциональная схема типовой системы управления «СУ» краном

Основные требования, которые предъявляются к аппаратной части ПАК мониторинга и управления кранов:

– все аппараты с установленным программным обеспечением должны быть помещены в металлический электрошкаф соответствующего габарита, который обеспечивает, свободный доступ ко всем аппаратам внутри, а также свободную циркуляцию воздуха для своевременного отвода тепла.

– должна быть обеспечена защита от несанкционированного доступа неквалифицированного персонала, например, ключ или замок;

– металлический электрошкаф, помещается в электроаппаратное помещение крана с системой поддержания микроклимата, и крепится на стену в место, согласованное с заказчиком;

– работоспособность оборудования должна сохраняться в диапазоне температур от 0 до 50 градусов Цельсия при относительной влажности не более 90%;

– питание элементов ПАК осуществляется от источника переменного тока напряжением 220В (+-10%) и частотой 50 Гц;

– обеспечить наружный сетевой шнур длиной не менее двух метров с сетевым разъемом на конце для подключения к источнику питания;

– место присоединения электрошкафа к источнику питания на кране указывается Заказчиком;

– внутри электрошкафа располагается вся защитная электро-аппаратура, компьютер в металлическом корпусе, вычислительная мощность которого подбирается в процессе проектирования ПАК удаленного мониторинга кранов; GSM-модем, который обеспечивает выход в Интернет на максимально возможной для выбранного оборудования и оператора скорости (оптимальный тариф на услуги Интернета подбираются, исходя из региона и зоны покрытия сотовых операторов, и согласовывается с заказчиком на этапе проектирования); сервисная розетка, вентилятор охлаждения, термостат, выпускная решетка с фильтром, лампа сервисного освещения;

– предусмотреть интерфейс для подключения двух камер реального времени, установленных в кабине крановщика и на стреле крана;

– интерфейс для подключения к СУ краном (PROFIBUSDP, ETHERNET), который определяется на этапе проектирования системы;

– все необходимое аппаратное обеспечение для подключения ПАК к СУ краном подбирается, закупается и устанавливается Исполнителем.

– Основные требования, которые предъявляются к программному обеспечению ПАК мониторинга и управления кранов:

– программное обеспечение должно обеспечивать сбор данных по выбранному интерфейсу от СУ управления краном с необходимой периодичностью и достоверностью;

– предварительный объем данных, передаваемых СУ краном на ПАК согласовывается с заказчиком отдельно, в рамках ТЗ;

– необходимый объем данных может уточняться и меняться на стадии разработки программного обеспечения по обоюдному согласованию между Заказчиком и Исполнителем;

– программное обеспечение должно обеспечивать автоматическую архивацию данных на жестком диске компьютера при пропаже или неполадках в сотовой сети поставщика Интернета, для избегания утери данных о работе крана;

– предусмотреть получение, трансляцию и архивацию на жестком диске потокового видео с установленных на кране камер наблюдения;

– обеспечить надежную и бесперебойную работу программного обеспечения для исключения сбоев, зависаний и утери данных;

– обеспечить возможность удаленного управления работой крана из центрального офиса Заказчика;

– все необходимые изменения и дополнения программного обеспечения СУ краном выполняются представителями Заказчика по согласованию с Исполнителем.

Библиографический список

1. М. А. Волохов, В. Н. Левицкий Основы робототехники. Л.: ЛИАП, 1985. 63 с.

2. Капустин, Н. М. Автоматизация производственных процессов в машиностроении. М.: Высшая школа, 2004. 415 с.

3. Официальный сайт компании: https://profsector.com/media/catalogs/566c7b0888ff0.pdf (дата обращения: 12.03.2019).

УДК 621.875.56

Д. Ю. Гоцуляк
студент кафедры электромеханики и робототехники
М. А. Волохов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ РАБОТЫ ПОРТАЛЬНОГО КРАНА

Система видеонаблюдения за погрузо-разгрузочными работами портального крана.

Система видеонаблюдения за грузом с нескольких камер позволяет получать на экране монитора изображение как с каждой камеры в отдельности, так и одновременно со всех камер. Переключение между камерами и изображениями происходит при помощи меню монитора. Это позволяет оператору полностью контролировать происходящую вокруг ситуацию для предотвращения возможных происшествий. Также в системе могут использоваться камеры с изменяемым зумом для считывания различных маркировок или штрих-кодов (штрих-код считывается прямо с экрана при помощи Вашего собственного считывателя). Дополнительно в систему может быть добавлен видеорегистратор, позволяющий записывать 72 часа видео на сменный носитель (SD карту). Система может включать всевозможные конфигурации камер, мониторов и дополнительных устройств для решения любых задач. С помощью камер будет видно так называемые «мертвые зоны».

Показателем для оценки состояния автоматизации подъемно-транспортных работ на каком-либо погрузочно-разгрузочном участке, складе, станции, железной дороге, на предприятии является уровень автоматизации.

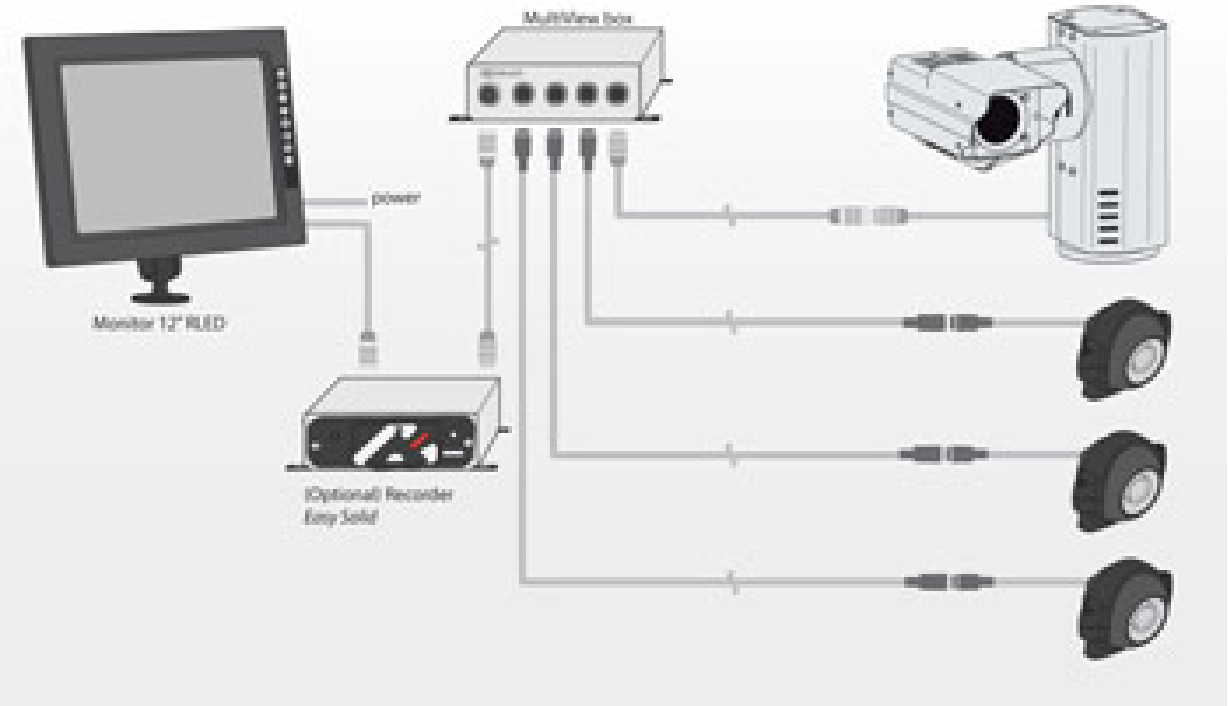


Рис. 1

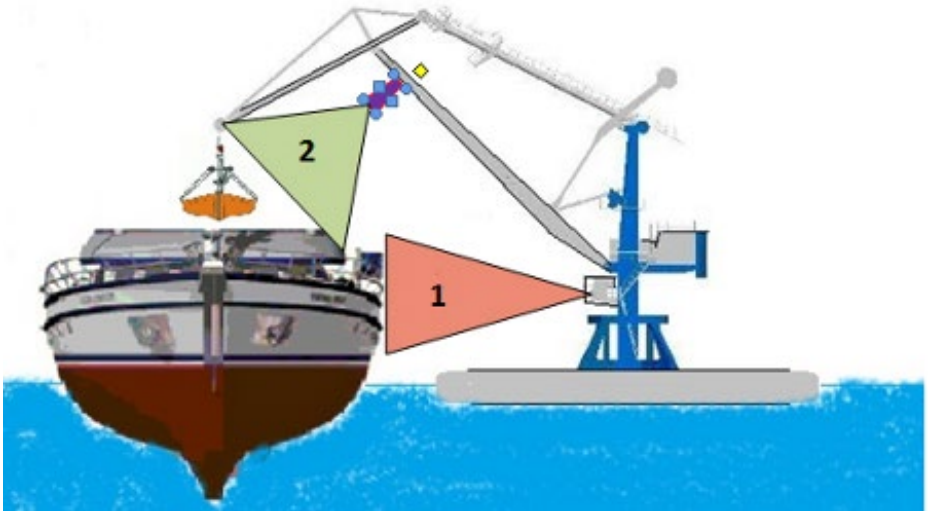


Рис. 2. 1 – сектор непосредственного обзора оператора крана; он не дает возможности 100% обзора всех деталей погрузки объекта – например, моменты проноса и опускания в трюм объекта погрузки (для иллюстрации используются погрузочные работы специальным плавучим погрузчиком); 2 – сектор просмотра «мертвой зоны» при помощи дополнительной камеры; сектор недоступен для непосредственного наблюдения из кабины крановщика;

Камеры защищены от пыли, дождя, снега и солнечного света по классам IP66 и NEMA 4X. Кроме того, они дополнительно защищены от ударов и актов вандализма по классу IK10. Встроенный детектор ударов с настраиваемой чувствительностью отправляет тревожные сигналы при попытке вандализма.

Оценка движения с помощью датчиков

Очень часто робот оценивает свое движение путем мониторинга собственных датчиков. Это может быть, например напряжение электродвигателя и колесные датчики. Эта информация называется *одометрией*.

Пройденное расстояние пропорционально напряжению и времени (используя знания электричества и геометрии), но также может быть получена в результате *калибровки*.

Калибровка включает экспериментальное перемещение робота и сравнение фактического значения пройденного расстояния, со значением, полученным в результате теоретической оценки. Отношение фактического к теоретическому значениям и является коэффициентом калибровки.

Если при повторных испытаниях будет наблюдаться расхождения в полученных значениях, мы можем повысить точность путем изменения значения констант в наших выражений (таких как K), а затем повторить процесс.

Энкодеры дают большую точность измерения числа оборотов колес. Информация с энкодера может быть преобразована в линейное расстояние умножением на постоянный радиус колеса. Но все же, как правило, для большей точности, все равно проводится калибровка.

Библиографический список

1. М. А. Волохов, В. Н. Левицкий Основы робототехники. Л.: ЛИАП, 1985. 63 с.

2. Капустин, Н. М. Автоматизация производственных процессов в машиностроении. М.: Высшая школа, 2004. 415 с.

3. Официальный сайт компании. URL: http://byterg.ru/solutions-new/specialized-vehicles/cranes/ (дата обращения: 12.03.2019).

4. Официальный сайт компании. URL: http://sgm1.ru/portalnyj-kran/ (дата обращения: 12.03.2019).

УДК 62-83.681.513.3

А. В. Григорьев
магистрант кафедры электромеханики и робототехники
А. А. Мартынов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Преобразователи частоты (ПЧ) преобразуют электрическую энергию переменного тока одной частоты в электрическую энергию переменного тока другой частоты [1]. Причем выходная частота преобразователя может быть регулируемой или стабилизированной. Преобразователи с регулируемой выходной частотой применяются в электроприводах переменного тока, которые находят широкое применение во многих отраслях промышленности. Частота выходного напряжения ПЧ может регулироваться от 1 Гц до десятков и сотен герц.

Частотное управление электродвигателем до недавнего времени было большой проблемой, хотя теория частотного регулирования двигателей переменного тока была разработана еще в тридцатых годах прошлого века. В 1925 году будущий академик Костенко М.П. сформулировал основной закон частотного управления асинхронного двигателя. Развитие частотно-регулируемого электропривода сдерживалось отсутствием элементной полупроводниковой базы, необходимой для создания высокоэффективного и надежного электропривода. Появление транзисторов типа IGBT и запираемых тиристоров, а также успехи в разработке высокопроизводительных микропроцессорных систем управления позволило решить эту проблему и создать современные частотно управляемые электроприводы с доступной для промышленного применения стоимостью.

К преобразователям частоты, предназначенным для частотного управления электроприводами, предъявляются следующие основные требования:

– независимое регулирование величины и частоты выходного напряжения;
– возможность двухстороннего обмена энергией между нагрузкой и питающей сетью;
– устойчивость протекания динамических режимов частотного управления электропривода;
– быстродействующая защита и эффективная диагностика;
– достаточно высокий коэффициент полезного действия;
– высокая симметрия фазных напряжений и токов;
– отсутствие постоянных составляющих и субгармоник в преобразованных напряжениях и токах;
– минимальные искажения напряжения питающей сети, низкий уровень радиопомех и шума.

Частотно управляемый электропривод с полупроводниковым преобразователем частоты характеризуется плавностью и большим диапазоном регулирования скорости вращения двигателя, отсутствием перегрузок по току при пуске, хорошо встраивается в автоматизированные системы управления технологическими процессами. Реверс направления вращения осуществляется без каких-либо механических переключений [2]. Бесспорным достоинством является также возможность осуществления рекуперативного торможения двигателя с возвратом электрической энергии в питающую сеть, что позволяет повысить эффективность работы электропривода в целом. Перечислим основные области применения частотно управляемых электроприводов. Это автоматизация грузоподъемных операций с помощью подъемных кранов; обеспечение электродвижения наземного

и морского транспорта; автоматизация производственных процессов в различных отраслях народного хозяйства, начиная от текстильной промышленности и кончая медициной. По принципу работы преобразователи частоты разделяются на преобразователи частоты со звеном постоянного тока и преобразователи частоты без звена постоянного тока (или преобразователи частоты с непосредственной связью цепей нагрузки и питающей сети). Можно отметить, что преобразователи частоты со звеном постоянного тока имеют несколько каскадов преобразования электрической энергии, что влечет за собой увеличение потерь мощности и снижение КПД. Преобразователи частоты без звена постоянного тока имеют только один каскад преобразования электрической энергии, поэтому их КПД выше, чем у преобразователей частоты со звеном постоянного тока.

Преобразователи частоты со звеном постоянного тока имеют в своем составе выпрямитель и инвертор. Выпрямитель преобразует электрическую энергию переменного тока в электрическую энергию постоянного тока, а инвертор преобразует электрическую энергию постоянного тока в электрическую энергию переменного тока. Очевидным достоинством ПЧ со звеном постоянного тока является независимость частоты выходного напряжения на выходе ПЧ от частоты питающей сети. ПЧ со звеном постоянного тока могут выполняться по схеме с инвертором напряжения (рис. 1) и с инвертором тока (рис. 2). Регулирование частоты выходного напряжения ПЧ осуществляется путем изменения частоты переключения полупроводниковых ключей (транзисторов или полностью управляемых тиристоров) автономного инвертора. Величина выходного напряжения в этих схемах может регулироваться путем регулирования величины выходного напряжения управляемого выпрямителя (этот способ называется амплитудным способом).

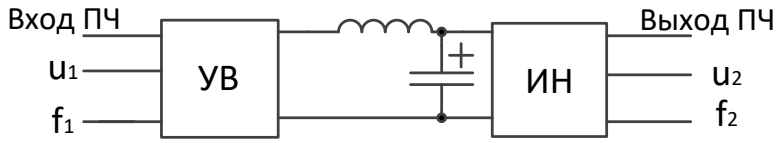


Рис.1. ПЧ с управляемым выпрямителем и инвертором напряжения

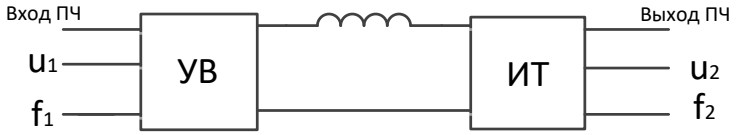


Рис. 2. ПЧ с управляемым выпрямителем и инвертором тока

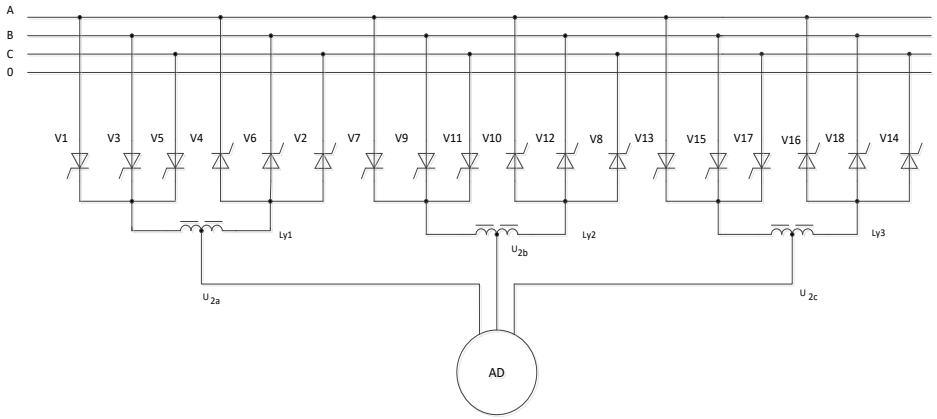


Рис. 3. Преобразователь частоты с непосредственной связью и естественной коммутацией вентилей

В преобразователях частоты без звена постоянного тока электрическая энергия, потребляемая преобразователем из сети переменного тока, преобразуется в электрическую энергию переменного тока другой частоты, отличной от частоты питающей сети, без какого – либо промежуточного преобразования электрической энергии [3].

На рис. 3 приведена схема преобразователя частоты с непосредственной связью и естественной коммутацией вентилей (ПЧНЕ) с трехфазным выходом.

В заключение следует указать, что практическое применение находят оба типа преобразователей частоты. Выбор того или иного типа преобразователя частоты производится с учетом требований технического задания на проектирование электрического привода.

Библиографический список

1. Преобразователи частоты: описание и применение. URL: https://ies-drives.ru/preobrazovatel-chastoty.php (дата обращения: 20.12.2018).

2. Преобразователи частоты: описание и применение. URL: https://ies-drives.ru/preobrazovatel-chastoty.php (дата обращения: 20.12.2018).

3. Москаленко В.В. Электрический привод. М.: Мастерство: Высшая школа, 2000.

УДК 621.311

Г. К. Григорьев
студент кафедры электромеханики и робототехники
О. Я. Солёная – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В условиях высоких темпов производства, серьезных требований к качеству изделий и их точности особое место отводится контролю продукции: он должен отвечать показателям чувствительности и быстроты, но в то же время быть достаточно дешевым в использовании. Химические методы анализа далеко не всегда отвечают упомянутым выше требованиям. Поэтому все более широкое применение обретают физические и физикохимические методы определения состава, среди которых одно из главных мест занимает спектральный анализ.

Долгое время спектральные представления применялись и развивались лишь сравнительно узким кругом физиков-теоретиков. Но, начиная с двадцатых годов, в связи с бурным развитием радиотехники, акустики и отраслевой техники спектральные представления необычайно широко распространились [1]. Метод оптического спектрального анализа характеризуется простотой и универсальностью. Он не требует сложной подготовки проб к анализу и больших объемов исследуемых веществ (достаточно 10–30 мг), и в то же время позволяет определить с высокой точностью любые элементы как в твердом, так и в жидком, газообразном агрегатном состоянии. Также при исследовании сложной пробы с включениями нескольких химических элементов можно качественно и количественно оценить эти включения.

В основе рассматриваемого метода лежит физическое явление: атомы каждого химического элемента имеют строго определённые резонансные частоты, в результате чего именно на этих частотах они излучают или поглощают свет. Таким образом, спектр каждого химического элемента отличается от спектра всех других [2]. Излучение источника света складывается из излучения атомов всех элементов, входящих в состав исследуемого объекта, и в процессе анализа выделяется излучение каждого элемента. Для регистрации электромагнитного спектра используется спектральный прибор – спектрограф (рис. 1). Приемниками излучения могут быть разнообразные –фотоприемники, фотоматериалы, электронно-оптические преобразователи [3].



Рис. 1. Спектрограф SLO100M

Методы спектрального анализа делятся на эмиссионные (эмиссия – испускание) и абсорбционные (абсорбция – поглощение).

При эмиссионном спектральном анализе веществу передается дополнительная энергия, чтобы оно излучало. Атомы и молекулы анализируемого вещества переходят в возбужденное состояние. При возвращении в обычное состояние они отдают избыточную энергию в виде света. Для анализа нужно выделить излучение каждого элемента, что осуществляется с помощью оптических приборов – спектральных аппаратов, в которых световые лучи с разными длинами волн отделяются в пространстве друг от друга. Характер света, излучаемого твердыми телами или жидкостями, обычно очень мало зависит от химического состава и поэтому его нельзя использовать для анализа. Совсем другой характер имеет излучение газов. Оно определяется составом анализируемой пробы. В связи с этим при эмиссионном анализе перед возбуждением вещества его необходимо испарить. Высокая температура (тысячи и десятки тысяч градусов) в источниках света приводит к распаду молекул большинства веществ на атомы. Поэтому эмиссионные методы служат, как правило, для атомного анализа и очень редко для молекулярного.

Абсорбционный анализ похож на уже рассмотренный метод анализа и отличается только в начальной части. Источником света служит нагретое твердое тело или другой источник сплошного излучения, т.е. излучения с любой длиной волны. Анализируемую пробу помещают между источником света и спектральным аппаратом. Спектр вещества составляют те длины волн, интенсивность которых уменьшилась при прохождении сплошного света через это исследуемое вещество.

После обработки сведений, полученных при помощи специальных приборов, можно наблюдать изображение спектра (спектрограмму), по которой устанавливают принадлежность исследуемых образцов к определенным элементам или соединениям. Анализ полученных показаний и определение веществ может осуществляться как вручную при помощи таблиц и атласов, так и автоматически при наличии соответствующего программного обеспечения [4].

Особое место в развитии промышленности уделяется качеству продукции. Поэтому спектральный анализ находит себе применение практически во всех видах промышленности: пищевой и легкой, химической и нефтехимической, при производстве строительных материалов, а также в металлообработке и машиностроении.

В металлообрабатывающей промышленности особенно важна быстрота и точность при анализе заготовок и сплавов, чтобы избежать брака в готовых изделиях и непроизводительного труда. Для подобного контроля и используется метод спектрального анализа. Для оценки образца между ним и стандартным электродом создается электрическая дуга. Стандартный электрод делается из того металла, который составляет основу сплава. Так, при контроле стали он берется из железа, при контроле латуни – из меди. Это делается для того, чтобы спектр стандартного электрода не вносил в спектр испытуемого образца никаких новых линий и не искажал его.

В электрической дуге образуются раскаленные пары сплава и стандартного электрода. Пары излучают спектр, который рассматривается в спектроскоп, специально приспособленный для исследования нужных участков спектра. Процентное содержание этих частей определяется по яркости линий. Чем выше в сплаве доля атомов данного элемента, тем ярче будут спектральные линии этого элемента [5].

В пищевой промышленности широко применяются методы эмиссии и абсорбции. Для определения количественного содержания различных металлов

и возможных иных включений наиболее подходящим методом анализа является абсорбционная спектроскопия. Метод эмиссионного спектрального анализа применяется, в основном, для исследования элементов неорганического происхождения в продуктах питания. Серьезным преимуществом данного метода является возможность анализа практически любых веществ независимо от их агрегатного состояния, что позволяет проводить исследования на любой стадии производства продуктов питания [6].

Также спектральные анализаторы применяются в различных датчиках, обеспечивающих безопасность производства и поддержания заданных условий среды.

Благодаря особенностям спектрального анализа (высокой точности и возможности избирательно исследовать элементы сложного соединения) можно с помощью одной и той же принципиальной схемы, на одних и тех же приборах анализировать самые различные вещества, выбирая в каждом отдельном случае только наиболее благоприятные условия для получения максимальной скорости, чувствительности и точности анализа. Поэтому спектральный анализ столь востребован на производстве и справедливо было бы ожидать расширение сфер его применения.

Библиографический список

1. Харкевич А.А. Спектры и анализ. Изд.5-е. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2009. 240 с.

2. Петрянов И.В., Маркушевич А.И., Артоболевский И.И. и др. Детская энциклопедия. М.: Педагогика, 1973. 543 с.

3. Сайт кампании Ostec Corporate Group. URL: http://www.ostec-instruments.com/products/optical-components-ocos/spectrograph-slo100/ (дата обращения: 19.03.2019).

4. Studme.org «Методы спектрального анализа. Эмиссионный и абсорбционный методы». URL: https://studme.org/1685030328693/bzhd/metody_spektralnogo_analiza_ emissionnyy_absorbtsionnyy_metody (дата обращения: 18.03.2019).

5. Wikireading.ru «Экспресс-контроль металлических сплавов». URL: https://fis.wikireading.ru/
1660 (дата обращения: 18.03.2019).

6. EcoView «Спектральный анализ в пищевой промышленности» URL: https://ecoview.ru/chasto_zadavaemye_voprosy/spektralnyj_analiz_v_pishchevoj_promyshlennosti/ (дата обращения: 19.03.2019).

УДК 621.865

В.А. Давыдов
студент кафедры механики, мехатроники и робототехники
П.А. Безмен – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель
Юго-Западный государственный университет, г. Курск

ЭРГОНОМИКА ПРОМЫШЛЕННОГО ЭКЗОСКЕЛЕТА НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ

В настоящее время на предприятиях все чаще поднимается вопрос об оснащении рабочего персонала экзоскелетами, которые позволят снизить физические нагрузки на человека при выполнении различных работ [1-2].

В связи с востребованностью таких аппаратов, ставятся задачи по их разработке. Немаловажным качеством, которым должен обладать экзоскелет, это эргономика, которая должна позволить человеку, чувствовать себя комфортно во время работы. Если экзоскелет будет неудобным, то работник не будет ощущать помощи от него.

На рис. 1 представлена модель промышленного экзоскелета, помогающего поднимать тяжести, система креплений которого должна позволить человеку, использующему данный аппарат, полностью подстроить экзоскелет под себя.



Рис. 1. Модель промышленного экзоскетета

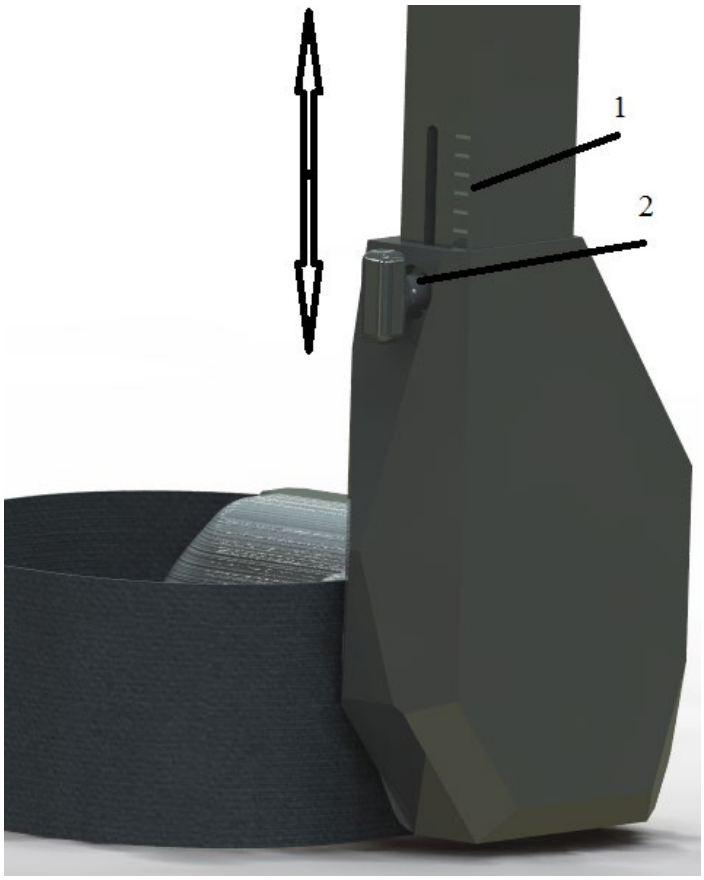


Рис. 2 а. Регулировка длины бедра экзоскелета

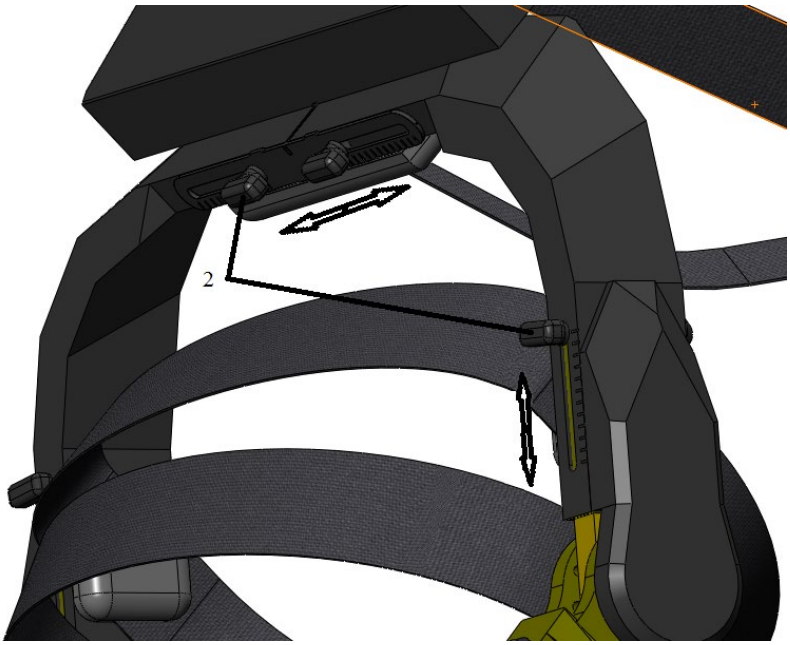


Рис. 2 б. Регулировка ширины экзоскелета
и глубины посадки человека в экзоскелет:1 – шкала-линейка;
2 – рукояти поджимных винтов

Данный экзоскелет является активным с электрическим приводом, который помещен вместе с электроникой в корпус на спине экзоскелета и посредством тросовой передачи передает вращение в саггитальной плоскости [3-4] на двухкоординатный тазобедренный шарнир [5].

Подстройка экзоскелета происходит посредством изменения вылета некоторых его звеньев, таким образом, человек может осуществить регулировку экзоскелета под себя, на рис. 2а и рис. 2б представлен способ реализации данной регулировки.

Задача позиционирования экзоскелета относительно человека решается при помощи ремней установленных на данный аппарат, предложенная компоновка позволяет человеку чувствовать себя комфортно и не скованно, давая человеку совершать требуемый диапазон движений, но не позволяя ему принимать травмоопасные позы.

Заключение

Разработана эргономика промышленного экзоскелета, которая позволит человеку, использующему экзоскелет, выполнять поставленные задачи, уменьшив физические нагрузки на свой организм, при этом не испытывая дискомфорт при эксплуатации данного устройства.

Библиографический список

1. Экзоскелеты: новый день заводского производства URL: http://robotrends.ru/pub/1832/ekzoskelety-novyy-den-zavodskogo-proizvodstva (дата обращения: 12.03.2019).

2. Экзоскелеты: анализ конструкций, принципы создания, основы моделирование / С.Ф. Яцун, С.И. Савин, О.В. Емельянова, А.С. Яцун, Р.Н. Турлапов. – Курск: Университетская книга, 2015. – С. 179

3. Анатомия движения. URL: http://a-mov.ru/papers/koroljov-osi-i-ploskosti.html (дата обращения: 12.03.2019).

4. Яцун С.Ф., Павловский В.Е., Лушников Б.В. Экзоскелеты: анализ конструкций, принципы создания, основы моделирование. Курск, 2014. С. 149.

5. *Крейтер С. В., Нестеров А.Р., Данилевский В.В.* Основы конструирования и агрегатирования. М.: Издательство стандартов, 1983. 224 с.

УДК 608.2

К. В. Дементьев
ученик 10 класса ГБОУ СОШ №210
А. Ю. Маркелов – научный руководитель

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРХПРОВОДНИКОВ, УСТРОЙСТВ НА ИХ ОСНОВЕ И КРИОГЕННОЙ ТЕХНИКИ В ЭЛЕКТРОМЕХАНИКЕ, ЭНЕРГЕТИКЕ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ

Сверхпроводник – это вещество, способное скачкообразно приобретать сопротивление ниже, чем 10^{-12} Ом [1], при охлаждении до определенной критической температуры ($T_к$). При рассмотрении некоторых физических процессов можно пренебречь столь малой величиной, поэтому часто сопротивление подобных материалов (при температуре меньшей, чем $T_к$) считают равным нулю. Помимо резкого падения сопротивления при переходе в сверхпроводящее состояние в материале наблюдается полное (для сверхпроводников I рода) или частичное (для сверхпроводников II рода) выталкивание любого магнитного поля (рис. 1) из объема тела (так называемый эффект Мейснера) [2].

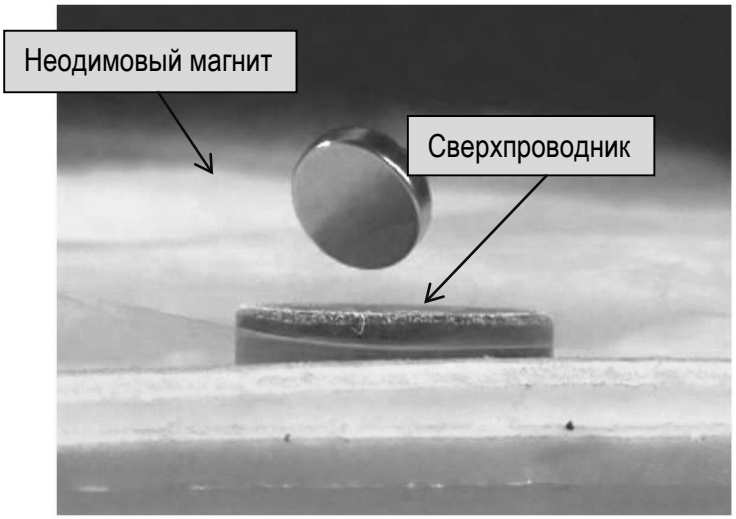


Рис. 1. Левитация магнита над сверхпроводником за счет эффекта Мейснера

Впервые явление сверхпроводимости («сверхэлектропроводности») наблюдалось голландским физиком Камерлинг-Онессом в 1911 г. при охлаждении ртути жидким гелием [1].

В наши дни сверхпроводники нашли широкое применение в лабораториях, промышленных и экспериментальных установках [6]. Так, в адронном коллайдере работают сотни сверхпроводниковых магнитов [9], во многих странах (в том числе и в России) разрабатываются концепты рельсового транспорта – маглева [2] (рис.2) (а в некоторых странах – проходят финальные стадии испытаний или уже перевозят пассажиров), различных приводов и генераторов с двигательной системой на основе сверхпроводниковых пластин [6].

На примерах, приведенных выше, видно, что явление сверхпроводимости уже внедряется в некоторых отраслях науки и промышленности, но пока только в качестве технологического эксперимента.

Таким образом, цель моего исследования – предложить бытовые сферы применения сверхпроводников. Основной задачей станет усовершенствование

конструкции интроцикла (рис. 3) с целью повышения КПД двигательной установки, устранения её основных недостатков и решения проблемы экологической безопасности данной модификации устройства.



Рис. 2 Маглев



Рис. 3 Интроцикл (фото 1931 года)

Одной из возможных бытовых сфер применения сверхпроводимости в современном мире является транспорт. Как уже указывалось ранее, на сегодняшний день уже существуют экспериментальные модели поездов на магнитной подушке с использованием высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП). Принцип действия подвески маглева основывается на выталкивании магнитного поля из объема сверхпроводника (эффект Мейснера). В то же время еще с середины XIX века известно необычное устройство для передвижения под названием интроцикл. Для него характерно наличие единственного колеса, внутри которого находится сам пилот. Такая конструкция позволяет достичь невероятных показателей проходимости [3]. Однако ей свойственны следующие недостатки:

1) сложность крепления колеса к сидению пилота и приводу [3];

2) сложность эффективного управления поворотом устройства [3];

3) невозможность поворота на одном месте без продвижения вперед или назад, что сильно затрудняет маневры в условиях ограниченного пространства. Необходимо отметить, что данный недостаток присущ не только интроциклам: многие современные мотоциклы и автомобили так же не могут совершать подобных маневров без помощи специальной техники.

4) Сложность (а порой и невозможность) процесса торможения [3]. При блокировке колеса тормозом кресло пилота и мотор начинали вращаться вместе с подвижной частью аппарата, что приводило к сбоям в работе двигателей внутреннего сгорания и часто становилось причиной аварии.

Одним из способов устранения данных недостатков может являться гибридизация отдельных элементов двигательных систем интроцикла и маглева [7]. Давайте рассмотрим получившуюся конструкцию более подробно (рис. 4).

Она представляет собой интроцикл, в состоянии покоя (при отсутствии движения) состоящий из двух механически независимых (4) друг от друга частей: капсулы пилота (1) и внешнего колеса (6) (часть двигательной установки, которая является внешним колесом, на рисунке выделена серым цветом). Кольцо-сверхпроводник (2) охватывает аппарат по всему периметру и располагается в атмосфере жидкого охлаждающего газа (для ВТСП допустимо использование жидкого азота) вблизи обшивки корпуса капсулы пилота, под внутренней поверхностью колеса, под обшивкой которого закреплены постоянные магниты (3).

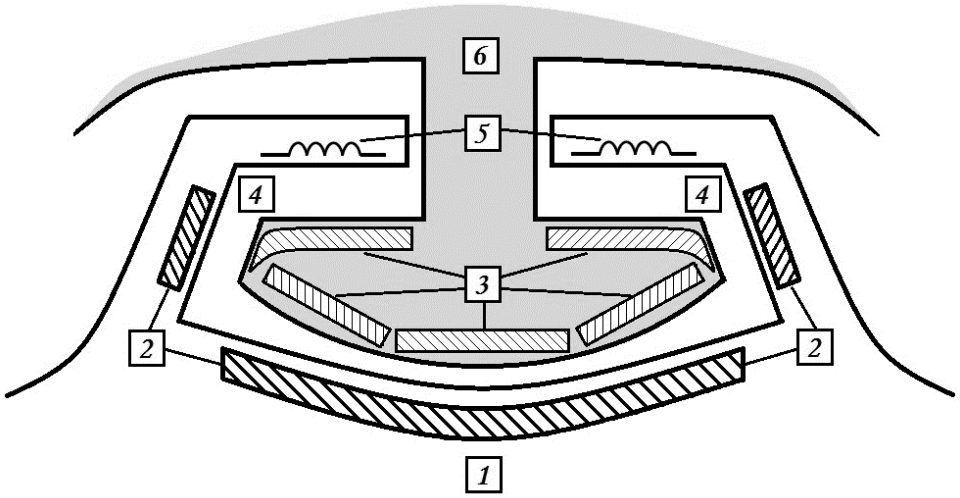


Рис. 4 Фрагмент двигательной системы усовершенствованного интроцикла

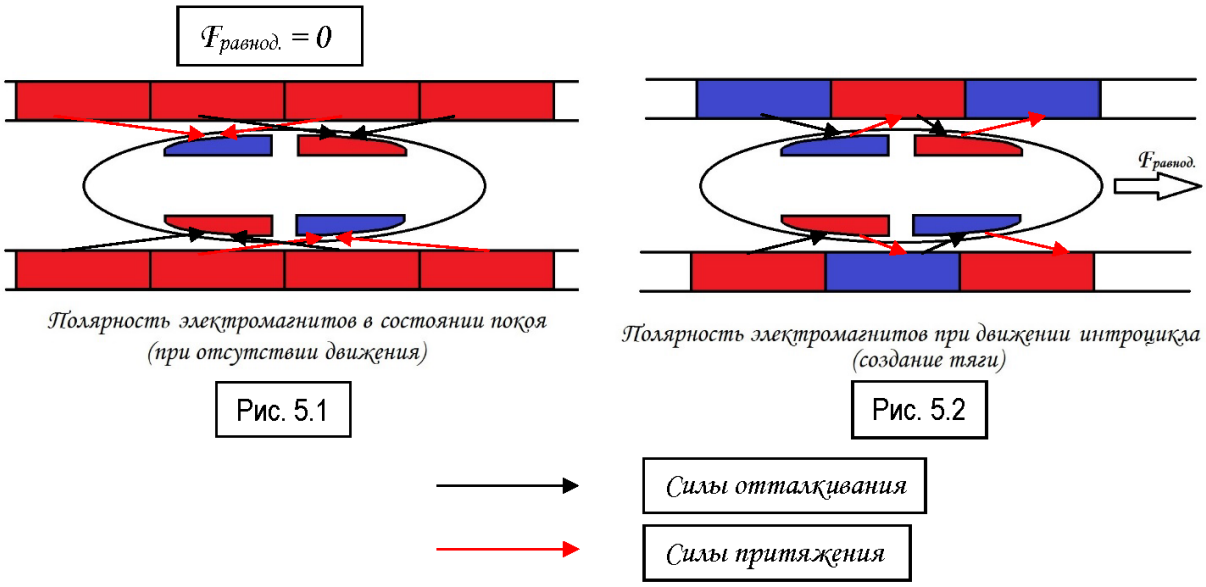


Рис. 5. Принцип работы двигательной установки
(участок двигательной установки в продольном разрезе)

Для эффективности взаимодействия магнитных полей со сверхпроводником, находящимися под слоем теплоизолирующих материалов и обшивкой корпуса, рекомендуется применение магнитов на основе редкоземельных металлов (например, неодимовых), так как они имеют оптимальные массогабаритные характеристики при возможности генерирования магнитных полей нужных параметров, не разрушающих сверхпроводимость, но достаточных для эффективной работы двигательной системы (удержания состояния «квантового замка» между колесом и капсулой пилота и поддержания оптимального расстояния между сверхпроводником и магнитом). Сверхпроводниковая пластина, взаимодействуя с магнитными полями постоянных магнитов, выталкивает первые из своего объема и, согласно III закону Ньютона, между частями двигательной установки (2 и 3) возникают силы, равные по модулю и имеющие противоположные вектора направления. При достаточной величине магнитных полей взаимодействие будет настолько сильным, что капсула пилота, отталкиваясь от них, будет левитировать внутри колеса без всякой механической поддержки (рис.1) при условии, что магниты одинаковы [2], [7]. При механическом воздействии извне, стремящемся

разъединить колесо и капсулу пилота, проявится закон «квантового замка» между магнитом и сверхпроводником, заключающийся в стремлении сверхпроводника вернуть всю систему в исходное положение, какое она имела при возникновении сверхпроводимости. Для наибольшей устойчивости системы помимо основного кольца-сверхпроводника возможно использование дополнительных пластин, расположенных параллельно плоскости интроцикла или основного кольца с загнутыми краями.

Электроника, находящаяся в капсуле пилота, управляет электромагнитами (5), взаимодействующими с другой группой редкоземельных магнитов (те, что на рис. изображены ближе к электромагнитам), так же расположенных под поверхностью обшивки колеса, но отвечающими за приведение аппарата в движение. Схема работы данной системы аналогична схеме работы «двигателя» маглева [7]. В состоянии покоя (отсутствия движения) все электромагниты имеют одинаковую полярность или вовсе выключены (рис. 5.1). При необходимости создания тяги электромагниты активируются в соответствии с рис. 5.2. При этом в результате взаимодействия электромагнитов и постоянных магнитов возникают силы (рис. 5, силы притяжения и отталкивания), равнодействующая которых и является силой тяги интроцикла. Если величина силы тяги достаточна для преодоления сопротивления со стороны сил трения о землю (и/или воздух), происходит вращение той части двигательной установки, которая имеет меньшую массу (из-за меньшей инертности). Для наибольшей эффективности работы подобной системы и повышения комфорта пассажиров масса капсулы пилота должна быть в 3 и более раз больше массы внешнего колеса, чтобы избежать раскачивания и/или прокручивания кабины во время старта и по ходу движения. Для этих же целей рекомендуется такое расположение агрегатов внутри корпуса капсулы пилота, при котором наиболее тяжелые элементы (емкости с охлаждающим газом, аккумуляторные батареи и т. п.) будут располагаться как можно ближе к земле, так как заниженный центр тяжести в интроцикле так же будет способствовать стабилизации положения кабины при резком старте/торможении и по ходу движения. При движении полярность электромагнитов изменяется в соответствии со скоростью вращения и необходимой величиной силы тяги, так, что каждый постоянный магнит колеса, относящийся к группе, отвечающей за вращение, в любой момент времени притягивается как минимум к одному электромагниту и отталкивается как минимум от одного электромагнита.

Подобное строение двигательной системы позволяет избежать лишнего трения между колесом и капсулой пилота, что значительно повышает КПД устройства. Кроме того, почти полностью исчезает посторонний шум двигателя, характерный для всех современных средств передвижения. Во время длительного простоя электромагниты не функционируют, сверхпроводник деактивируется, а капсула пилота «ложится» на специальные ролики, находящиеся на поверхности кабины (на рисунках не показаны), в состоянии движения или кратковременного простоя находящиеся в специальных пазах и не соприкасающиеся с движущимися частями аппарата, что позволяет сэкономить значительное количество энергии.

Поворот осуществляется за счет переноса центра тяжести интроцикла пилотом вдоль оси, перпендикулярной направлению вектора движения аппарата[3] (в сверхлегкой одноместной модификации корпуса), но возможно применение колеса, состоящего из двух независимых во вращении друг от друга частей[4]. Тогда схема поворота интроцикла аналогична повороту гусеничной техники (например, танка). Такое строение колеса позволяет осуществлять как поворот в движении (затормаживая или ускоряя одно из колес), так и разворот на месте, что весьма полезно при маневрах в условиях ограниченного пространства (например, на парковке или при плотном движении на дорогах).

Строение тормозов усовершенствованного интроцикла схоже со строением системы ABS (Anti-lock braking system, «прерывистое торможение с целью предотвращения блокировки колеса») современного автомобиля[5]. Торможение происходит при помощи двух (четырех/шести/восьми) тормозных колодок, зажимающих на короткий период специальный обод колеса. Эта операция происходит за считаные доли секунды, но повторяется очень часто на протяжении всего процесса торможения. Примечательно, что зажим обода осуществляется с постоянно изменяющейся частотой, что позволяет избежать резонансного раскачивания капсулы пилота или полной блокировки колеса. Кроме тормозных колодок, приводов, гидравлических элементов и электронной составляющей, система торможения имеет дополнительные кожухи и щетки для защиты механизмов от грязи и дополнительной очистки захватываемого обода колеса. Эти дополнения обеспечат наибольшую надежность работы тормозов, повысят срок их службы и предотвратят проскальзывание обода между колодками. При чрезвычайно сильном загрязнении или обледенении обода (например, при долгом простое в сложных климатических условиях) возможна очистка механизмов вручную сжатым газом или водой под давлением (в последнем случае возникает необходимость дополнительной просушки очищенных механизмов, т. к. при экстренном торможении вода на ободе и колодках может сработать как смазка). Сама система тормозов располагается над кабиной пилота и визуально является частью корпуса капсулы.

Таким образом, на основании изложенного выше, можно утверждать, что предложенное устройство интроцикла имеет ряд существенных преимуществ перед своими аналогами с бензиновым или электрическим двигателем:

1) относительная бесшумность двигательной системы (благодаря существенному уменьшению сил трения между колесом и капсулой пилота и минимизации количества внешних движущихся элементов конструкции);

2) решение проблем крепления кабины (капсулы пилота) к колесу, поворота и торможения;

3) повышение КПД установки за счет минимизации расходов энергии на силы сопротивления и трения внутри механизмов, рассеяние тепла и т. д.

В современных климатических условиях важным преимуществом является экологическая безопасность устройства. Благодаря особой конструкции двигательной системы усовершенствованный интроцикл является вполне безопасным для окружающей среды, так как использует один из следующих способов циркуляции охлаждающего газа:

1 способ. Охлаждение сверхпроводниковых пластин осуществляется открытым методом (с выбросом отработанного газа в атмосферу): пары охлаждающего газа при прохождении камеры со сверхпроводником нагреваются и расширяются, что заставляет их двигаться в направлении небольшой турбины электрогенератора. Поток газа повышенного давления вращает турбину (совершает полезную работу, которой будет достаточно, например, для получения электроэнергии для работы бортовых аварийных систем и приводов). После прохождения нескольких камер с турбинами охлажденный газ самотеком выбрасывается в окружающую среду через предохранительные клапаны. Очевидно, что такой способ экономически выгоден только для демонстрационных моделей интроциклов с большим временем простоя и крайне малым временем работы, так как требует для работы неоправданно большого количества охлаждающего газа. Несмотря на выброс отработанного газа во внешнюю среду, загрязнения атмосферы наблюдаться практически не будет (по сравнению с современными автомобилями), так как для охлаждения сверхпроводников в большинстве случаев используются такие газы, как азот или гелий, гораздо менее вредные, чем продукты сжигания нефтепродуктов.

2 способ. Охлаждение сверхпроводниковых пластин осуществляется при помощи метода закрытой циркуляции рабочего газа (в штатных условиях – без выброса отработанного газа в атмосферу). После охлаждения сверхпроводниковых пластин нагревшийся газ в виде паров откачивается из рабочей области и поступает в реконденсатор («ожижитель») [9], где снова охлаждается до своей первоначальной температуры, после чего вновь поступает в рабочую область. Такой способ циркуляции и охлаждения экономически оправдан только в случае частого использования интроцикла, так как реконденсатор для своей работы использует энергию встроенных бортовых аккумуляторов. Во избежание аварии и взрыва газа при его стихийном нагреве и расширении, система должна функционировать даже во время стоянки, а это повлечет за собой дополнительные энергетические и экономические расходы, которые окупятся только в том случае, если стоимость выполненной полезной работы будет больше стоимости энергии, затраченной во время простоя.

Благодаря предложенным методам циркуляции рабочего газа становится возможным получение практически безвредного для окружающей среды транспортного средства с минимальным количеством вредных выбросов в атмосферу и посторонних шумов.

Для предотвращения пагубного воздействия сильных магнитных полей на электронику и людей, необходимо частично покрыть слоем диамагнетика капсулы и механизмы крепления постоянных магнитов и сверхпроводников.

В заключение необходимо отметить, что подобная конструкция усовершенствованного интроцикла может применяться практически во всех сферах человеческой деятельности: от путешествий по другим планетам до семейных поездок и от исследовательских экспедиций до спасательных работ в условиях сложного рельефа или плохой погоды [3]. Герметизировав пространство 4 (рис. 4) и уменьшив массу установки, Пользователь сможет получить плавучую конструкцию с возможностью незначительного погружения и протектором колеса вместо гребного механизма. Это еще более расширяет возможности применения интроциклов, например, для исследования фарватера неглубоких водоемов.

Библиографический список

1. Мейсснер В. Сверхпроводимость// Успехи Физических Наук.1933. №5.
2. Эффект Мейсснера. URL: https://studfiles.net/preview/5992818/page:3/ (дата обращения: 12.03.2019).
3. Теплов В. Интрацикл // Юный техник. 1973. №3.
4. Чириков К. Давайте вместе придумывать невиданный вездеход! // Юный техник. 1974. №3.
5. Устройство и принцип работы системы ABS. URL: https://techautoport.ru/hodovaya-chast/tormoznaya-sistema/sistema-abs.html (дата обращения: 12.03.2019).
6. *Красноперов Е. П.* У истоков технической сверхпроводимости // Успехи физических наук. 2013. №2.
7. JR – Maglev. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/JR-Maglev (дата обращения: 12.03.2019).
8. The Large Hadron Collider. URL: https://home.cern/science/accelerators/large-hadron-collider (дата обращения: 12.03.2019).
9. Гелиевые ожижители, реконденсаторы паров жидкого гелия, системы сбора и очистки гелия. URL: http://www.cryotrade.ru/heplants.html (дата обращения: 12.03.2019).

УДК 621.875

В. А. Дмитриев
студент кафедры механики, мехатроники и робототехники
А. С. Яцун – кандидат технических наук – научный руководитель
Юго-Западный государственный университет, г. Курск

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ЭКЗОСКЕЛЕТОМ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ УПРАЖНЕНИЙ

На сегодняшний день тематика создания аппарата, позволяющего парализованным людям ходить, получила широкую популярность и несколько крупных компаний уже поставляют на рынок свои изделия. Большая часть таких устройств направлена на реализацию возможности ходить для людей с нарушением опорно-двигательного аппарата.

Проведя анализ экзоскелетов, как представленных на сегодняшний день на рынке, так и еще имеющих статус прототипа, была выявлена особенность, характерная для многих из этих аппаратов. Решая проблему прямохождения, разработчики не вносят в свои изделия возможность отработки простых, но очень важных для пациента движений, таких как вращательные движения стопой или плавные поочередные подъемы ног.

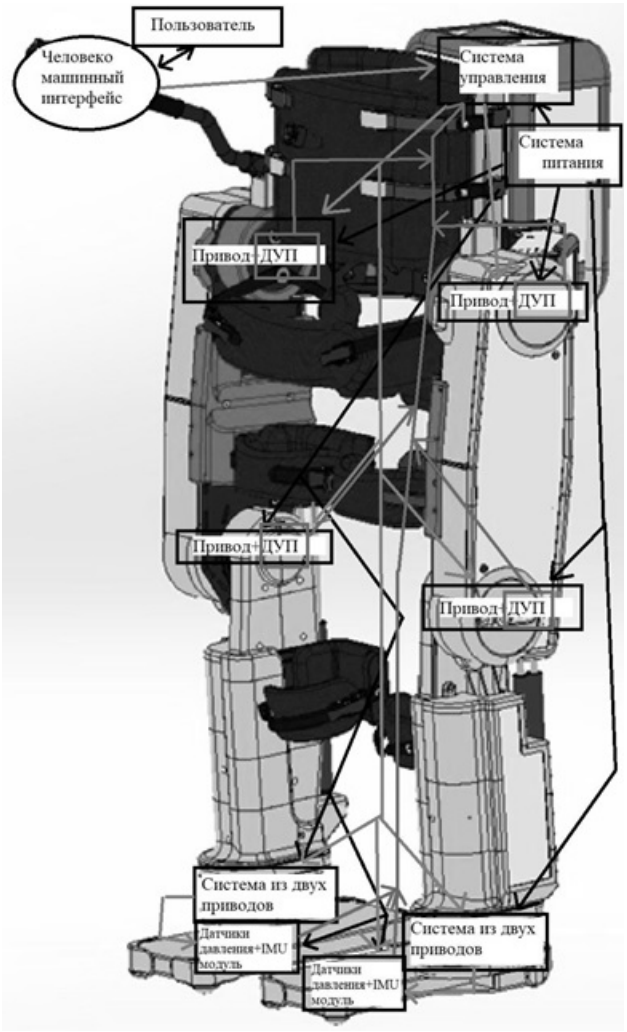


Рис. 1. Функциональная схема экзоскелета

Экзоскелет ExoLite (рис. 1), разработанный в Юго-Западном государственном университете, обладает такими возможностями. Для того чтобы наиболее точно понять процесс управления реабилитационными движениями в данном аппарате следует уделить внимание его конструктивным особенностям.

Конструктивно робота можно разделить на четыре части [1-3]: спина и попарно бедра, голени и стопы.

Блок «Система управления» (рис. 1) включает в себя несколько элементов: блок принятия решений, блок сравнения, память аппарата.

Управление экзоскелетом осуществляется с помощью кнопочного пульта [4-8], расположенного на рукоятке (под левую или правую руку). Все функции аппарат доступны на пульте управления только после включения общего питания кнопкой сверху корпуса блока системы управления.

Для обеспечения безопасности и комфорта пациента обязательна фиксация всех манжет и креплений.

В первую очередь необходимо зафиксировать стопы пациента, для этого необходимо установить стопу в колодку стопы экзоскелета так, чтобы пятка пациента упиралась в упор. После чего стопа фиксируется ремешком с манжетой. Требуемое натяжение обеспечивается клипсой. Далее необходимо закрепить голень, бедро и корпус пациента, аналогичным образом.

При этом данный аппарат оборудован комплексом датчиков (обозначенных на рис. 1 как ДУП), среди которых и датчики усилия, позволяющие автоматизировать управление реабилитационными движениями за счет измерения того, насколько пациент «сопротивляется» задаваемым процессам.

Непосредственно алгоритм управления реабилитационными движениями в данном экзоскелете построен на изменении относительного угла между звеньями. Настраивается последовательность изменения углов под каждого пользователя индивидуально, исходя из рекомендаций лечащего врача.

Библиографический список

1. Yatsun, S., Savin, S., Yatsun, A. and Turlapov, R., 2015, December. Adaptive control system for exoskeleton performing sit-to-stand motion. In Mechatronics and its Applications (ISMA), 2015 10th International Symposium on IEEE. Pp. 1-6.

2. Yatsun, S., Savin, S. and Yatsun, A., 2016, June. Improvement of energy consumption for a lower limb exoskeleton through verticalization time optimization. In Control and Automation (MED), 2016. 24th Mediterranean Conference on IEEE. Pp. 322-326.

3. Yatsun, S., Savin, S. and Yatsun, A., Motion Control Algorithm for a Lower Limb Exoskeleton Based on Iterative LQR and ZMP method for trajectory generation, 2016 ITM Web Conference.

4. Яцун С. Ф., Рукавицын А. Н. Разработка биоинженерного мехатронного модуля для экзоскелета нижних конечностей человека // Известия самарского научного центра РАН. Самара: Самарский научный центр РАН. 2012. С. 1351-1354.

5. Yatsun, S., Savin, S., Lushnikov, B. and Yatsun, A., 2016, January. System analysis of sagittal plane human motion wearing an exoskeleton using marker technology. In ITM Web of Conferences. Vol. 6. EDP Sciences.

6. Vorochaeva L.Yu., Yatsun A.S., Yatsun S.F., Controlling a Quasistatic Gait of an Exoskeleton on the basis of the Expert System. 2017 Federal State Budgetary Institution of Science St. Petersburg Institute of Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences

7. Saponas T.S., Tan D.S., Morris D., Balakrishnan R.Demonstrating the feasibility of using forearm electromyography for muscle-computer interfaces. In: CHI ’08 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM Press. 2008. Pp. 515–524.

8. Chaudhary A., Raheja J.L. Bent fingers’ angle calculation using supervised ANN to control electromechanical robotic hand // Computers & Electrical Engineering. 2013. No. 39(2). Pp. 560–570.

9. Mathiassen S.E., Winkel J., Hägg G.M. Normalization of surface EMG amplitude from the upper trapezius muscle in ergonomic studies — a review J.Electromyogr Kinesiol. 1995. No. 5(4). Pp.197–226

10. Jiang Y., Sakoda S., Hoshigawa S., Ye H., Yabuki Y.,Nakamura T., Ishihara M., Takagi T., Takayama S., Yokoi H.Development and evaluation of simplified EMG prosthetic hands. In: 2014 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO 2014). IEEE. 2014. Pp. 1368–1373, URL: https://doi.org/10.1109/ROBIO.2014.7090524.

УДК 681.5

А.А. Ерашов
студент кафедры управления в технических системах
М. В. Бураков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАГНИТНОЙ ЛЕВИТАЦИИ

Современные системы с использованием магнитной левитации находят всё более и более широкое применение – высокоскоростные пассажирские поезда, изоляция чувствительных к вибрациям механизмов, магнитные подшипники, левитация расплавленного металла в индукционных печах, а также левитирование металлических заготовок в производстве [1]. В последнее время данный левитирующий эффект также используют в бытовых устройствах.

Применительно к транспортным системам магнитная левитация обладает большей надежностью за счет исключения трения по поверхности рельсов. Также среди достоинств стоит отметить более низкое энергопотребление и способность развивать большие скорости [2].

С другой стороны, подобные разомкнутые системы, как правило, неустойчивы, существуют некоторые неопределённости математической модели, вызванные заметной трудностью точного описания силы магнитного поля и нелинейными дифференциальными уравнениями. Поэтому задача управления объектом в системах магнитной левитации ставится перед исследователем трудной, требующей синтеза высокопроизводительных регуляторов с обратной связью [3].

По состоянию на текущее время, до сих пор публикуются работы по проводимым научным исследованиям технологии магнитной левитации. Например, работа [4], рассматривающая внедрение в систему магнитной левитации адаптивного ПИД-регулятора, действующего на основе правил нечёткой логики, позволяющих производить самонастройку параметров в процессе функционирования.

Физически, магнитная левитация – это устойчивое нахождение объекта на определенной позиции в гравитационном поле, когда, как правило, ускорение свободного падения компенсируется ускорением объекта, создаваемым магнитным полем. Возникает подъемная сила, способная придать объекту устойчивость в пространстве. Но теорема Ирншоу доказывает, что заставить парить объект с применением статичных макроскопических магнитных полей невозможно [5]: использование ферромагнетиков, парамагнетиков с комбинацией с электростатическими, магнитостатическими и гравитационными полями, приведет объект к такому положению, при котором оно будет неустойчиво относительно одной из осей, что может привести к неустойчивости относительно остальных.

Магнитная левитация реализуется с помощью диамагнетиков – данные материалы устойчивы относительно как одной оси, так и относительно остальных, – систем вихревых токов и сверхпроводников, также с помощью сервомеханизмов [2].

Рассмотрим математическое описание объекта [6] – шарика, положение которого будет контролироваться с помощью системы с электромагнитами (см. рис. 1):

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = g - K_t \dfrac{u^2}{x_1^2}, \end{cases}$$

где x_1 – положение шарика (м); x_2 – скорость перемещения шарика (м/с); g – ускорение свободного падения (м/с^2); K_t – константа, определяемая массой шарика, магнитной постоянной, а также входным сопротивлением; u – входное напряжение (В).

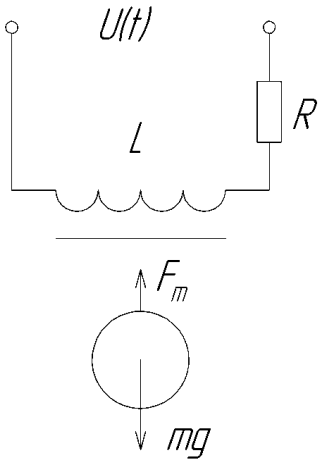


Рис. 1. Электрическая схема и процесс магнитной левитации

Для проведения линеаризации исходной нелинейной системы построим якобианы [7]:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{\partial \dot{x}_1}{\partial x_1} & \frac{\partial \dot{x}_1}{\partial x_2} \\ \frac{\partial \dot{x}_2}{\partial x_1} & \frac{\partial \dot{x}_2}{\partial x_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 2K_t \frac{u_0^2}{x_{10}^3} & 0 \end{bmatrix}.$$

$$B = \begin{bmatrix} \frac{\partial \dot{x}_1}{\partial u} \\ \frac{\partial \dot{x}_2}{\partial u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{-2K_t u_{10}}{x_{10}^2} \end{bmatrix}.$$

Начальные условия найдем из соображений равновесного состояния системы:

$$x_{20} = 0$$

$$g - K_t \frac{u_0^2}{x_{10}^2} = 0 => u_0 = \sqrt{\frac{g}{K_t}} x_{10}.$$

$$K_t = 6.5 \cdot 10^{-4}; g = 9.81;\ x_{10} = 0.005 \text{ м}.$$

Подставив значения, получим:

$$u_0 = 0.61 \text{ В}.$$

Тогда матрицы A и B примут вид:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 3924.6 & 0 \end{bmatrix};\ B = \begin{bmatrix} 0 \\ -31.94 \end{bmatrix}.$$

Исследуем устойчивость и управляемость получившейся системы. Сначала определим корни характеристического уравнения, получаемые из решения уравнения $|A - \lambda I| = 0$:

$$\lambda_{1,2} = \pm 62.6466$$

Поскольку один корень положительный, то система неустойчива.

Для данной системы с одним входом и одним выходом достаточно найти определитель следующей матрицы [7]:

$$|B \quad AB| = \begin{vmatrix} 0 & -31.94 \\ -31.94 & 0 \end{vmatrix} = -1020.4.$$

Получившийся определитель не равен нулю, значит, система управляема.

Далее синтезируем модальный регулятор по формуле Аккермана [7]. Выберем для системы желаемые полюса, равные -10. Полученные коэффициенты:

$$K = [\,-125.9905 \quad -0.6261]$$

Используем модальный регулятор в имитационной модели (модель *Simulink* рис. 2). График переходного процесса, получаемого при данных начальных условиях, показан на рис. 3.

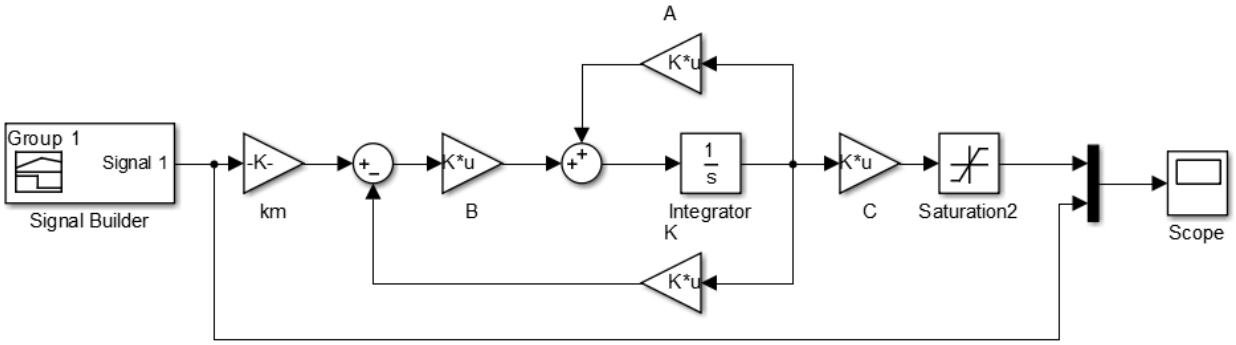


Рис. 2. Имитационная модель линеаризованной системы с модальным регулятором

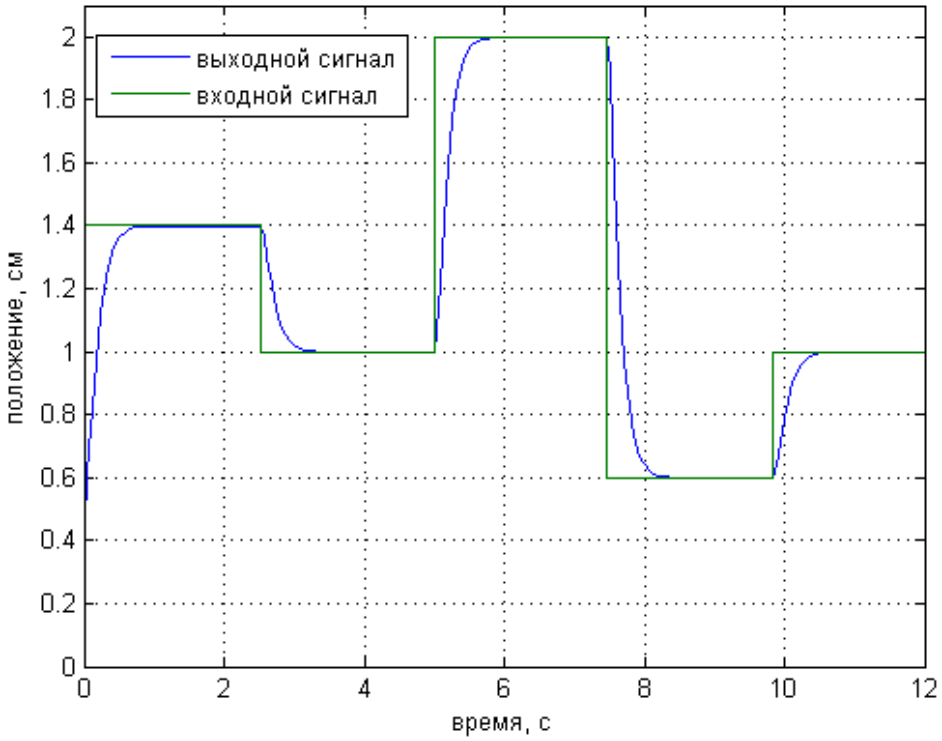


Рис. 3. Переходные процессы линеаризованной модели с модальным регулятором

Затем, оставив модальный регулятор, проверим его работу на нелинейной модели объекта управления (см. модель *Simulink* рис. 4). График переходного процесса показан на рис. 5. Как видно, данный вид регулирования объекта управления оказывается удовлетворительным способом задания позиции левитирования шарика – время переходного процесса незначительно отличается от линейной модели, в некоторых случаях имеется перерегулирование, достигающее максимального значения в проводимых исследованиях до 7%.

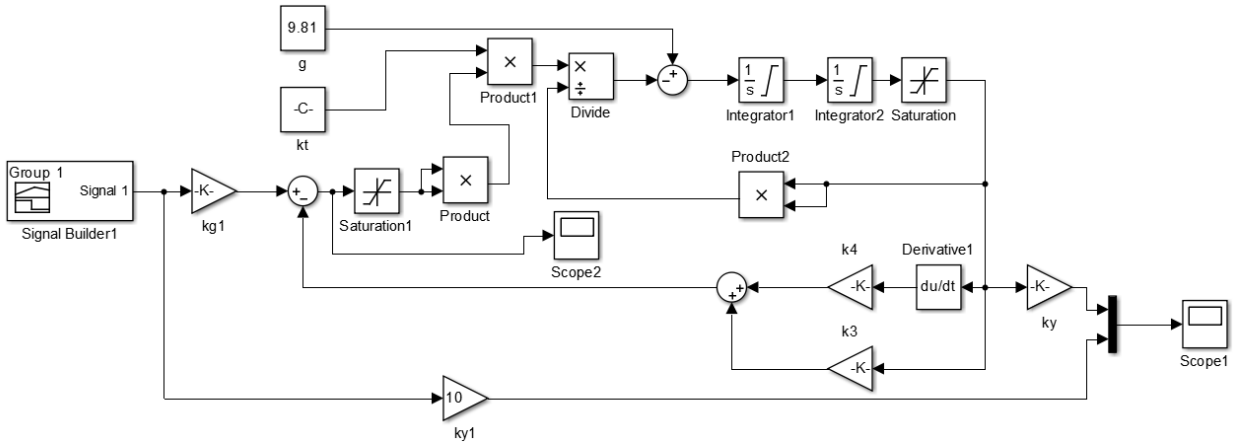


Рис. 4. Модальное управление с нелинейной моделью объекта управления

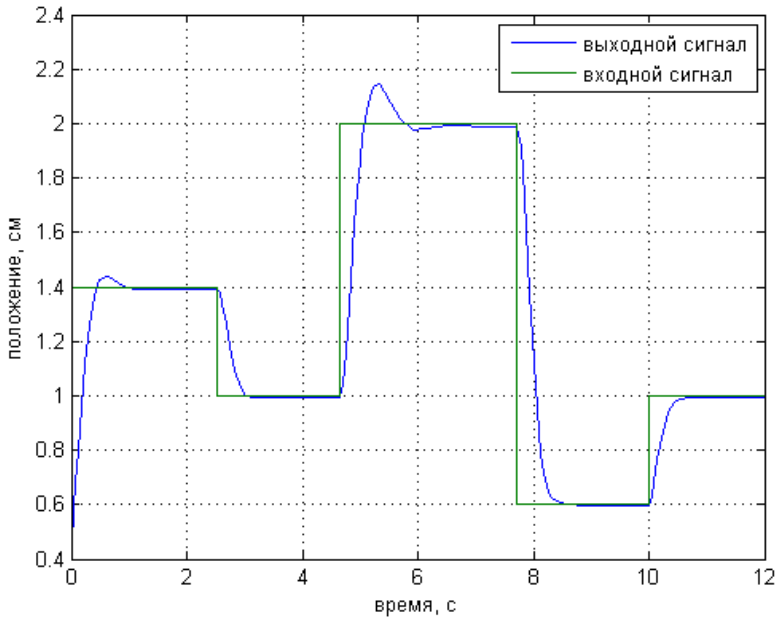


Рис. 5. Переходные процессы нелинейной модели объекта
с модальным регулятором

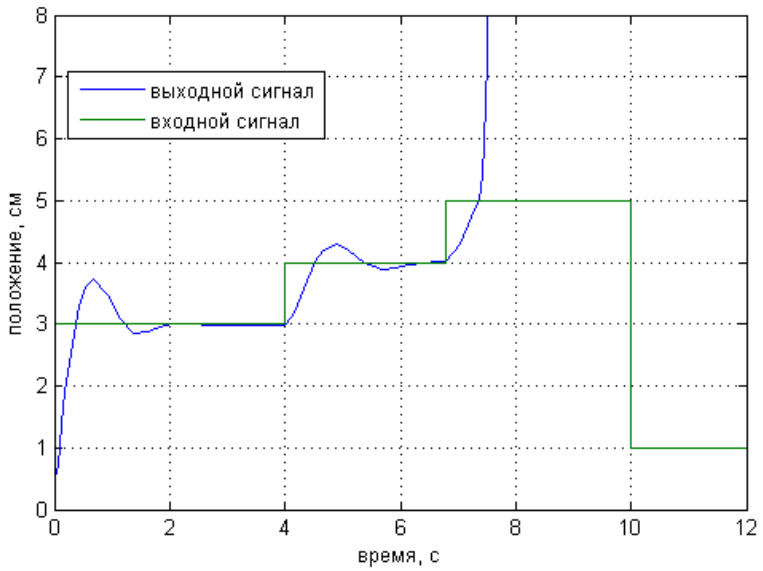


Рис. 6. Проверка диапазона регулирования нелинейной модели объекта

Выполним проверку диапазона регулирования, измерив выходной сигнал с большими значениями входа для системы (см. рис. 6). По полученным процессам видно, что значения в 3 и 4 сантиметра система еще находится в устойчивом состоянии, однако при значении в 5 сантиметров система уже теряет устойчивость, тогда шарик уже не контролируется и падает под воздействием силы тяжести.

Библиографический список

1. Al-Muthairi N. F., M. Zribi. Sliding mode control of a magnetic levitation system, 2004.
2. Магнитная левитация. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/ (дата обращения: 12.03.2019).
3. Сотникова М.В. Синтез робастного цифрового регулятора для системы магнитной левитации // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2012. С. 1033-1040.
4. Haiyan Qiang, Shaoping Chen, Chuanzhen Li, Bojing Long and Kaiwei Zhang. The Study on the Virtual Prototype Modeling of MAGLEV Train // Advances in Engineering Research (AER), 2017.
5. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.3. Электричество. М.: Наука, 1977. 704 с.
6. URL: http://www.dii.unisi.it/~control/act/description/magnetic.pdf_(дата обращения: 12.03.2019).
7. Бураков М.В. Теория автоматического управления. СПб.: ГУАП, 2014. 258 с.

УДК 681.5

А.А. Ерашов
студент кафедры управления в технических системах
М. В. Бураков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

НЕЧЁТКИЙ ПИД-РЕГУЛЯТОР

На настоящий момент во многих задачах управления внедряются эффективные регуляторы, принцип работы которых основан на теории нечетких множеств и нечеткой логике. Они получили название нечетких логических регуляторов (НЛР).

Наряду с НЛР применяются также и адаптивные системы, которые позволяют компенсировать внешние возмущающие факторы, неточности вычислений, а также собственную динамику объекта управления.

Если объединить данные способы управления, то можно в итоге получить гибкий инструмент для обеспечения необходимого качества процессов системы по заданным критериям.

Этапы проектирования систем требуют рассмотрения объекта управления. В качестве него рассмотрим электродвигатель постоянного тока с управлением по углу поворота вала [1]. Характеристики электродвигателя приведены в табл. 1, которые присутствуют в его математической модели ниже:

$$\begin{cases} \dfrac{di(t)}{dt} = -i(t)\dfrac{R}{L} - \dfrac{k_e}{L}\omega(t) + \dfrac{1}{L}U(t), \\ J\dfrac{d\omega(t)}{dt} = M(t) - b\omega(t) - M_н(t), \end{cases}$$

где $i(t)$ – ток якорной цепи (в амперах); R – сопротивление якорной цепи (в омах); L – индуктивность якорной цепи (в генри); k_e – константа электродвижущей силы; $\omega(t)$ – угловая скорость (в рад/с); $U(t)$ – напряжение обмотки якоря (в вольтах); J – момент инерции ротора (кг·м^2); $M(t)$ – крутящий момент двигателя (в Н·м); b – коэффициент вязкого трения (в кг·м^2/с); $M_н(t)$ – момент нагрузки (в Н·м).

Таблица 1

Значения констант модели

J	b	k_e	R	L
0.15	1.2	0.6	1.2	0.05

На рис. 1 приведен переходный процесс, соответствующий работе системы при $M_н = 0$, на вход системы подан единичный ступенчатый скачок.

Для НЛР в качестве входных сигналов (критериев качества) используются параметры переходного процесса – перерегулирование и статическая ошибка. Данные параметры вычисляются относительно пробных сигналов с опорного генератора импульсов, в результате чего данная схема постепенно производит настройку коэффициентов ПИД-регулятора.

На рис. 2 установлены два генератора. «*Pulse Generator*» отвечает за генерацию импульсов небольшой длительности, а «*Pulse Generator1*» предназначен для использования в качестве источника задающего сигнала *g* (см. рис. 3, где сигнал *g* – зеленого цвета).

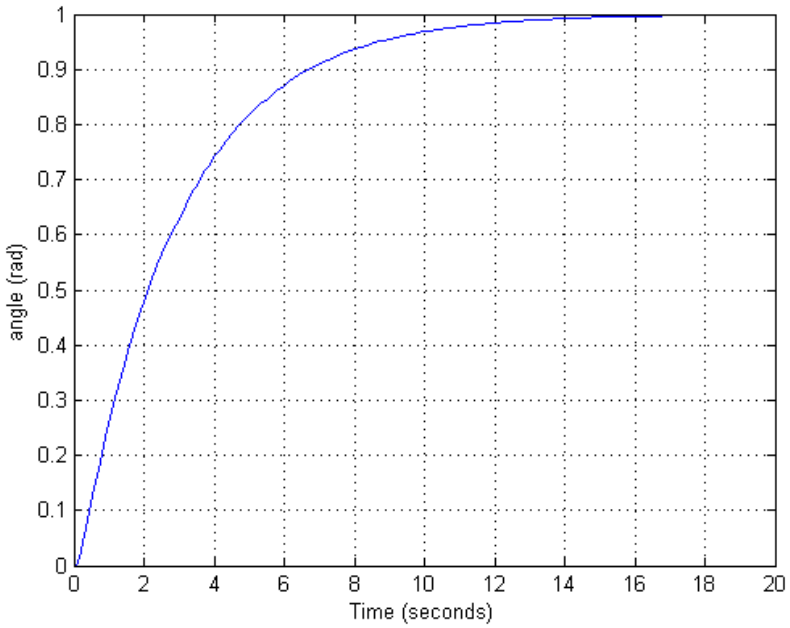


Рис. 1. Переходный процесс системы

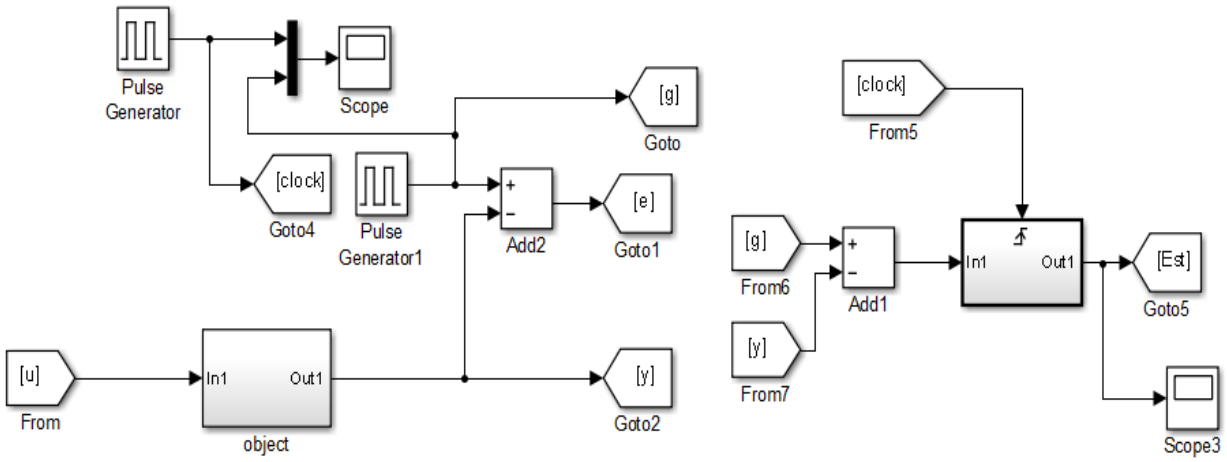
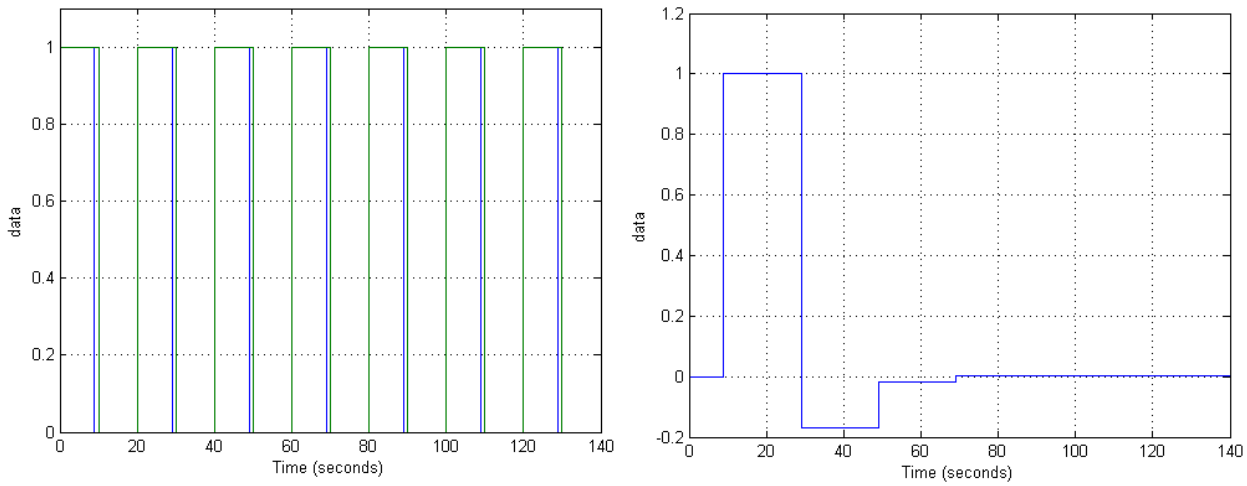


Рис. 2. Фрагмент модели системы управления



а б

Рис. 3. а) Импульсы с опорных генераторов;
б) результирующий сигнал статической ошибки

Выходной сигнал *y* с объекта управления подаётся к сумматору для того, чтобы произвести расчёт статической ошибки: *g* – *y*. Измерительные сигналы с генератора «*Pulse Generator*» поступают на триггер, который позволяет фиксировать полученную разность *g* – *y*.

На рис. 4 показан участок системы управления, которая реализует определение перерегулирования на выходе объекта управления. На данной схеме (в порядке слева направо) выходной сигнал *y* с объекта поступает на два блока «*MinMax*», где на выходе в соответствии с импульсами тактового генератора с транспортной задержкой образуются последние значения максимума или минимума, которые далее вычитаются из текущего значения. Поскольку установившееся значение соответствует 1, то реализовывать блок деления не требуется. Далее данная разность умножается на 100, чтобы соответствовать значению перерегулирования в процентах и фиксируется с помощью тактового генератора. Эти фиксированные значения, пройдя через блок модуля, поступают для дальнейшей обработки в НЛР.

Оба полученных параметра переходного процесса подаются через блоки ограничения на вход НЛР (рис. 5). Данные блоки необходимы для того, чтобы входные сигналы не выходили за рамки шкал, которые были определены для НЛР [2]. Действуя на основе описанных правил, НЛР выдает на выходе три составляющих – коэффициенты каналов ПИД-регулятора, которые накапливают своё значение посредством суммы с последующим значением.

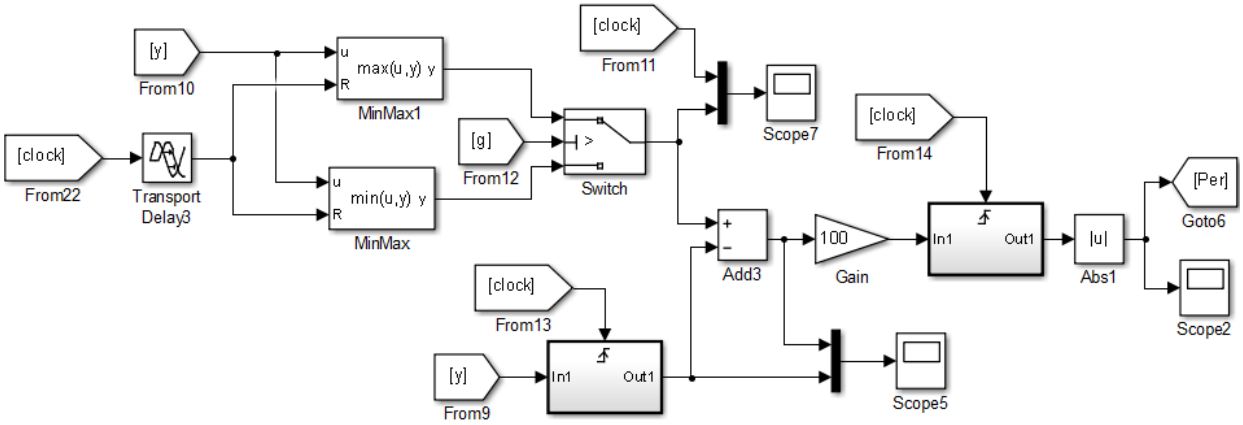


Рис. 4. Фрагмент модели системы управления

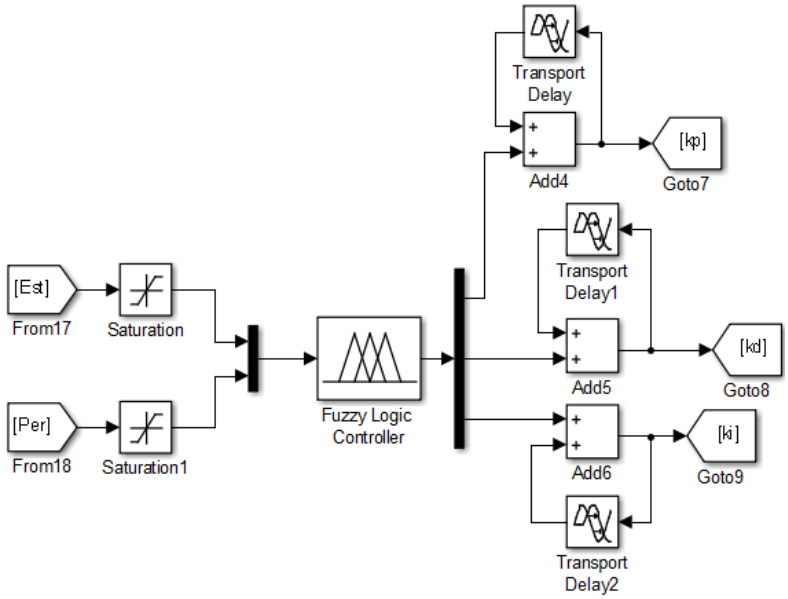


Рис. 5. Фрагмент модели системы с НЛР

Далее данные коэффициенты *kp*, *kd* и *ki* поступают на умножение с соответствующей составляющей ошибки управления, суммируются, в результате чего получается сигнал управления, воздействующий на объект управления.

Таким образом, происходит самонастройка ПИД-регулятора с помощью тестовых сигналов. Затем можно подать задающий сигнал и увидеть, что он отрабатывается в соответствии с полученной настройкой, что показано на рис. 7.

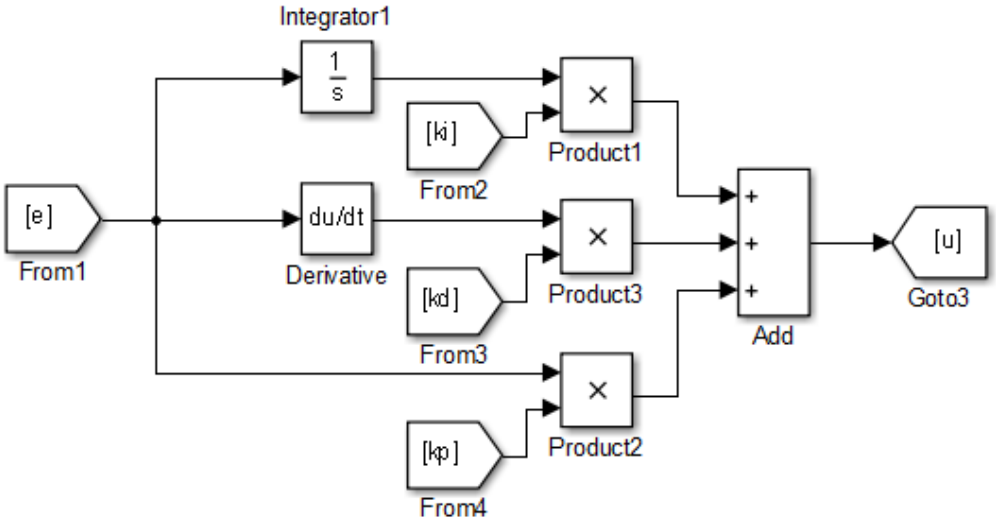
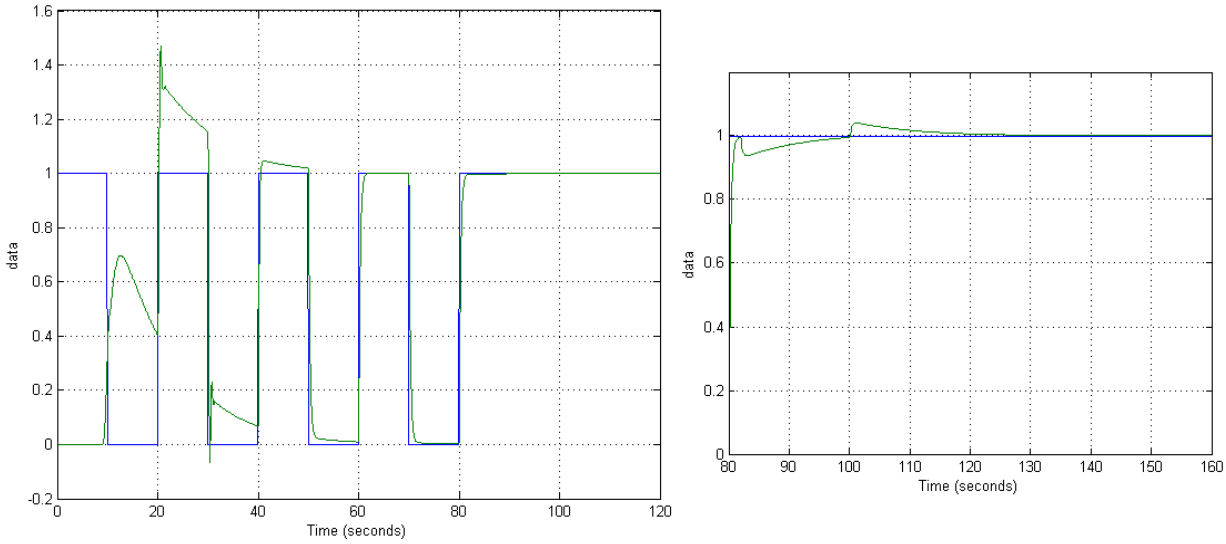


Рис. 6. ПИД-регулятор



а б

Рис. 7. а) Результат работы системы управления;
б) переходный процесс с ненулевым моментом нагрузки

На рис. 7б показано влияние подключения нагрузки к объекту. Подключение происходит в момент времени t = 82 сек. Далее данный момент понижается до значения 0.065 и остаётся постоянным. Можно увидеть, что система отрабатывает изменение нагрузки и приводит к стабилизации выходного значения.

Заключение

Широкое использование ПИД-регуляторов в промышленности оправдывает себя ввиду простоты и возможности ручной подстройки в процессе работы систе-

мы. Внедрение нечетких логических регуляторов позволит сделать регулятор адаптивным, что повысит его качество функционирования и исключит процесс ручной настройки.

Данный регулятор работает на основании оценки параметров переходного процесса, обрабатывая которые, с учетом заданных нечетких правил, осуществляет коррекцию коэффициентов ПИД-регулятора. Рассмотренный способ управления позволит более гибко применять данный тип регуляторов для множества динамических объектов.

Библиографический список

1. Акопов В.С., Бураков М.В., Полякова Т.Г. Проектирование авиационного следящего электропривода малой мощности. СПб.: ГУАП. 2007. 92 с.
2. Бураков М.В. Нечеткие регуляторы. СПб.: ГУАП. 2010. 56 с.

УДК 621.3

А.В. Зенин
студент кафедры электромеханики и робототехники
О.Б. Чернышева – научный руководитель

ЭНЕРГИЯ ВОЛН КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

Долгое время в качестве основных источников энергии использовались уголь, нефть и газ. В связи с уменьшением объема этих ресурсов большой толчок в развитии получила альтернативная энергетика. Примером служат волновые электростанции. Они помогают использовать колоссальную энергию океанов, морей и рек. Существуют разные типы волновых электростанций (ВЭС), но в основе каждой лежит преобразование механического действия волн.

Энергия волн – это энергия, которую волны переносят по поверхности воды. Для преобразования энергии волны в электроэнергию сооружают волновые электростанции, которые монтируются непосредственно в воду. Природа явления источника энергии – волнообразование. Волнообразование представляет собой результат воздействия солнечных лучей. Солнце нагревает воздушные массы, из-за чего они перемещаются в пространстве. В процессе перетекания воздух соприкасается с поверхностью океана, инициируя возникновение волны.

Энергоемкость конкретного волнового вала определяется:

– силой ветра;

– продолжительностью порывов;

– шириной воздушного фронта.

Максимальное значение энергоемкости одной волны достигает 100 кВт на 1 м. Данный показатель существенно понижается на мелководье, что объясняется трением о дно водоема.

Принцип действия классической волновой электростанции заключается в следующем. Осциллирующая водяная колонна с воздушной турбиной Уэллса представляет собой классический, наиболее проработанный вид волновой электростанции. Оборудование успешно функционирует как в море, так и в прибрежной зоне.

Принцип работы одинаков как для стационарных, так и для плавучих моделей. Уровень воды в камере, наполовину погруженной в воду, поднимается при помощи волн. Благодаря заполнению внутреннего объема агрегата водой, воздух, находящийся внутри, под давлением выдавливается из сосуда. Образовавшиеся воздушные потоки пропускаются через лопасти реверсивной турбины низкого давления Уэллса. Когда возникает откат воды, воздух возвращается в камеру, минуя все те же турбинные лопатки. Уэллс добился сохранения направления вращения вала турбины вне зависимости от направления движения волны, что обеспечивает непрерывность передачи крутящего момента на вал генератора. Турбина Алана Артура Уэллса избавлена от сложных механизмов измерения шага, а также систем клапанов. Агрегат имеет симметричное сечение и сравнительно большой угол атаки лопастей. В целом механизм характеризуется:

– малым отношением скорости вращения к скорости потока воздуха;

– высоким коэффициентом лобового сопротивления;

– периодическими провалами мощности;

– КПД на уровне 40-70%;

Принцип действия подобных агрегатов сохраняется неизменным. Конструкторы пытаются изменить архитектуру камеры, чтобы добиться максимального

сжатия воздушной массы внутри нее. Усовершенствованная модель камеры позволяет изменять ее объем и геометрию в зависимости от состояния акватории. Эффективность этой идеи доказана и теоретически, и практически. В итоге удалось избавиться от перепадов мощности станции, обусловленных падением высоты волны, и защитить оборудование от чрезмерных нагрузок и разрушения во время штормов.

Инжиниринговая компания из Шотландии – Ocean Power Technologies (OPT) разработала буй PowerBuoy PB150. Это огромный буй длиной 42 м, удерживаемый одиннадцатиметровым поплавком и якорной системой. Мощность одной станции 150 кВт. Агрегат способен преобразовывать в электроэнергию вертикальные колебания. Погруженная часть буя-генератора зафиксирована на дне якорной системой. Поплавок перемещается по вертикали в унисон колебанию морских вод — он закреплен на подвижном штоке. Шток – часть линейного генератора, который во время прохождения обмотки статора вырабатывает электричество.

Конструкция оснащена системой датчиков, благодаря которой можно вручную адаптировать ход штока согласно силе, высоте и частоте волн, добиваясь наиболее рационального режима работы оборудования. Во избежание аварий в периоды сильных штормов шток поплавка блокируется автоматически. К месту дислокации агрегат доставляют буксиры. Несколько подобных буев, установленные рядом, использующие общую якорную систему и единый силовой контур, образуют волновую ферму. Для установки системы мощностью 10МВт необходимо 0,125 кв. км водной поверхности. Первый такой буй разместили в 33 морских милях от Инвергордона (Шотландия). Анализ среды вблизи функционирующего генератора показал, что он экологически нейтрален.

К преимуществам данной системы можно отнести:

– волновая электростанция способна заменить волногасители, защищающие береговую линию и прибрежные сооружения от разрушения;

– волновые электрогенераторы малой мощности можно монтировать непосредственно на мостовых опорах, причалах, принимая мощность волн;

– удельная мощность волнения волн выше удельной мощности ветров на 1-2 порядка, соответственно волновая энергетика может оказаться выгоднее вятряной.

Среди недостатков системы можно выделить:

– штормовая волна способна смять лопасти водяных турбин. Проблема решается методами искусственного уменьшения мощности, заключенной в волнах;

– некоторые типы генераторов представляют реальную угрозу для безопасности мореплавания;

– в местах установки отдельных видов агрегатов промышленное рыболовство становится невозможным.

В настоящее время разработаны и находятся в эксплуатации несколько типов волновых электростанций. Рассмотрим наиболее распространенные волновые электростанции.

ВЭС «Утка» Солтера

Такое необычное название присвоили цепочке из большого количества поплавков, установленных на одном валу. Чтобы обеспечить эффективную работу ВЭС, их должно быть не менее 20-30 шт. «Утка» – это и есть тот поплавок. Он был разработан инженером Стивеном Солтером. Еще изобретение называют эдинбургской «уткой». Принцип работы основан на следующем алгоритме [1]:

1. Волны заставляют поплавки двигаться, но за счет своего веса они возвращаются в начальное положение.

2. Это заставляет прийти в движение и насосы внутри вала. Предварительно их заполняют специально подготовленной водой.

3. Далее приводятся в действие турбины между поплавками.

4. Вырабатывается энергия, которую передают на берег по кабелю на дне.

Подобные системы расположены у западных берегов Британских островов для обеспечения электроэнергией Великобритании. Мощность установки составляет 45 тыс. кВт. Ее вырабатывают 20-30 поплавков диаметром 15 м на валу длиной 1,2 км. Внешний вид системы представлен на рис. 1.



Рис. 1. Устройство ВЭС Утка» Солтера

Преобразователи Pelamis

Такие преобразователи получили название «морские змеи». Преобразователи Pelamis представлены секциями, которые имеют цилиндрическую форму и соединяются между собой шарнирами.

Принцип работы волновой электростанции включает в себя несколько этапов [2].

1. Конструкция начинает изгибаться под влиянием волн.

2. Гидравлические поршни, расположенные в местах соединения, начинают перемещаться, тем самым перекачивая масло через двигатели.

3. Последние приводят во вращение электрогенераторы.

4. Они вырабатывают электричество, которое до берега передают по кабелю, идущему от поплавка на дно.

Несколько подобных «змей» объединяют между собой, а электричество с них передают по одному кабелю. Мощность одной такой ВЭС достигает 21 МВт, что достаточно для снабжения электричеством 15 тыс. домов. Изобретение принадлежит специалистам компании «Океанское энергоснабжение» в Эдинбурге, где подобную ВЭС используют для энергообеспечения местных жителей. К минусам преобразователя можно отнести:

– значение среднегодового коэффициента мощности меньше 0,4;

– завышенный уровень удельных капитальных затрат (суммы затрат при строительстве одного комплекса, деленной на единицу полученного продукта);

– высокая материалоемкость (количество материалов на производство).

Внешний вид преобразователей Pelamis представлен на рис. 2.



Рис. 2 Преобразователи Pelamis

Контурный плот Коккереля

В основе схемы работы волновой электростанции такого типа тоже лежит перемещение относительного друг друга секций, которые соединены шарнирами. Возникшие колебания принимают на себя насосы с электрогенераторами. Плот длиной 100 м, высотой 10 м и шириной 50 м, состоящий из 3 секций, выдает мощность до 2 тыс. кВт [1].

Эффективность модели достигает 45%, что меньше по сравнению с «уткой» Солтера, но зато конструкция плота схожа с судостроительной. Первое испытание изобретения было проведено в проливе Солент под городом Саутгемптон. Оно было частью проекта «Волновая ферма» фирмы Pelamis Wave Power. Для передачи электроэнергии на берег тоже используют кабель, расположенный на дне моря.

Кинетическую энергию волн используют двумя способами.

1) волну пропускают через полую камеру, чтобы она вытолкнула воздух, который заставит турбину вращаться;

2) волну направляют в трубу большого диаметра, где она вращает турбинные лопасти, тем самым запуская генератор.

В основе обоих методов лежит один принцип – применение энергии колеблющегося столба воды. При регуляции потока делают так, чтобы он проходил через турбину только в одном направлении. Плюс таких ВЭС в том, что скорость воздушного потока легко изменить в большую сторону. Этого достигают за счет уменьшения диаметра проходного канала. В результате даже медленные волны заставляют турбины вращаться с высокой частотой.

Рассмотрим достоинства и недостатки волновых электростанций. Преимущества заключаются не только в том, что ВЭС – это хорошая альтернатива нефти, газу и углю, но и:

– станции гасят волны, чем обеспечивают безопасность портов, гаваней и береговых сооружений от разрушений;

– возможность уменьшения воздействие воды на опоры мостов, если устанавливать на них небольшие волновые генераторы;

– волновая энергетика выгоднее, чем ветровая, поскольку удельная мощность волн выше, чем ветра.

К недостаткам ВЭС можно отнести следующие аспекты:

– на ВЭС приходится около 1% всей вырабатываемой электроэнергии, хотя они имеют большой потенциал. Ограничение в использовании связано с ценами на электроэнергию. В сравнении с 1 кВт, сгенерированным на АЭС или ТЭС, тот же киловатт на ВЭС будет стоить в разы дороже;

– при покрытии преобразователями значительных площадей акватории можно нанести вред экологии, ведь волны важны для газообмена атмосферы и океана;

– некоторые типы волновых генераторов опасны для судоходства, что может уменьшить количество рыбаков в крупных рыбопромышленных зонах.

Волновые электростанции могут быть использованы в качестве источников питания для световых и радиомаяков, для энергообеспечения метеосистем, систем связи, навигации, телекоммуникации и др. Также они могут быть энергетической базой для создания экологически чистых объектов перерабатывающей промышленности морского и прибрежного базирования.

Библиографический список

1. Альтернативная энергетика. URL: https://altenergiya.ru/gidro/tipy-volnovyx-elektrostancij.html (дата обращения: 09.03.2019).

2. Волновые преобразователи Pelamis – альтернативные гидроэлектростанции будущего. URL: http://www.venture-news.ru/4639-volnovye-preobrazovateli-pelamis-alternativnye-gidroelektrostancii-buduschego.html (дата обращения: 07.03.2019).

3. Как извлекают энергию из приливов. URL: https://www.popmech.ru/technologies/11543-cerfing-na-teravatt-volny/#part0 (дата обращения: 07.03.2019).

УДК 621.01

Зо Наинг Вин
аспирант кафедры механики, мехатроники и робототехники
Чжо Пьо Вей − кандидат технических наук – научный руководитель
Юго-Западный государственный университет, г. Курск

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ В ВОДНЫХ АКВАТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ СОЮЗ МЬЯНМА

Мьянма − это страна в Юго-Восточной Азии (рис. 1), имеющая непрерывную береговую линию в 1930 км вдоль Бенгальского залива и Андаманского моря. Страна достаточно богата водными ресурсами. Эти ресурсы объединяют бассейны четырех основных рек, схематично показанных на рис. 1. Расчетный сток с рек в нормальный год составляет около 1082 км^3. При этом общий объем используемых водных ресурсов страны ограничен возможностями существующей инфраструктуры и составляет всего около 5% процентов. Поэтому физический потенциал для дальнейшего освоения водных ресурсов в Мьянме достаточно высок.



Рис. 1. Основные реки в Республике Союз Мьянма

В настоящее время страна достигла поворотного момента мониторинга водных ресурсов для всестороннего развития инфраструктуры управления существующим гидрологическим потенциалом. Назрела необходимость интенсивного проведения подводных работ как на малых и средних глубинах, так и глубоководных, на различных объектах и в различных условиях. Решение государственных задач обеспечения энергетической безопасности и национальных

интересов в борьбе за морские ресурсы обусловлено использованием современных подводных технологий, средств и систем. Значительная удаленность от берега, большая рабочая глубина, суровые климатические условия, сложность рельефа дна сильно ограничивают возможность использования водолазов и традиционных видов подводной техники. Для проведения работ в таких условиях наиболее перспективным является применение телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов (ТНПА) и автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА).

Очевидно, что в наступившем веке работа под водой – это функция робототехнических систем. За последнее десятилетие в мировой практике развития передовых подводных технологий произошли значительные положительные сдвиги в области энергетики, микроэлектроники, механотроники, информационных технологий [1-4]. Современные управляющие системы вышли на качественно новый этап развития, характеризуемый применением новейшей микропроцессорной элементной базы и созданием на ее основе автономных, интеллектуальных, роботизированных систем.

Возросшие технические возможности современных подводных автономных и телеуправляемых аппаратов позволяют производить различные виды работ, среди которых можно выделить следующие:

– поисково-обследовательские работы, включая поиск и обследование затонувших объектов, инспекцию подводных сооружений и коммуникаций, трубопроводов, кабелей;

– геологоразведочные работы, включающие фото и видеосъемку, акустическое профилирование и картографирование рельефа дна;

– подводные работы, в том числе прокладка трубопроводов и кабеля, обслуживание систем наблюдения и освещения подводной обстановки;

– океанографические исследования, мониторинг водной среды;

– работы военного назначения, включая противоминную борьбу, противолодочную разведку, поиск аварийной подводной лодки лежащей на грунте, патрулирование и обеспечение безопасности акваторий, имитацию подводных акустических целей.



Рис. 2. Конструктивная схема подводного мини аппарата (фото взято с сайта http://subboat.com/)

В настоящее время подводные работы немыслимы без комплексного использования широчайшего спектра технических средств. К числу таких средств относятся телеуправляемые необитаемые подводные аппараты, оснащенные различными движительными установками. Вариант конструктивной схемы такого аппарата представлен на рисунке 2.

Движительная установка является одним из важнейших фактов, определяющих продолжительность автономной работы подводных аппаратов, и является основным объектом управления для него. К основным способам организации движения необитаемых подводных аппаратов (НПА)относят следующие:

– движение за счет вращающегося винта (винтов);

– движение за счет изменения формы корпуса (перемещение с использованием принципов движения морских существ);

– движение за счет перемещения внутренних масс (за счет создания кинетического момента внутренними роторами);

– система движения, представляющая собой комбинацию указанныхвыше способов.

Наряду с развитием проектирования НПА, также возникает достаточно большое множество задач, требующих построения моделей НПА с различными движительными установками. Современные НПА, как правило, оснащаются впередсмотрящим гидролокатором, гидролокатором бокового обзора, доплеровским измерителем скорости в комплексе с инерциальной навигационной системой, гидроакустическим модемом и гидроакустической системой навигации с длинной или ультракороткой базой, а так же автоматизированной системой управления.

Перечисленный набор бортовых технических средств и систем позволяет выполнять широкий спектр научных, исследовательских и практических задач. Однако, как показывают результаты анализа функциональной направленности существующих ТНПА и АНПА, эти аппараты отличаются узкой направленностью решаемых задач. Указанный недостаток ограничивает возможность их применения в условиях динамично меняющейся внешней обстановки.

Одним из направлений устранения сложившейся ситуации является разработка концепции создания универсального НПА, с функцией адаптации к условиям работы (внешней среде) и выполняемым задачам.

Достижение указанной цели требует постановки и решения следующих научных и практических задач:

– выбор способа передвижения НПА, включая разработку адекватной математической модели движения;

– разработка модели управления аппаратом и выбор способа навигации в условиях плохой видимости, определение текущего местоположения аппарата в условиях мелкого и глубокого моря, безопасное плавание и выполнение поставленных задач вблизи дна и донных препятствий;

– разработка системы автоматического управления движением и выполнения поставленных задач, а также сбора необходимой информации о состоянии всех систем НПА;

– разработка надежного способа обмена и хранения информации при движении НПА в реальных условиях, а также способов высокоскоростного обмена информацией в группировке автономных аппаратов между собой по гидроакустическому каналу связи.

Несмотря на все многообразие существующих подводных автономных мини роботов важным требованием к конструкциям подобных аппаратов минимизация вредных последствий их функционирования и высокая степень адаптации к быст-

рому изменению окружающих условий. Этим требованиям как нельзя лучше удовлетворяют мобильные роботы, основанные на бионических принципах организации движения [4-11]. Имитация или копирование принципов поведения живых организмов позволяет создавать устройства, обладающие уникальными свойствами, которые обеспечат повышение эффективности функционирования автономных робототехнических систем.

Библиографический список

1. Бочаров Л. Необитаемые подводные аппараты: состояние и общие тенденция развития // Электроника: наука, технология, бизнес. 2009. №8. С. 88-93.

2. Бочаров А.Ю.Современные тенденции в развитии миниатюрных подводных аппаратов и роботов за рубежом //Подводные исследования и робототехника. 2006. №6. С. 36-52.

3. Агеев М.Д. Автоматические подводные аппараты. Системы и технологии. М.: Наука, 2005. 400 с.

4. Yatsun S.F., Lushnikov B.V., Politov E.N., Knyazev S.Underwater floating robot-fish: a comparative analysis of the results of mathematical modelling and full-scale tests of the prototype / MATEC Web of Conferences. 2017. С. 02014.

5. Лушников Б.В., С.Ф. Яцун, Политов Е.Н., Тарасова Е.С. Оптимизация параметров конструкции бионического плавающего робота для мониторинга природных и техногенных объектов в гидросфере // Известия Самар. науч. центра РАН. 2011. Т. 13. №4(4). С. 1193-1196.

6. Лушников Б.В., С.Ф. Яцун, Политов Е.Н., Тарасова Е.С. Компьютерное моделирование динамики бионического плавающего робота // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. №4(3). С. 562-567.

7. Лушников Б.В., Савин С.И., Казарян К.Г., Яцун А.С., Мальчиков А.В. Бионический плавающий робот для мониторинга природных и техногенных объектов в гидросфере / Управляемые вибрационные технологии и машины: сб. науч. ст. Ч. 2. Курск: ЮЗГУ, 2012. С. 107-111.

8. Лушников Б.В., С.Ф. Яцун, Тарасова Е.С., Политов Е.Н. Компьютерное моделирование динамики движения бионического плавающего робота в горизонтальной плоскости / Управляемые вибрационные технологии и машины: сб. науч. ст. Ч. 2. Курск: ЮЗГУ, 2012. С. 111-117.

9. Лушников Б.В., Политов Е.Н., Тарасова Е.С., Казарян К.Г. Бионический плавающий робот для мониторинга природных и техногенных объектов в техносфере // Cloud of Science. 2014. Т. 1. №1. С. 61–77.

10. Патент на полезную модель 124656. Рос. Федерация, МПК B62D57/00. Подводный плавающий робот с бионическим принципом движения / Б.В. Лушников, С.Ф. Яцун, К.Г. Казарян, С.И. Савин, А.В. Мальчиков, Е.С. Тарасова, Е.Н. Политов, А.С. Яцун; опубл. 10.02.2013.

11. Ветчанин Е.В., Караваев Ю.Л., Калинкин А.А., Клековкин А.В., Пивоварова Е.Н. Модель безвинтового подводного робота // Математика, механика, компьютерные науки. 2015. Т. 25, Вып. 4. С. 544-552.

УДК 620.9

А. С. Иванов
магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении
В. А. Семенова – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

КОНЦЕНТРАТОРЫ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Солнце изо дня в день посылает на Землю огромные потоки энергии. Полное количество солнечной энергии, которое поступает на поверхность Земли всего лишь за неделю, превышает энергию мировых запасов нефти, газа, угля и урана.

В настоящее время существует достаточно много конструкций, позволяющих преобразовывать энергию солнца в электрическую или тепловую. Отрасль постепенно растёт и развивается, но, как и везде, есть свои проблемы. Несмотря на весомое количество достоинств, солнечные батареи чаще используют в качестве вспомогательного источника электроснабжения.

Причин для этого несколько и наиболее значимыми из них является высокая стоимость солнечной батареи и недостаточный коэффициент полезного действия (КПД). В среднем 1 квадратный метр площади солнечной батареи производит не более 120 Вт полезной мощности. Этой энергии недостаточно даже для работы компьютера. В среднем КПД используемых для электроснабжения зданий солнечных батарей составляет 14%, что меньше КПД традиционных источников энергии.

Увеличение собственного КПД фотоэлементов в разы увеличивает стоимость. Поэтому наиболее эффективным способом снизить цену на солнечные батареи является увеличение мощности солнечного потока, падающего на единицу площади фотоэлемента. Достигнуть этого можно благодаря оснащению готовых солнечных панелей и модернизации новых устройствами концентрации солнечной энергии.

На квадратный сантиметр поверхности, перпендикулярной солнечным лучам, приходится всего 100 мВт тепловой энергии.

Если же энергию, падающую на квадратный метр, сконцентрировать на площадку в 1 квадратный сантиметр, то это будет уже 1 кВт. Задача солнечного концентратора – сфокусировать солнечные лучи на емкости с теплоносителем, которым обычно выступают вода и масло, или на поверхность фотоэлектрического модуля. Чаще всего концентраторы применяются для отопления помещений и нужд горячего водоснабжения.

Благодаря различным формам инженерной изобретательности в концентраторах солнечной энергии по всему миру используются четыре основные технологии.

Параболоцилиндрический концентратор представляет собой лист отражающего материала параболической формы. Отражение происходит на приемную трубку, которая проходит по центру желоба. В трубке приемника высокотемпературный теплоноситель (например, синтетическое масло) поглощает энергию солнца, достигая температуры 400 °С и проходит через теплообменник для нагрева воды и производства пара. Пар приводит в движение обычную паровую турбину для выработки электроэнергии.

Плоский зеркальный отражатель с зеркалами Френеля состоит из множества плоских зеркал, которые концентрируют излучение на поверхность фотоэлектрического элемента или теплоносителя, находящегося на возвышенности. Концентрированный солнечный свет кипятит воду, генерируя пар высокого давления для непосредственного использования в производстве электроэнергии и в промыш-

ленных паровых установках. Лидер атомной промышленности Франции «AREVA» эксплуатирует свой завод «Кимберлина» мощностью 5 МВт в штате Калифорния на основе плоских отражателей с зеркалами Френеля.

Солнечные башни имеют вид солнечных станций, у которых в качестве приемной точки используется центральная башня, что позволяет работать при очень высоких рабочих температурах. Управляемые компьютером плоские зеркала (гелиостаты) следят за солнцем вдоль двух осей и фокусируют солнечную энергию на приемник на вершине высокой башни.

Сфокусированная энергия может нагревать теплоноситель (более 500 °C) для производства пара и запуска центрального генератора энергии. Американская частная компания «SolarReserve» представила 164-метровую конструкцию в штате Невада, на своей солнечной электростанции «Crescent Dunes». Эта 110-мегаваттная электростанция является первым в мире энергетическим комплексом, в котором используются передовые возможности накопления энергии при помощи солнечных башен.

Параболический концентратор (также известный как параболическая антенна) изготавливается в форме параболоида вращения. В данном случае используется большая отражающая тарелка, которая подобно телевизионной спутниковой антенне фокусирует свет на приемнике, который расположен над тарелкой. Отражающие зеркала параболической формы концентрируют солнечное излучение в центральной точке фокусировки, чтобы увеличить поток солнечной энергии.

Общая установленная мощность систем концентрации солнечной энергии в мире составила 4815 МВт в 2017 году по сравнению с 354 МВт в 2005 году. По состоянию на 2018 год на долю Испании приходилась почти половина мировой мощности – 2300 МВт, что делает эту страну мировым лидером по концентрации солнечной энергии. Далее следует США с 1740 МВт. Интерес также заметен в Северной Африке и на Ближнем Востоке, а также в Индии и Китае.

Согласно исследованиям некоммерческой организации «REN21», на мировом рынке преобладают параболические установки, на которые приходится 90% концентраторов. Крупнейшими проектами тепловых электростанций в мире являются электростанция «Ivanpah» (392 МВт) в США (в которой используются концентраторы башенного типа) и проект «Mojave Solar» (354 МВт) в США (где используются параболические желоба).

Библиографический список

1. Концентраторы солнечной энергии. URL: ttps://wikivisually.com/wiki/Concentrated_solar_power (дата обращения 10.02.2019).

2. Технология концентрации солнечной энергии. URL: https://planetsave.com/2016/03/22/concentrated-solar-power-about-solar-concentrator-technology/ (дата обращения 12.02.2019).

3. Ресурс об альтернативной энергетике URL: http://www.alternative-energy-tutorials.com/energy-articles/concentrated-solar-power.html (дата обращения 12.02.2019).

4. Солнечные концентраторы. URL: http://podvi.ru/interesnoe/solnechnyj-koncentrator.html (дата обращения 16.02.2019).

5. Электротехнический блог. URL: http://electricalschool.info/energy/1567-solnechnye-koncentratory.html (дата обращения 16.02.2019).

УДК 620.9

Р.Ю. Иванов
магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении
В.А Семенова - кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

АНАЛИЗ РЫНКА ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ

Россия имеет самый большой в мире ветропотенциал, ресурсы ветровой энергии определены в 10,7 ГВт, а технический потенциал ветровых электростанций оценивается в 2 469,4 млрд кВт/ч в год. Однако как показало исследование AnalyticResearchGroup, реализованы эти возможности незначительно.

Энергетические ветровые зоны в России расположены в основном на побережье и островах Северного Ледовитого океана от Кольского полуострова до Камчатки, в районах Нижней и Средней Волги и Дона, на побережье Каспийского, Охотского, Баренцева, Балтийского, Черного и Азовского морей. Отдельные ветровые зоны расположены в Карелии, на Алтае, в Туве, на Байкале.

Географически распределение ветроэнергетических компаний в 2010 г. выглядело следующим образом (рис. 1).



Рис. 1. Географическое распределение
ветроэнергетических компаний по регионам [1]

Наиболее подготовленные районы и мощности, где можно было бы построить ВЭС до 2020 г. – это Южный и Дальневосточный федеральные округа с показателями установленной мощности в 2050 и 7000 Мвт соответственно.

Самой крупной ВЭС в России на данный момент является Ульяновская. Мощностью 35 МВт и стоимостью около 65 млн евро, построенная за год в Ульяновской области и управляемая российской компанией «Фортум». Ветровое поле составляют 14 ветрогенераторов производства китайской компании DongFang мощностью 2,5 МВт каждый.

По итогам первого квартала ветропарк «Фортум» выработал 21,61 ГВт.ч. Ожидается, что годовой объем реализации электрической энергии, произведенной на УВЭС-1, составит 85 ГВт.ч.

В Адыгее в прошлом году началось строительство ветропарка мощностью в 150 МВт. Регион обладает хорошим потенциалом для развития этого сегмента ВИЭ (Возобновляемые Источники Энергии) — средняя годовая скорость ветра составляет здесь 6,2 м/с. Проект реализует ОТЭК (дочерняя структура госкорпорации «Росатом»).

«ВетроОГК», входящая в структуру ОТЭК, выиграло тендер, проведенный еще в 2016 г. на строительство ветропарков общей мощностью 610 МВт, включая ветростанцию в Республике Адыгея на 150 МВт и еще более масштабный проект в Краснодарском крае — сооружение ВЭС мощностью 460 МВт.

По результатам прошлогоднего отбора проектов в области возобновляемой энергетики, в России будет построено еще 1651 МВт ветроэнергетических мощностей. Так, «Энел Россия» получила право на строительство двух ветропарков в Ростовской и Мурманской областях общей мощностью в 291 МВт. Предполагаемые инвестиции в оба проекта составят 405 млн евро. Строительство ветропарка в Азовском районе Ростовской области мощностью в 90 МВт должно стартовать в ближайшее время. Enel планировала построить Ростовскую ВЭС до конца 2020 г.

«Интер РАО» также изучает возможности строительства в России ветроэнергетических станций. ТГК-1 прорабатывает проекты строительства ВЭС в Ленинградской области и Санкт-Петербурге: мощность планируемых ветропарков может достичь 50 МВт. Не так давно, Минэнерго рассказало о проведении в 2018 г. конкурсов на строительство объектов ВИЭ в России суммарной мощностью в 1 ГВт [2].

Большой список ВЭС имеется в Крыму, где ветроэнергетика имеет большую эффективность из-за географического положения и особенностей атмосферных потоков ветра. Изолированная энергосистема Крыма во многом опирается на ветрогенераторы, позволяющие использовать собственную энергию, а не поставляемую с материка.

Имеющиеся на сегодняшний день ВЭС являются, по сути, первыми пробными комплексами, созданными в том числе для получения практического опыта эксплуатации подобных сооружений и для сбора статистики, дающей информацию о возможностях ВЭС в условиях российских регионов.

Согласно стратегии развития ВИЭ к концу 2024 году совокупный объем установленных мощностей ВЭС должен составить 3,6 ГВт. На начало 2016 года большая часть ветряных электростанций нуждалась в существенном ремонте или находилась на грани закрытия: в частности, в ветропарке «Куликово» в Калужской области (самом первом в России) работало только 16 из 21 ветряных установок, каждая мощностью 225 КВт (3,6 МВт совокупная мощность); на Анадырской ВЭС также работало всего 6 из 10 ветроустановок, каждая мощностью 250 КВт (совокупно 1,5 МВт), планировалась замена 10 ветрогенераторов благодаря программе ТОР (территорий опережающего развития), выполнять работы будет ООО «СтройИнвест-Энергия»; ВЭС в Воркуте не действовала на протяжении уже нескольких лет, ее владельцы безуспешно пытались. найти покупателей

К настоящему моменту в России представлено около 10 крупных ветропарков, на долю которых приходится около 90% суммарной мощности. Кроме того, функционирует около 1600 малых ВЭУ, мощностью от 0,1 до 30 кВт. Стоит отметить, что установка практически всех ветропарков относится к 2002—2003 годам. Увеличение мощностей происходит в основном за счет маоломощных индивидуальных энергоистем, объем реализации которых составляет превышает 250 ветроэнергетических установок (мощностью от 1 кВт до 5 кВт). На рынке работают свыше 50 участников, половину из которых можно отнести к производителям.

Практически все производители изготавливают свою продукцию на основании собственных разработок. Менее 1% изготавливают ВЭУ на основе трансферта зарубежных технологий.

Среди отечественных производителей ветрогенераторов можно выделить:

1. ООО Ветро Свет.
2. ООО СКБ Искра (Москва).
3. ООО «ГРЦ-Вертикаль» Челябинская обл. (г. Миасс).
4. ЗАО Ветроэнергетическая компания (Санкт-Петербург).
5. ЛМВ Ветроэнергетика (Хабаровск).
6. ЗАО Агрегат-Привод (г. Москва).
7. Н.П.П. Энерго-Экологические Системы.
8. Возобновляемые источники энергии Rkraft.
9. ООО Стройинжсервис (г.Рыбинск).
10. ООО Евростандарт Сервис (г. Москва).

При приобретении ветряных генераторов для потребителя, как и в любом другом вопросе важна его стоимость. И зарубежные аппараты в этом плане занимают далеко не выигрышную позицию. Так, рядовой россиянин при необходимости ветрогенератора для использования в частном доме может приобрести отечественный аппарат за 15-27 тысяч руб. Для большинства наших сограждан сумма довольно приемлемая, а зарубежный аппарат с аналогичными техническими характеристиками обойдется в 60-100 тысяч руб. [3].

На текущий момент существует устойчивая тенденция снижения стоимости ветрогенераторов, которая отражена на рис. 2.

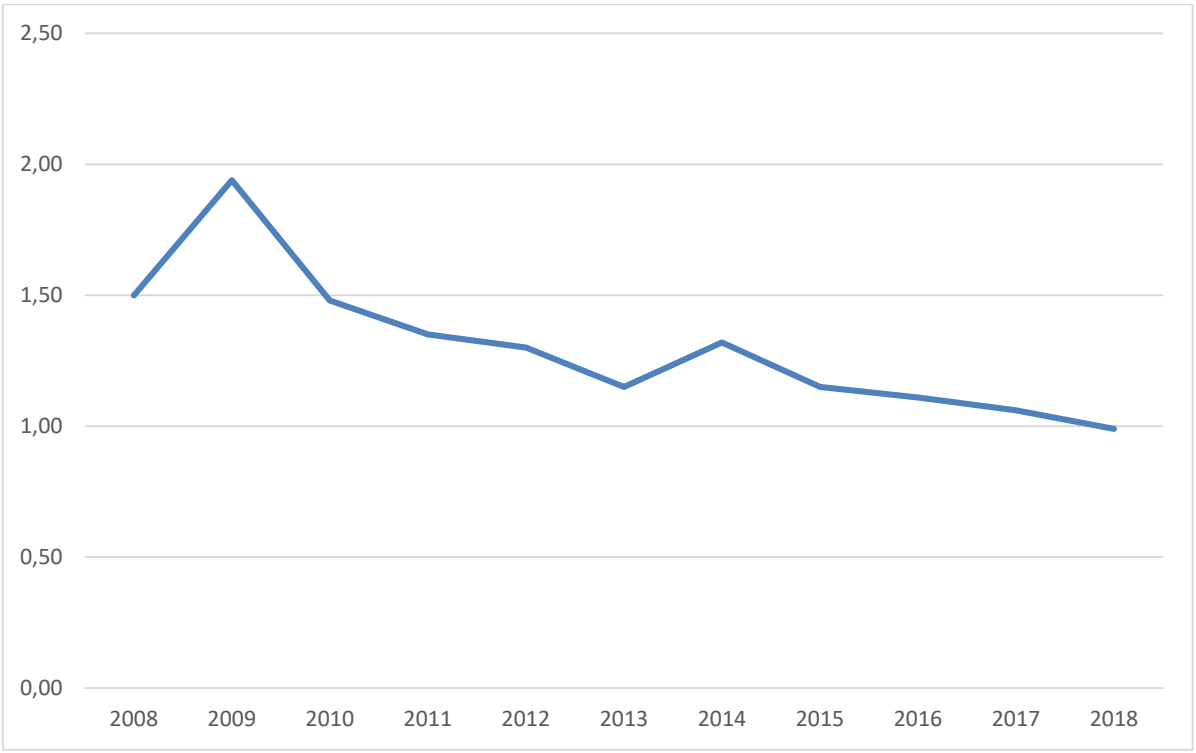


Рис. 2. средняя рыночная цена ветрогенераторов
(в долларах США на мегаватт мощности)

По данным диаграммы видно, что за последние 10 лет стоимость 1 мегаватта мощности ветрогенератора снизилась более, чем в 2 раза. Подобного рода удешевление производства связано с развитием технологий, оптимизацией производственных процессов и повышением уровня локализации. Можно предпола-

гать, что в ближайшее десятилетие тенденция сохранится, что при поддержке государства и снижении стоимости постройки ветропарков позволит России занять устойчивые позиции на рынке ветрогенерации в мире.

Библиографический список

1. Рынок ветроэнергетики. URL: https://techart.ru/files/publications/Рынок%20вертоэнергетики.pdf (дата обращения: 12.03.2019).

2. Ветроэнергетика 2019. URL: https://www.windrussiaconference.com/v-rossii-otkryli-pervyj-promyshlennyj-vetropark/ (дата обращения: 12.03.2019).

3. Ветрогенераторы российского производства и их цена URL: http://slarkenergy.ru/vetrogenerator/rossijskogo-proizvodstva-cena.html (дата обращения: 12.03.2019).

УДК 681.5

А.Е. Карлов
аспирант кафедры механики, мехатроники и робототехники
П. А. Безмен – кандидат технических наук – научный руководитель
Юго-Западный государственный университет, г. Курс

ЮГО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, Г. КУРСМОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЭКЗОСКЕЛЕТА

Особые нагрузки человек испытывает при выполнении разгрузочно-погрузочных (такелажных) работ. Такие условия труда можно отнести к экстремальным**,** приводящим к снижению работоспособности человека, вызывающим функциональные изменения, выходящие, в ряде случаев за пределы нормы, то есть сверхэкстремальные условия труда, приводящие к возникновению в организме человека патологических изменений и к невозможности выполнения работы.

Создать комфортные условия труда, обеспечивающие оптимальную работоспособность человека и сохранение его здоровья можно с помощью применения промышленных экзоскелетов. Последние годы в развитых странах мира получили распространение такие экзоскелеты как Fortis, HULC, HAL, Panasonic и другие. Дальнейшее внедрение экзоскелетов предполагает разработку и создание инструментальных средств проектирования таких устройств на основе моделирования и изучения механизмов взаимодействия человека и экзоскелета при выполнении различных движений. В целом ряде работ [1-8] приведен анализ движения экзоскелета при выполнении тех или иных упражнений, однако вопрос взаимодействия человека и экзоскелета не рассматривался. Поэтому в статье рассмотрены вопросы моделирования движения человека при взаимодействии с ассистирующим экзоскелетом тазобедренного сустава.

1. Описание системы человек-экзоскелет

Будем рассматривать поворот спины человека в экзоскелете. В этом случае в системе человек-экзоскелет, представленной на рис. 1, можно выделить оператора, который осуществляет информационное взаимодействие с окружающей средой с помощью зрения и тактильных сенсоров и силовое взаимодействие

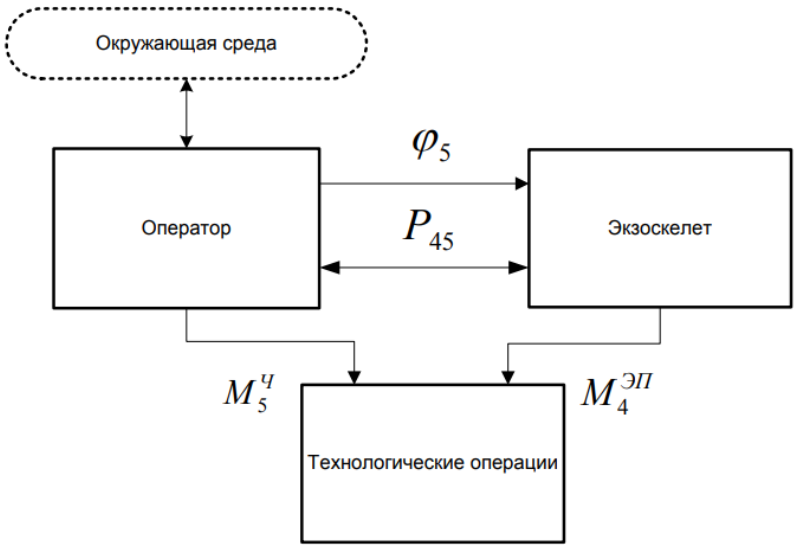


Рис. 1. Схема системы человек – экзоскелет

с технологической нагрузкой, оцениваемое моментом $M_5^{ч}$, создаваемым мышечной системой тазобедренного сустава и экзоскелета, оснащенного электроприводами, создающими моменты $M_4^{эп}$, помогающими оператору выполнять ту или иную технологическую операцию.

Взаимодействие человека и экзоскелета осуществляется с помощью силового человеко-машинного интерфейса. Мерой механического взаимодействия в этом случае является сила P_{54}.

Также, оператор воздействует на экзоскелет, задавая характер движения спины с помощью угла ϕ_5.

2. Математическая модель

На рис. 2 представлена расчетная схема взаимодействия спины человека и экзоскелета.

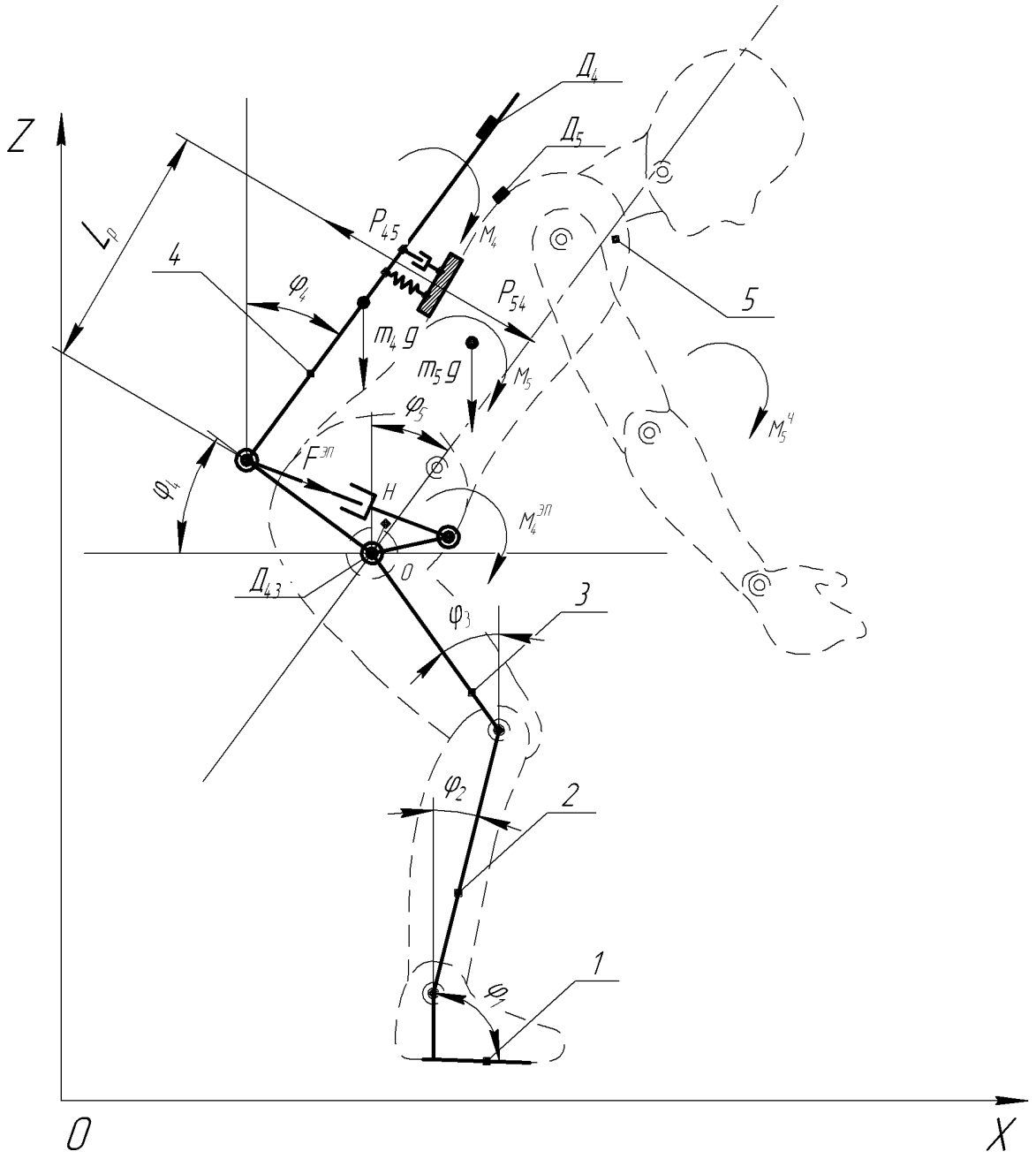


Рис. 2. Расчетная схема взаимодействия человека и экзоскелета

В общем случае модель человека состоит из стопы 1, голеностопа 2, бедра 3, спины экзоскелета 4, спины человека 5. Положение в сагиттальной плоскости этих звеньев оценивается абсолютными углами $\phi_1,\phi_2,\phi_3,\phi_4,\phi_5$. На данном этапе исследований ограничимся рассмотрением вращательного движения спины человека и экзоскелета, определяемого углами ϕ_4,ϕ_5.

Дифференциальные уравнения, которые описывают взаимосвязанное движение человека и экзоскелета, имеют вид:

$$\begin{cases} I_5\ddot{\phi}_5 = M_5 - M(P_{54}) + M_5^{Ч} \\ I_4\ddot{\phi}_4 = M_4 + M(P_{54}) + M_4^{ЭП} \end{cases} \quad (1)$$

здесь обозначено: I_5, I_4 –приведенные моменты инерции, M_5, M_4 – моменты сил тяжести спины человека и экзоскелета, $M_4^{ЭП}$ – момент создаваемый электроприводом экзоскелета, $M_5^{Ч}$ – момент создаваемый мышечной силой человека, $M(P_{54})$ – момент силы, возникающий в результате взаимодействия спины человека и экзоскелета.

Взаимодействие человека и экзоскелета происходит через человеко-машинный интерфейс. Для моделирования которого принята линейная упруго-вязкая модель Фойхта с параметрами C_{54}, μ.

$$M(P_{54}) = C_{54} \cdot (\phi_5 - \phi_4) + \mu \cdot (\dot{\phi}_5 - \dot{\phi}_4) \quad (2)$$

Определим моменты сил тяжести человека и спинки экзоскелета:

$$M_5 = \sin(\phi_5)\frac{L_5}{2} m_5 g$$

$$M_4 = \sin(\phi_4)\frac{L_4}{2} m_4 g$$

L_5 − приведенная длина спины оператора; L_4 - приведенная длина спины экзоскелета.

Для построения адекватной модели момента, создаваемого мышечной системой бедренного сустава человека, примем, что человек определяет траекторию движения спины на основании анализа зрительной и тактильной информации и мозг человека формирует желаемую траекторию движения в виде закона изменения угла поворота спины относительно тазобедренного сустава $\phi_5^*(t)$.

Разработана структурная схема взаимодействия человека и экзоскелета. Предложена расчетная схема и математическая модель, описывающая движение человека и экзоскелета. В качестве модели человеко-машинного интерфейса использована модель Фойхта.

Библиографический список

1. Искусственные мышцы. URL: https://wyss.harvard.edu/artificial-muscles-give-soft-robots-superpowers/ (дата обращения: 12.03.2019).

2. Jatsun S.F., Savin S.I., Yatsun A.S. Parameter Optimization for Exoskeleton Control System Using Sobol Sequences. ROMANSY 21 — Robot Design, Dynamics and Control: Proceedings of the 21st CISM-IFToMM Symposium. Udine. Italy.2016. pp. 361–368.

3. Jatsun S., Savin S., Yatsun A., Gaponov I. Study on a Two-Staged Control of a Lower-Limb Exoskeleton Performing Standing-Up Motion from a Chair. Robot Intelligence Technology and Applications. 2016. Vol. 4. Pp. 113–122.

4. Jatsun S., Savin S., Bezmen P. Modelling of exoskeleton movement in verticalization process. International Conference on Pure Mathematics – Applied Mathematics (PMAM 2015). Vienna. Austria. 2015. Pp. 83–87.

5. Plagenhoef, Stanley, F. Gaynor Evans, and Thomas Abdelnour. "Anatomical data for analyzing human motion." Research quarterly for exercise and sport 54. 1983. No. 2. Pp. 169-178.

6. Jatsun S., Savin S., Yatsun A., Malchikov A. Study of controlled motion of exoskeleton moving from sitting to standing position / "24th International Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region", 2015.

7. Jatsun S., Savin S., Bezmen P. Modelling of exoskeleton movement in verticalization process, New Developments in Pure and Applied Mathematics. 2015. Pp. 83-87.

8. Яцун С.Ф., Савин С.И., Яцун А.С., Ворочаева Л.Ю. Математическое моделирование управляемого движения четырехзвенного механизма с отрывом от поверхности / XI Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механике. Москва. 2015. 244 с.

УДК 004

А.Е. Керс
магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении
М.В. Канавцев – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ERP ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОМПЛЕКСНОСТИ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧ ПРЕДПРИЯТИЯ

Системы ERP сегодня помогают автоматизировать множество процессов предприятия. Существует ряд недостатков данных систем и рекомендаций к модернизации. Современные ERP требуют мобильности контроля, а также оптимизацию интерфейса использования. Внедрение нейросетей в архитектуру ERP систем позволит повысить эффективность предприятия за счет самостоятельности настройки и интеграции уже имеющихся систем предприятия.

На сегодняшний день система ERP ассоциируется с автоматизацией процесса управления предприятием в целом, ключевой термин ERP является Enterprise – «предприятие», и только потом – «планирование ресурсов». Истинное предназначение систем ERP – в интеграции всех отделов и функций производственного предприятия в единую цифровую систему, способную обслужить все специфичные нужды отдельных подразделений.

Сегодня внедрение систем ERP достаточно сложный технологический процесс. Наиболее трудозатратной задачей, является построение единой системы, направленной на обслуживание всех запросов сотрудников финансового отдела, отдела кадров, склада, и прочим подразделениям, единовременно. Каждый из этих отделов обычно имеет собственную компьютерную систему, оптимизированную под свои особенности работы.

ERP комбинирует все в рамках одной интегрированной программы, которая работает с единой базой данных, так, что все департаменты могут легче обмениваться информацией и общаться друг с другом. Такой интегрированный подход обещает обернуться очень большой отдачей, если компании смогут корректно установить систему. Однако, как и все современные системы, ERP имеет ряд недостатков, которые не позволяют использовать систему каждому предприятию, а также пользоваться всеми преимуществами и возможностями подобного рода систем.

По мнению социальных СМИ, публикующих материалы по вопросам IT технологий: «По мере структурирования промышленных компаний, все более популярными, становятся современные автоматизированные системы поддержки управленческой деятельности, так называемые, ERP-системы, которые позволяют создать единую среду для автоматизации планирования, учета, контроля и анализа всех основных бизнес-операций в масштабе предприятия. Конкурентоспособность и успешность компаний в условиях рыночной экономики напрямую зависит от их способности к быстрой адаптации и мгновенному реагированию на изменение рыночной среды.

Новые горизонты бизнеса и новые задачи требуют частого пересмотра бизнес-процессов, а увеличивающиеся объемы накапливаемых данных – новых, более совершенных средств управления ими. Системы ERP позволяют руководству, собственникам бизнеса повысить конкурентоспособность и инвестиционную привлекательность компании, за счет оптимизации и стандартизации бизнес процессов с использованием лучших мировых практик и обеспечения прозрачности операционной и финансовой деятельности и применения IT-инструментов». [3]

Комплексная автоматизация управления предприятием – это не просто создание информационной системы, а переход к управленческой концепции, включающей в себя одновременно инструменты и стандарты управления. Такой путь к повышению эффективности предприятия предполагает комплексный подход к оптимизации бизнеса. Прежде всего, система управления предприятием должна предоставить руководству новые возможности, поддерживающие управленческие изменения и эволюцию бизнес процессов.

Функциональные возможности ERP-системы охватывают следующие контуры управления предприятием: управление финансами; взаимоотношениями с клиентами, с поставщиками; жизненный цикл продукта; персонал; логистика; производственная деятельность; нормативно-справочная информация; МТО; техническое обслуживание оборудования. Как и в любой системе, здесь имеются свои недостатки и ограничения, о которых необходимо знать во избежание дальнейших трудностей.

Основные сложности на этапе внедрения ERP систем возникают по следующим причинам: недоверие владельцев компаний высокотехнологичным решениям, в итоге – слабая поддержка проекта с их стороны, что делает осуществление проекта трудноreализуемым; сопротивление департаментов в предоставлении конфиденциальной информации уменьшает эффективность системы. Ряд проблем, связанных с функционированием ERP, возникают из-за недостаточного инвестирования в обучение персонала, а также в связи с недоработанностью политики занесения и поддержки актуальности данных в ERP [4].

На основе изученного материала моно сделать вывод, что недостатком систем данного типа является высокая стоимость. Так как полноценная система ERP включает в себя множество составляющих, то она является затратной для предприятия любого уровня. Необходимы как сами компоненты системы, так и работы по планированию, внедрению, настройке, тестированию и дальнейшему сервисному обслуживанию. Для крупных организаций, внедрение полноценной ERP системы может занять от 1 до 3-х лет. Еще один недостаток – низкий уровень совместимости ERP систем с современными бизнес-процессами. Для систем, с большим множеством настроек, возникает проблема доработки и изменения при модернизации бизнес процессов.

При успешном внедрении ERP систем в процессы предприятия, возникают сложности с освоением программ контроля. Как правило, ERP системы обладают сложными интерфейсами пользователей. Для успешного внедрения и работы ERP системы необходимо длительное обучение персонала. Для внедрения ERP системы и ее нормальной работы предприятию может потребоваться обновить часть оборудования, что влечет за собой дополнительные косвенные затраты. При внедрении, ERP система заменяет собой существующие разрозненные информационные системы управления.

Технический мониторинг всех процессов может осуществлять только подготовленный персонал, в основном только компания – поставщик может грамотно наладить весь функционал подобных систем. Системы ERP сегодня позволяют автоматизировать множество процессов на предприятии, но возникают сложности с освоением программ работы с данными системами.

В табл. 1 представлены основные сложности при внедрении системы ERP на предприятие.

Проанализировав табл. 1, можно сделать вывод, что на сегодняшний день руководство предприятий не видит смысла внедрения данных систем по причине невнимательности к ERP, отсутствия четких целей, стратегий развития и неготовности предприятий к изменениям, ввиду сложности данных систем.

Таблица 1

Основные критерии низкой востребованности систем ERP на предприятии

Невнимание руководства к проекту	40%
Неформализованность бизнес-процессов на предприятии	12%
Отсутствие четких целей проекта	15%
Недостаточное финансирование проектов	2%
Низкая квалификация кадров на предприятиях	6%
Коррупция на предприятиях	5%
Нестабильность законодательства	6%
Неготовность предприятия к изменениям	14%

Модернизировать данные системы необходимо на основе современных технологий. Внедрение нейросетей в архитектуру ERP систем позволит повысить автономность. Искусственные помощники способны «самостоятельно» принимать решения и выстраивать настройку системы согласно требованиям пользователя, без постоянного участия человека в данном процессе, что заметно упростит настройку ERP и ее дальнейший контроль.

По причине сложности существующего интерфейса систем, рядовым кадрам предприятия трудно работать с ERP. Необходимо модернизировать структуру работы управляющего персонала с интерфейсом ERP, а именно – реорганизация рабочих процессов и их интеграция в мобильные приложения, которые позволят интуитивно работать с ERP, а также исключат проблему мобильности, оперативности контроля и принятия решений.

Сегодня всё более актуальной становиться модернизация системы управления предприятием, посредством цифровизации большинства отделов предприятия и включения их в единую систему, на основе технологии нейросетей, что позволит оптимизировать контроль каждого участка предприятия и даст возможность быстрого анализа бизнес-процессов. Нейросети позволят интегрировать имеющиеся системы предприятия в ERP, что повлечет за собой оптимизацию расходов. Наличие комплексного подхода к решению проблем предприятия, позволит внедрять данные системы на предприятия любого типа, независимо от масштабов, отрасли и специфики деятельности, что упростит задачи, автоматизирует множество процессов, тем самым увеличив энергоэффективность.

Библиографический список

1. Армашова-Тельник Г.С., Канавцев М.В., Сердитов В.А. Эволюция систем поддержки принятия управленческих решений в промышленности / Завалишинские чтения'18: сб. докл. СПб.: ГУАП, 2018. С. 222-227.

2. Попова А.Л., Канавцев М.В. Трансформация российского рынка труда в условиях цифровизации экономики. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 3(52). С. 171-176. .

3. «Хабрахабр» — социальное СМИ об IT. URL: http://www.xn--80aajbde2dgyi4m.xn--p1ai/catalog-sites/spravki-informatsiya/universalnoe/habrahabr.ru/ (дата обращения: 02.02.2018).

4. Enterprise Resource Planning Systems: Systems, Life Cycle, Electronic Commerce, and Risk // Scientific American, 2004.

5. ERP–online. Независимый ERP-портал URL: http://www.erp-online.ru/ (дата обращения: 05.02.2019).

6. Lee H. et. al. 2011// HighLoad++ Высоконагруженные системы. URL: https://techcave.ru/groups/highload (дата обращения: 02.02.2019).

УДК 617.7

П.С. Козырь
студентка кафедры биотехнических систем и технологий
И.З. Поясов – профессор, доктор биологических наук – научный руководитель

СМАРТ-ПОВЯЗКА ДЛЯ УДАЛЕННОЙ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ РАНЕВЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Гибкие полимеры благодаря улучшенным физико-химическим свойствам, таким как прозрачность, теплопроводность и гибкость, все чаще используются в создании устройств для диагностики и контроля инфекционных заболеваний и мониторинга состояния здоровья вне лабораторных условий, и, как правило, в местах, где нет хорошо подготовленных технических специалистов и сложной лабораторной инфраструктуры.

Кожа обладает превосходными регенерационными свойствами, которые обеспечивают ее быстрое заживление после травм. Однако некоторые заболевания (диабет) или травматические повреждения, которые вызывают значительные изменения в состоянии кожи (ожоги), могут подавлять ее регенеративные способности.

В работе [1] представлена платформа, способная обнаруживать бактериальную инфекцию путем постоянного мониторинга pH раны, а также локально вводить антибиотик по требованию.

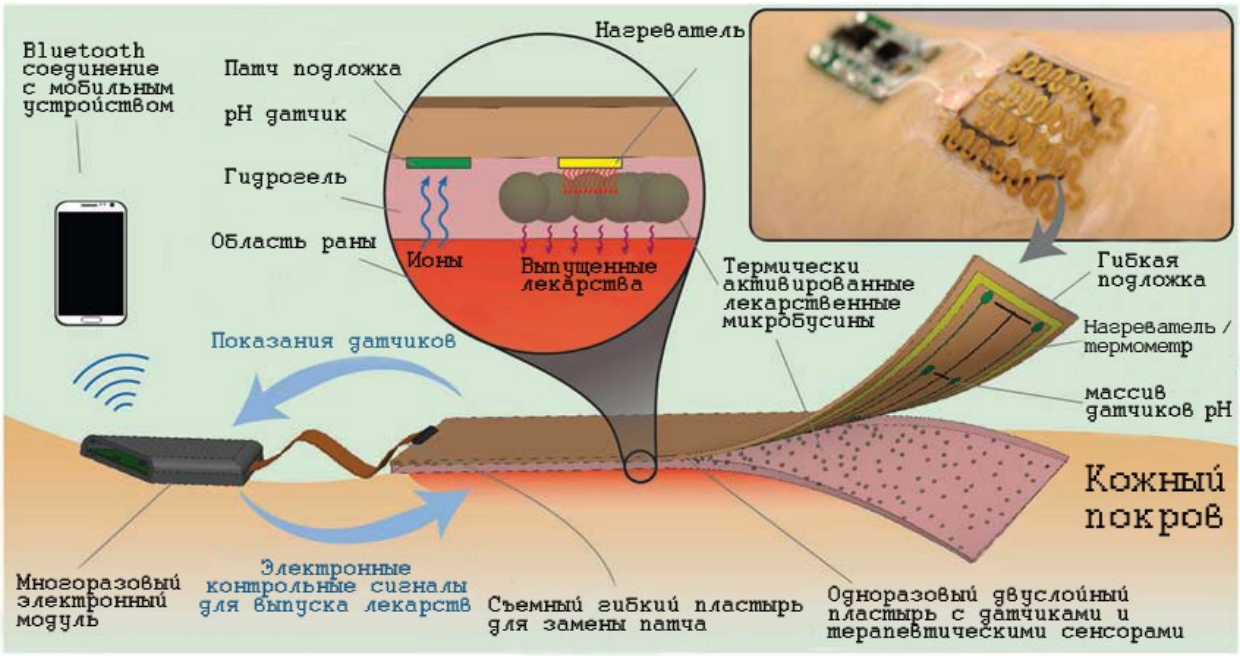


Рис. 1. Концептуальное представление смарт-повязки

На рис. 1 изображено схематическое и концептуальное представление автоматизированной умной повязки. Над слоем альгинатного гидрогеля размещены гибкие датчики pH и гибкий нагреватель. В гидрогель внедрены термочувствительные лекарственные носители, содержащие антибиотики. Пластырь размещен непосредственно на гибком нагревателе, который в свою очередь контролируется с помощью встроенного микроконтроллера. Микроконтроллер также может обмениваться данными с внешними источниками по беспроводной связи, используя

низкоэнергетический модуль Bluetooth (LightBlue Bean, MA), собранный на электрической плате. Вся конструкция крепится к прозрачной медицинской ленте для образования переносной платформы толщиной менее 3 мм. Платформа спроектирована таким образом, чтобы сенсорные модули и встроенный нагреватель были недорогими и могли быть утилизированы, а электронику можно было повторно использовать.

Потенциометрические датчики pH состоят из рабочего электрода углерод/полианилин (PANI) и твердотельного электрода сравнения Ag/AgCl. Показание напряжения на двух электродах привязывается к уровню pH раствора анализа. PANI используется в качестве положительной обменной мембраны (рис. 2 A – C). Принцип действия датчиков pH включает протонирование и депротонирование рабочего электрода в кислотной и основной среде, где накопление заряда приводит к выходному напряжению, которое можно измерить для определения pH. При проведении эксперимента, датчики обладали средней чувствительностью -50 мВ pH^{-1}. (рис. 2D).

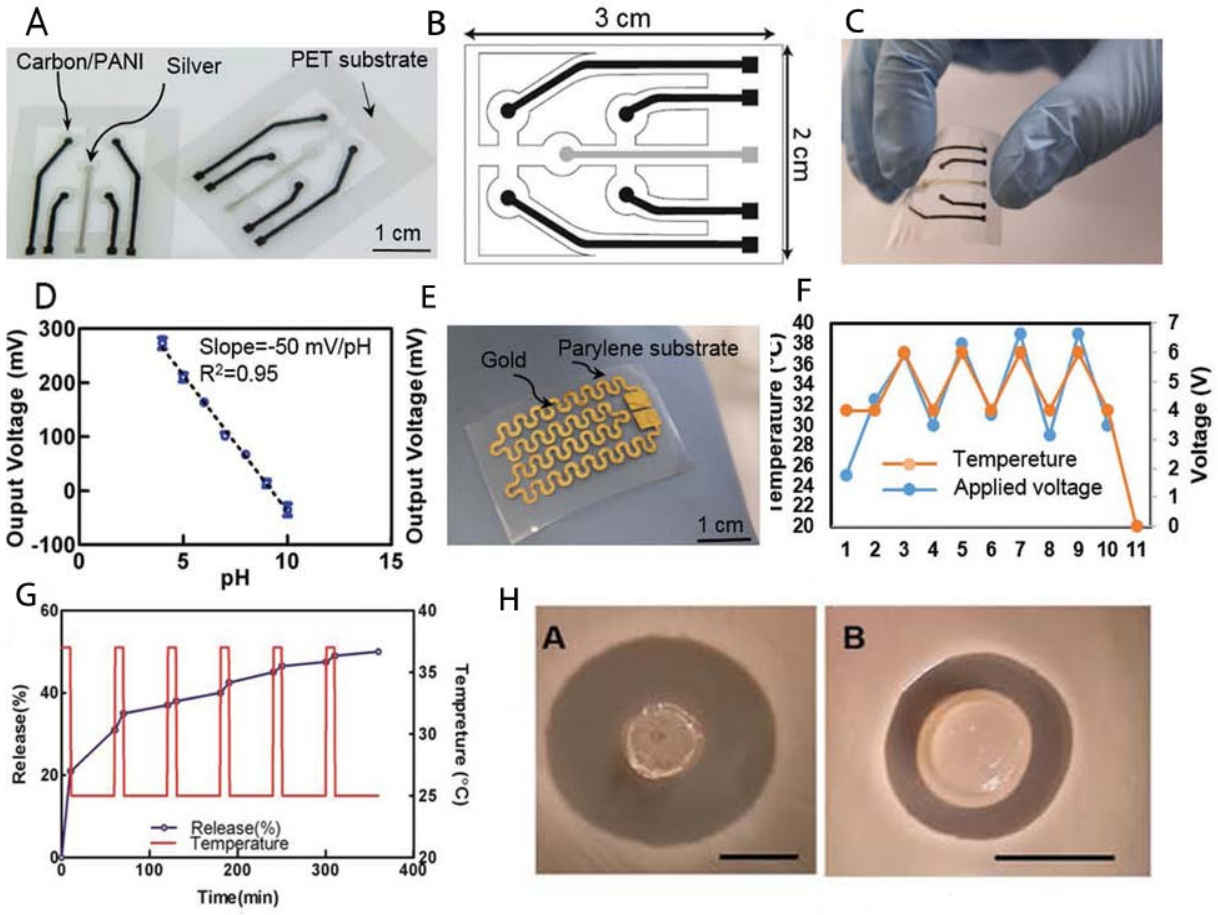


Рис. 2. A–C − оптические изображения и конструкция изготовленного датчика pH на ПЭТ пленке. D − график поведения датчика pH в диапазоне 4–10 с r^2 = 0,95 и чувствительностью −50 мВ pH^{-1}. E − оптическое изображение гибкого нагревателя изготовленного с использованием золотых электродов на париленовой подложке. F − изменение температуры в ответ на циклическое приложение напряжения к нагревателю для изменения температуры платформы. G − регулирование скорости высвобождения цефазолина путем регулирования температуры. H − диффузионный тест на антибактериальные свойства. Высвобождение лекарств из гидрогеля и отрицательный контроль (гидрогель без антибиотиков)

Резистивный микронагреватель с сопротивлением 20 Ом был спроектирован и изготовлен на гибкой париленовой подложке (рис. 2E). Электрическая мощность передавалась на нагреватель с помощью электрического драйвера, управляемого микроконтроллером Arduino (LightBlue Bean, MA). Для регулировки температуры, генерируемой нагревателем, и предотвращения перепада температуры, в повязку рядом с гибким нагревателем был установлен коммерчески доступный гибкий датчик температуры (OMEGA, CT) с линейным откликом и чувствительностью 10 Ом $°C^{-1}$. Обратная связь с датчиком температуры использовалась для регулировки температуры платформы. Микронагреватель в сочетании с датчиком температуры и электронной системой также обеспечивает стабилизацию температуры среды раны. Эксперимент показал способность платформы динамически переключаться между различными температурами. Платформа была запрограммирована на переключение температуры между 30 и 40 °C (рис. 2F).

Чтобы иметь возможность высвобождать антибиотики по требованию, в повязку помещены реагирующие на внешние стимулы носители лекарств. Этими носителями служат частицы PNIPAM (Poly (N-isopropylacrylamide)), представляющие собой биосовместимый термочувствительный материал, который может осуществлять гидрофильно-гидрофобный переход выше своей критической температуры [2]. Критическая температура частиц PNIPAM, при которой они могут высвобождать антибиотик, составляет около 32 °C. Однако, если PNIPAM соединить с другими мономерами или сополимеризовать, то, таким образом, можно повысить его критическую температуру до ≈ 37 °C. Диаметр частиц составлял 300 мкм.

Для загрузки лекарств лиофилизированные (высушенные) частицы PNIPAM вымачивали в растворе цефазолина (10 мг/мл) при 4°C, при этом частицы быстро набухали при загрузке антибиотика. Цефазолин является эффективным антибиотиком, используемым против *S. Aureus* (Золотистый стафилококк), который является наиболее распространенной бактерией при инфицированных хронических ранах. После подачи тепла к альгинату, когда температура стала выше критической температуры раствора, произошел фазовый переход, и частицы PNIPAM превратились из гидрофильного полимера в гидрофобный полимер. Такое изменение привело к выбросу антибиотика. Это поведение высушивания и набухания является обратимым процессом, который не вызывает морфологического повреждения. Чтобы оценить возможность динамического высвобождения лекарств, нагревание применяли периодически (30 мин нагревание, 30 мин остывание) и определяли количество высвобождения лекарственного средства. Результаты показали, что после снижения температуры скорость высвобождения антибиотика была значительно снижена. При повторном нагревании высвобождение лекарственного средства восстанавливалось (рис. 2G).

Время высвобождения цефазолина было зафиксировано. Данные свидетельствуют о быстром всплеске, за которым следовало контролируемое высвобождение препарата; около 80% препарата высвобождалось в течение 1 часа.

Для оценки эффективности термочувствительной доставки антибиотиков был проведен тест зон ингибирования (ZOI). Для этого бактерии *S. aureus* культивировали и добавляли на поверхность чашки с агаром. Затем два набора гидрогелевых пластырей с антибиотиками и без них помещали на бактериальную культуру. Увеличение параметра ZOI (≈10 мм) наблюдалось вокруг пластыря, загруженного антибиотиками, по сравнению с тем, где антибиотика не было. Таким образом, была подтверждена эффективность высвобожденного лекарственного средства для ингибирования роста бактерий (рис. 2H, фото A, B).

В предлагаемой смарт-повязке датчики pH и температуры, а также лекарственное средство-антибиотик служат моделями датчиков и лекарственного средства. В систему можно встроить больше датчиков измерений для различных диагностических и лечебных целей.

Известно, что в ране при воспалении из мелких кровеносных сосудов выделяется экссудат. Он проникает на кожные покровы, в результате чего происходит их мацерация. Для того чтобы убрать из раны экссудат в повязку можно поместить слой материала, состоящего из графитовых частиц, представляющих собой расширенную форму интеркалированного соединения фторированного графита. Наноструктурированный графитовый материал, имеющий длину частичек до 5÷6 мм с толщиной графеновых слоев 1÷10 нм и размером пор от нанометра до 10 мкм, удельную площадь поверхности не менее 500÷600 м^2/г, обладает адсорбционной способностью до 8000÷26000% по отношению к жидкостям. Графитовый материал прочно фиксирует в межслоевых порах раневые выделения. В итоге полностью снижается возможность десорбции гноя, и ухудшаются условия вегетирования микрофлоры в ране. Полная воздухо- и паропроницаемость сорбционного слоя на основе частиц расширенной формы графита позволяют поддерживать сбалансированный воздухообмен и уровень влажности раневой среды.

При использовании смарт-повязки в полевых условиях (удаленные районы с режимом ЧС, при ведении боевых действий, в геологических партиях) следует дополнить антибиотики, размещенные в повязке, обезболивающими средствами, не теряющими свои свойства в кислой среде. Примером таких обезболивающих средств являются тримекаин и совкаин. Это позволит сохранить дееспособность пострадавшего до момента доставки его в стационарное лечебное учреждение [3-4].

Развитие диагностики (point-of-care – «у постели больного», *далее* – POC) для больных в условиях ограниченных ресурсов (resource-limited settings – далее RLS), казалось бы, простая задача, решаемая использованием недорогостоящих материалов и простейших технологий. Но это совершенно не так! Выполнение данной задачи требует не только мультидисциплинарных экспертных знаний базовых дисциплин, разработки аппаратного и программного обеспечения, иммунологии, молекулярной биологии и медицины, а также их оценки, регулирования, совместимости с существующими регламентами в RLS. Эта задача пугающе сложная, так как требует высокого уровня качества диагностических клинических проб на ограниченном бюджете со строгими эксплуатационными требованиями в реальных условиях. Это намного сложнее, чем усовершенствовать диагностику POC для RLS. Ведь проще административно установить сложный протокол для диагностических технологий высокого уровня для RRS.

Внедрение новых методов экспресс-диагностики POC позволит реально спасать жизни, полноценно лечить пациентов в RLS, а также предотвращать развитие болезни.

Библиографический список

1. Mostafalu, Pooria; Tamayol, Ali; Rahimi, Rahim; Ochoa, Manuel; Khalilpour, Akbar; Kiaee, Gita; Yazdi, Iman K.; Bagherifard, Sara; Dokmeci, Mehmet R.; Ziaie, Babak; Sonkusale, Sameer R.; and Khademhosseini, Al. Smart Bandage for Monitoring and Treatment of Chronic Wounds /Mechanical & Materials Engineering Faculty Publications. 2018. 284.

2. Tamayol A., Najafabadi A. H., Mostafalu P., Yetisen A. K., Commotto M., Aldhahri M., Abdel-wahab M. S., Najafabadi Z. I., Latifi S., Akbari M., Annabi N., Yun S. H., Memic A., Dokmeci M. R., Khademhosseini A. Biodegradable elastic nanofibrous platforms with integrated flexible heaters for on-demand drug delivery/Sci. Rep. 2017. 7. 9220.

3. Кузина М.И, Костючонок Б.М. *Раны и* раневая инфекция. Руководство для врачей. М.: Медицина, 1990. 592 с.

4. Абаев Ю.К. Биология заживления острой и хронической раны // Мед. новости. 2003. № 6. С. 3–10.

УДК 621.314.521:621.317.372:621.317.382:621.317.78

К.А. Кологрив
магистрант кафедры управления в технических системах
А.А. Ефимов – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

ИЗМЕРЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ТРЕХФАЗНЫХ СИСТЕМАХ С АКТИВНЫМИ ВЫПРЯМИТЕЛЯМИ

Произведение мгновенных значений напряжения и тока на входе системы определяет мгновенную мощность. Эта мощность изменяется по амплитуде и знаку в течение периода переменного тока и равна скорости поступления электромагнитной энергии в данный момент времени. Если в линейной цепи напряжение и ток изменяются по синусоидальному закону, то мгновенная тепловая мощность изменяется с двойной частотой и характеризует скорость преобразования электрической энергии в другие виды энергии (например, при наличии резистора в цепи часть энергии переходит в тепловую энергию). Другая составляющая энергии периодически накапливается в индуктивной составляющей нагрузки, затем возвращается во внешний источник электроэнергии за вычетом потерь в активном сопротивлении всей замкнутой цепи, включая источник [1]. Такая составляющая мощности называется реактивной, а сопротивление накопительного элемента энергии – реактивным. Реактивное сопротивление создается конденсаторами или другими накопительными элементами.

Полная мощность S всегда больше активной мощности, которая передается в нагрузку. Это обусловлено присутствием неактивных составляющих полной мощности, которые увеличивают потери в питающей сети. В случае равномерной нагрузки независимо от способа ее соединения полная мощность определяется следующим образом:

$$S = 3 \cdot U_{ф} \cdot I_{ф} = \sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot I_{л} = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2 + H^2}$$

где $U_{ф}$ – действующее значение напряжения фазы; $I_{ф}$ – действующее значение тока фазы; $U_{л}$ – действующее значение линейного напряжения; $I_{л}$ - действующее значение линейного напряжения; P – активная мощность; Q – реактивная мощность; H - мощность несимметрии; D - мощность искажения.

Дополнительные потери энергии из-за неравномерного распределения тока по фазам многофазной цепи учитываются мощностью несимметрии. В симметричной системе отсутствует мощность несимметрии:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}$$

Соответственно при линейной нагрузке полная мощность определяется:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Мощность искажения имеет неактивный характер и представляет собой обменную мощность между нелинейной нагрузкой и источником питания:

$$D = \sqrt{S^2 - (P^2 + Q^2)} = U \sqrt{\sum_{n \neq 1}^{n} I_n^2} = S \cdot K_{Г},$$

где I_n – действующее значение n-й гармонической составляющей тока; S – полная мощность синусоидального напряжения и первой гармоники тока; $K_{Г}$ – коэффициент гармоник.

Степень несимметрии системы определяется коэффициентом несимметрии следующим образом:

$$K_H = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}}{S}$$

Реактивная мощность появляется в результате сдвига по фазе основной гармоники тока относительно напряжения питающей сети. Из-за сдвига основной гармоники тока появляется реактивная составляющая тока, которая не передает активную мощность нагрузке в результате нулевого значения среднего значения мгновенной мощности за период.

Активная мощность характеризует среднюю скорость преобразования электрической энергии в другой вид энергии и равна среднему значению мгновенной мощности за период питающего напряжения. Она определяет полезную мощность и мощность потерь в системе, т.е. полезную работу в нагрузке.

В цепи синусоидального тока активная и реактивная мощности определяются следующим образом:

$$\begin{cases} P = U \cdot I \cdot \cos\phi \\ Q = U \cdot I \cdot \sin\phi \end{cases}$$

Потери активной составляющей полной мощности определяются отношением активной мощности отдаваемой в нагрузку к потребляемой активной мощности из сети. Таким образом, формула КПД принимает следующий вид:

$$\eta = \frac{P_н}{P},$$

где $P_н$ – мощность на нагрузке; P – активная мощность.

Способность системы потреблять электрическую энергию первичного источника питания определяется коэффициентом мощности системы, которая определяется отношением активной мощностью и полной мощностью на выводах заданной нелинейной нагрузки:

$$K_M = \frac{P}{S} = K_И \cdot K_C,$$

где $K_И$ – коэффициент искажения; K_C - коэффициент сдвига.

Обмен энергией между источником и приемником, который обусловлен возможностью накапливания и отдачи энергии реактивными элементами, определяется коэффициентом сдвига:

$$K_C = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

Обмен энергией между источником и приемником, который обусловлен высшими гармоническими составляющими тока, определяется коэффициентом искажения. При отсутствии гармоник этот коэффициент равен 1. Коэффициент искажения определяется следующим образом:

$$K_И = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + K_Г}} = \frac{K_M}{K_C}$$

Соотношение между энергией высших гармоник тока и энергией первой гармоники называется коэффициентом гармоник:

$$K_Г = \frac{D}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \sqrt{(\frac{1}{K_И})^2 - 1},$$

Нелинейные нагрузки вызывают гармоники как тока, так и напряжения. Это происходит вследствие того, что каждой гармонике тока нагрузки соответствует гармоника питающего напряжения питания с той же частотой, поэтому гармоники также искажают напряжение. Коэффициент гармонического искажения напряжения и тока можно определить при использовании блока Total Harmonic Distortion (THD), который рассчитывает интегральные показатели гармонического состава напряжения и тока. Коэффициент гармонического искажения тока определяется следующим образом[1,2]:

$$K_{THDI} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1},$$

где I_n – действующее значение n-й гармонической составляющей тока; I_1 – действующее значение первой гармоники тока.

Аналогичный расчет применяется и для коэффициента гармонического искажения напряжения[2]:

$$K_{THDU} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} U_n^2}}{U_1},$$

где U_n - это падение напряжения, соответствующее гармонике I_n.

Устранение гармонического тока определенного порядка также устраняет гармоническое напряжение того же порядка. При падении напряжения активная мощность отсутствует, кроме тепловой мощности, производимой гармоническим током в проводнике с сопротивлением r[2].

На основе изложенного материала был разработан измеритель энергетических показателей трехфазных систем с активными выпрямителями, который представлен на рисунке 1. Измеритель был испытан на авиационной системе генерирования электроэнергии 270В постоянного тока, силовая часть которой содержит магнитоэлектрический генератор и активный токовый выпрямитель[3]. Параметры такой системы следующие: номинальное фазное напряжение – 120В; число пар полюсов магнитоэлектрического генератора (МЭГ) – 2; диапазон изменения скорости вращения ротора от 12000 до 24000 об/мин; активное сопротивление фазы статора – 0,036 Ом; индуктивности по осям d и q – 0,000535 Гн, сопротивление нагрузки – 13,5 Ом, $C_н$=50мкФ, $E_н$=0 В. Номинальная частота МЭГ – 400 Гц. Скачкообразный переход на напряжение частотой 600Гц осуществляется в момент времени t=0.00125 с.

Тестирование измерителя производилась при работе системы на частоте 600 Гц. Результаты его работы приведены в таблице 1 и на рисунке 2.

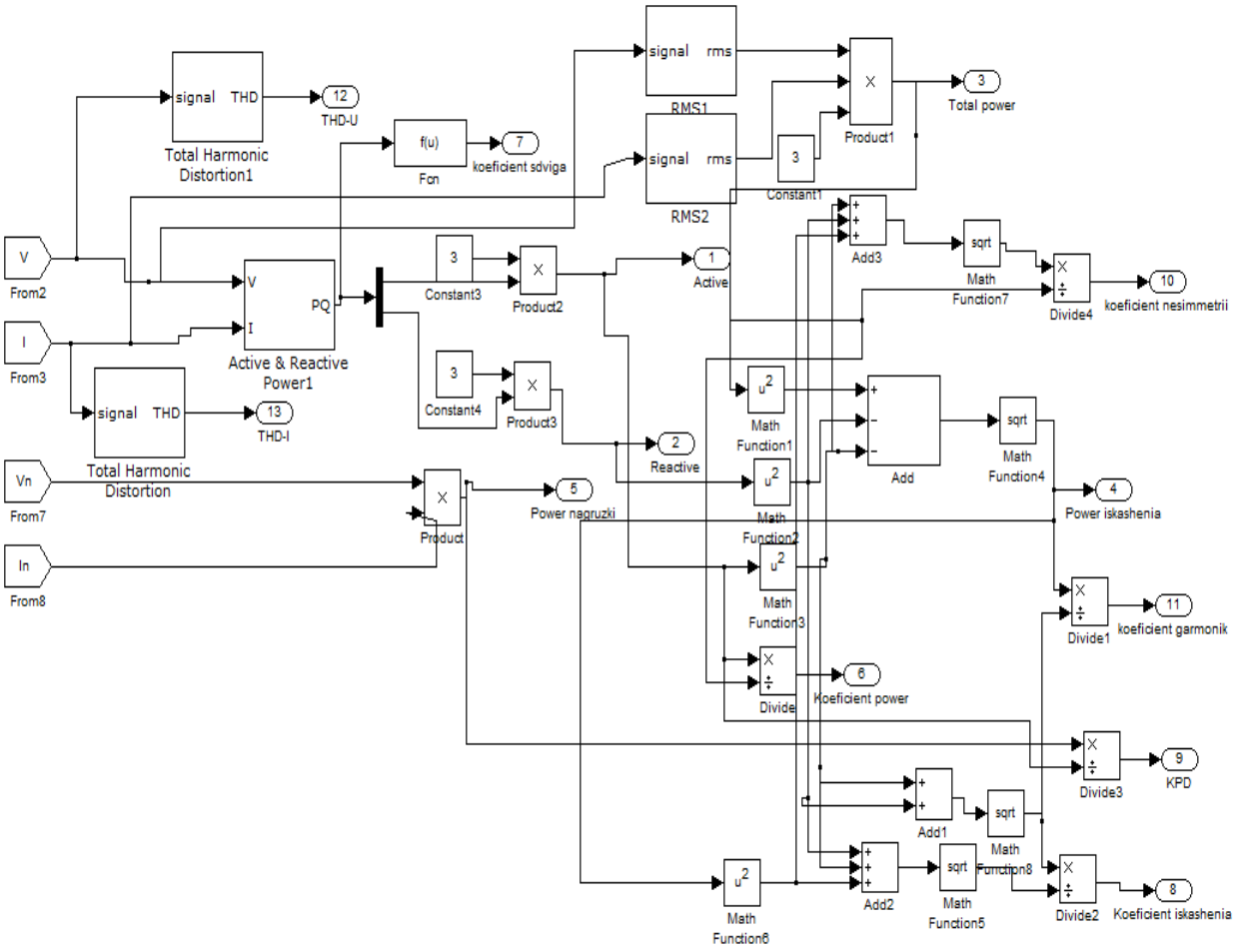


Рис. 1. Измеритель энергетических показателей

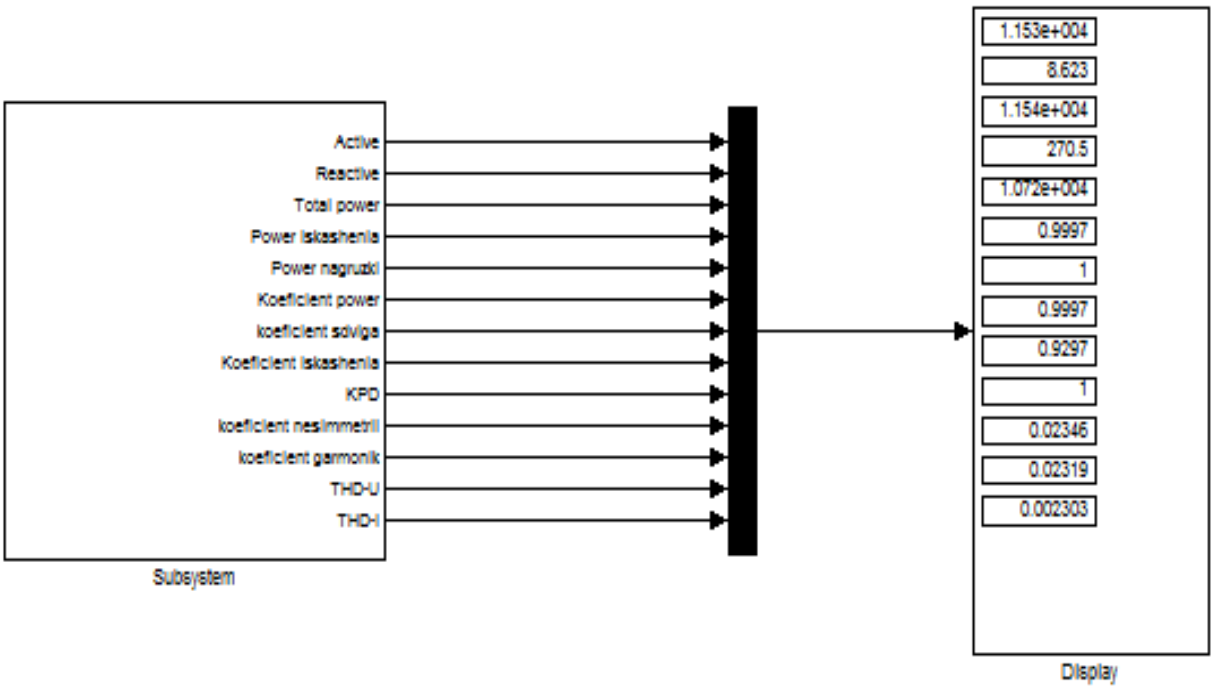


Рис. 2. Энергетические показатели системы

Таблица 1

Энергетические показатели системы

Энергетические показатели	Значение
Активная мощность P, Вт	11532.046
Реактивная мощность Q, В*Ар	8.623
Полная мощность S, В*А	11535.221
Мощность искажения D, Вт	270.5
Мощность нагрузки $P_н$, Вт	10721.422
Коэффициент мощности $K_м$	0.9997
Коэффициент сдвига $K_с$	1
Коэффициент искажения	0.9997
Коэффициент полезного действия η, %	92.97≈93
Коэффициент несимметрии	1
Коэффициент гармоник	0.02346
Коэффициент гармонического искажения напряжения K_{THDU}	0.02319
Коэффициент гармонического искажения тока K_{THDI}	0.02303

Выводы

Для измерения и оценки качества электроэнергии в трехфазных системах с активными выпрямителями был реализован измеритель в виде подсистемы, который определяет значения активной, реактивной и полной мощностей, мощность искажения и нагрузки, коэффициенты мощности системы, сдвига, несимметрии, искажения и гармоник, коэффициенты гармонического искажения напряжения и тока, а также коэффициент полезного действия всей системы.

Данный измеритель был успешно протестирован на системе генерирования электроэнергии 270В постоянного тока, силовая часть которой содержит активный выпрямитель тока и магнитоэлектрический генератор.

Библиографический список

1. Розанов Ю.К., Рябчицкий М.В., Кваснюк А.А. "Силовая электроника", Учебник для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. 632 с.

2. APC by Schneider Electric Устранение гармоник тока в установках [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Document. URL: https://www.apc.com/salestools/LARD-8K6K8S/LARD-8K6K8S_R2_RU.pdf (дата обращения: 07.03.2019)

3. Ефимов А.А., Мельников С.Ю., Гарганеев А.Г. «Имитационное моделирование авиационной системы генерирования электроэнергии», IV Международная научно-практическая конференция «Информатизация инженерного образования», Инфорино, 2018 г.

УДК 621.30.51.53

А. Ю. Комендантов
студент кафедры электромеханики и робототехники
В.С. Никитченко
студент кафедры электромеханики и робототехники
В. Д. Богданов
студент кафедры электромеханики и робототехники
Р.А. Бурдин
студент кафедры электромеханики и робототехники
С.С. Тимофеев – научный руководитель

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЯ НА БАЗЕ ДВИГАТЕЛЬНО-ДВИЖИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ КОЛЬЦЕВОЙ КОНСТРУКЦИИ

На большинстве судов, планируемых к постройке в нашей стране, в том числе для эксплуатации в северных широтах России, в качестве пропульсивного комплекса используют систему электродвижения (СЭД). СЭД предназначена для обеспечения движения судна во всех ходовых режимах. По сравнению с традиционными пропульсивными комплексами на базе тепловых двигателей СЭД имеют ряд преимуществ, в том числе:

– высокие маневренные характеристики судна;

– высокая перегрузочная способность пропульсивного комплекса;

– сравнительно низкие эксплуатационные расходы;

– высокий КПД при работе на долевых нагрузках;

– возможность рационального размещения оборудования на судне с увеличением полезного объема;

– сокращение сроков постройки судна и доковых ремонтных работ.

В состав СЭД входит движитель, гребной электродвигатель (ГЭД), полупроводниковые преобразователи частоты (ППЧ), силовые трансформаторы, электрощитовое оборудование и система автоматического управления и регулирования. В качестве движителей в составе СЭД применяются гребные винты или азимутальные винторулевые колонки (ВРК). При использовании в составе СЭД азимутальных ВРК исключается необходимость реверсирования винта, что позволяет применять нереверсивные среднеоборотные ГЭД. При этом управление курсом, торможение и реверс судна осуществляются разворотом колонок. В рамках Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» на 2009-2016 гг. в ЗАО «РЭПХ» при участии ЗАО «НПЦ «Электродвижение судов» и ЗАО «НПП Морская техника» создается новый тип СЭД на базе двигательнодвижительных систем кольцевой конструкции (ДДС КК) с погружным ГЭД. Принципиально новым элементом в СЭД нового поколения является погружной ГЭД кольцевого типа, совмещенный с гребным винтом. Благодаря интеграции двигателя и движителя в единую конструкцию, в отличие от традиционных механических ВРК, в ДДС КК отсутствует вал и конический редуктор. В отличие от электрических ВРК типа 2 «AZIPOD», корпус ГЭД в ДДС КК не препятствует протеканию потока воды от гребного винта, поскольку последний находится внутри полого ротора [1].

Благодаря интеграции двигателя и движителя в единую конструкцию, в отличие от традиционных механических ВРК с Z-образной и L-образной передачами, в ДДС КК отсутствуют тяжелые валы и сложный, дорогостоящий, громоздкий

конический редуктор. При этом следует отметить, что редукторы подобного типа мощностью свыше 400 – 500 кВт в настоящее время закупаются за рубежом, поскольку их серийное производство в России не освоено.

По сравнению с электрическими ВРК типа AZIPOD, корпус кольцевого ГЭД не препятствует потоку воды от гребного винта, поскольку последний находится внутри полого ротора. Использование электродвигателя данной конструкции повышает гидродинамический КПД пропульсивного комплекса, а также открывает возможность применения съемных технологичных лопастей, образующих бесступичный гребной винт типа «импеллер» повышенной эффективности в полости ротора кольцевого ГЭД.

В отличие от традиционных установок, в составе ДДС КК применяется синхронный электродвигатель с постоянными магнитами. Среди преимуществ таких электрических машин следует выделить следующие:

– минимальные массогабаритные показатели по сравнению с другими типами электродвигателей;

– высокая надежность, в том числе за счет большого воздушного зазора;

– высокий КПД благодаря отсутствию потерь на возбуждение;

– хорошие условия теплоотвода.

ГЭД кольцевого типа, совмещенный с винтом фиксированного шага (ВФШ) представлен на рис. 1.



Рис. 1. ГЭД кольцевого типа, совмещенный с ВФШ

Двигательно-движительный модуль кольцевой конструкции содержит обтекатель, являющийся элементом легкого корпуса формирующего кормовую оконечность аппарата, многолопастной гребной винт со ступицей большого диаметра, гребной электродвигатель, опорный и упорный подшипники, отличающийся тем, что устройство выполнено в виде модуля, размещенного вне прочного корпуса кормовой оконечности подводного аппарата, в конструкцию кормовой оконечности – двигательно-движительного модуля обращенной кольцевой конструкции введен второй гребной электродвигатель и гребной винт, в качестве гребных электродвигателей применены две кольцевые синхронные электрические машины обращенного типа с возбуждением от постоянных магнитов, где ротор каждой из гребных кольцевых синхронных электрических машин конструктивно объединен с многолопастным гребным винтом со ступицей большого диаметра, гребные винты подвижно соединены с опорной конструкцией и статором через опорный и упорный подшипники и вращаются во взаимно противоположных направлениях, лопасти каждого из гребных винтов противоположно направлены. [2]

При создании СЭД на базе ДДС КК необходимо учитывать тип и назначение судна. На стадии проектирования могут рассматриваются два варианта ограничительной характеристики гребного электропривода:

– с сохранением постоянной величины момента на гребном винте (ГВ) при работе ДДС КК от швартовного до режима максимальной скорости хода, что характерно для судов с динамическим позиционированием;

– с сохранением постоянной мощности на ГВ, от швартовного до режима заданной скорости хода, что являться оптимальным для буксиров и ледоколов.

Опытные образцы ДДС КК разрабатываются в ведущих технологически развитых странах, включая Германию, США, Великобританию, Нидерланды, Норвегию, Китай. В связи с этим создание и осуществление серийного производства СЭД на базе ДДС КК отечественного производства является актуальной задачей судостроительной отрасли России.

Разрабатываемая в рамках Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» СЭД нового поколения на базе ДДС КК превосходит зарубежные аналоги по ряду технически-экономических показателей и может использоваться на судах различного назначения [3].

Библиографический список

1. Григорьев А.В., Кулагин Ю.А. Судовые системы электродвижения на базе двигательно-движительных систем кольцевой конструкции // Вестник Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. 2015. №4(32). С. 164-169.

2. FindPatent.ru. URL: http://www.findpatent.ru/patent/267/2670341.html (дата обращения: 12.03.2019).

3. Docplayer.ru. URL: https://docplayer.ru/37428628-Perspektivnye-sudovye-sistemy-elektrodvizheniya-na-baze-dvigatelno-dvizhitelnyh-sistem-kolcevoy-konstrukcii.html (дата обращения: 12.03.2019).

УДК 681.5

А. А. Косухина
студент кафедры управления в технических системах
Н. В. Решетникова – научный руководитель

КОНТРОЛЬ ТРАЕКТОРИИ ПОЛЕТА ЧЕТЫРЕХМОТОРНОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Квадрокоптер представляет собой беспилотный летательный аппарат вертолетного типа, имеющий четыре электродвигателя с воздушными винтами, разнесенных относительно центра корпуса с помощью балок. Работа приводов осуществляется микропроцессорной системой, а также тремя гироскопами, отвечающими за стабильное положение БПЛА в воздухе. Технологические достижения позволили выпускать легкие и маломощные, но точные датчики, которые могут использоваться с контроллерами с высокой вычислительной мощностью и низким потреблением энергии, такие как акселерометр, датчик давления, сонар, GPS-приемник. Это позволило разработать сложные системы управления, которые могут быть реализованы на борту данного аппарата [1].

Цель управления траекторией состоит в том, чтобы переместить БПЛА из исходного местоположения в желаемое местоположение, управляя скоростями двигателя квадрокоптера.

Поиск оптимальной траектории для системы является сложной задачей из-за сложной динамики. Однако простой метод управления способен адекватно управлять квадрокоптером.

Основой разработки метода управления является изучение взаимодействий и зависимостей между свободными состояниями, производными состояний и входными сигналами управления. Эти зависимости определяются уравнениями и представлены на рис. 1 [2]:

$$T = \sum_{i=1}^{4} f_i = k\sum_{i=1}^{4} w_i^2, T^B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ T \end{bmatrix}.$$

Крутящий момент τ_B состоит из крутящих моментов углов τ_φ, τ_θ, τ_ψ:

$$\tau_B = \begin{bmatrix} \tau_\varphi \\ \tau_\theta \\ \tau_\psi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} lk(-w_2^2 + w_4^2) \\ lk(-w_1^2 + w_3^2) \\ \sum_{i=1}^{4} \tau_{Mi} \end{bmatrix},$$

где l – расстояние между ротором и центром масс квадрокоптера, k – постоянная подъема.

Значения угловых скоростей двигателей w_i определяют общую тягу T и крутящие моменты τ_φ, τ_θ, τ_ψ.

Крутящие моменты влияют на угловое ускорение в зависимости от значений текущих углов и угловых скоростей. Углы η могут быть проинтегрированы от угловых скоростей $\dot{\eta}$, которые проинтегрированы от угловых ускорений. Линейные ускорения $\ddot{\xi}$ зависят от общей тяги T двигателей, параметров углов η и линейных

скоростей $\dot{\xi}$. Линейное положение квадракоптера ξ интегрируется от линейных ускорений $\ddot{\xi}$ до линейных скоростей $\dot{\xi}$.

Следовательно, чтобы найти подходящие значения угловых скоростей двигателей w_i для данных ξ, необходимо пойти обратным путем.

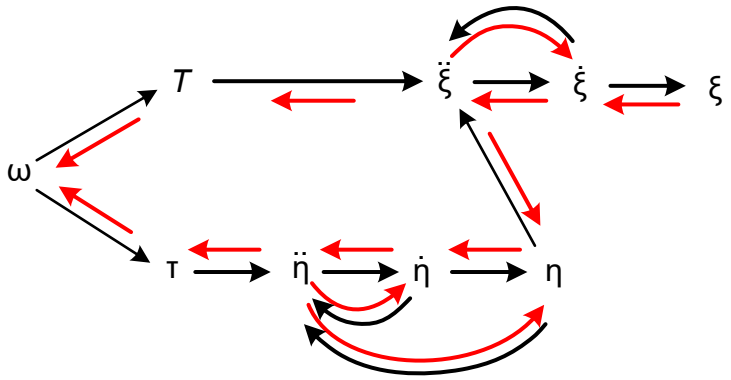


Рис. 1. Взаимодействие между состояниями, производными состояний и входным параметром управления.

Один из методов создания линейных ускорений состоит в том, что желаемая траектория достигается в соответствии с положениями *x*, *y* и *z* для каждого момента времени *t*.

Из уравнения с диагональной матрицей коэффициентов, связывающей линейные скорости с силой, замедляющей движение [3,4]:

$$\begin{bmatrix}\ddot{x}\\ \ddot{y}\\ \ddot{z}\end{bmatrix} = -g\begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix} + \frac{T}{m}\begin{bmatrix}\cos\psi\sin\varphi\cos\varphi + \sin\psi\sin\varphi\\ \sin\psi\sin\theta\cos\varphi - \cos\psi\sin\varphi\\ \cos\theta\cos\varphi\end{bmatrix} - \frac{1}{m}\begin{bmatrix}A_x & 0 & 0\\ 0 & A_y & 0\\ 0 & 0 & A_z\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\dot{x}\\ \dot{y}\\ \dot{z}\end{bmatrix},$$

где A_x, A_y и A_z – коэффициенты силы сопротивления для скоростей в соответствующих направлениях инерциальной системы отсчета.

Получены уравнения:

$$T_B = \begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix} = R^T\left(m\left(\ddot{\xi} + \begin{bmatrix}0\\0\\g\end{bmatrix}\right) + \begin{bmatrix}A_x & 0 & 0\\ 0 & A_y & 0\\ 0 & 0 & A_z\end{bmatrix}\dot{\xi}\right),$$

где $\ddot{\xi}$, $\dot{\xi}$ и ψ требуемые параметры траектории, а углы φ, θ и общее тяговое усилие *T* являются неизвестными значениями, которые необходимо найти.

Из этого уравнения можно рассчитать требуемые значения φ, θ и общую тягу *T* для каждого момента времени t [5]:

$$\varphi = \arcsin\left(\frac{d_x\sin\psi - d_y\cos\psi}{d_x^2 + d_y^2 + (d_z + g)^2}\right),$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{d_x\cos\psi - d_y\sin\psi}{d_z + g}\right),$$

$$T = m(d_x(\sin\theta\cos\psi\cos\varphi + \sin\psi\sin\varphi) + d_y(\sin\theta\cos\psi\cos\varphi + \sin\psi\sin\varphi) + (d_z + g)\cos\theta\cos\varphi),$$

где

$$d_x = \ddot{x} + \frac{A_x \dot{x}}{m},$$

$$d_y = \ddot{y} + \frac{A_y \dot{y}}{m},$$

$$d_z = \ddot{z} + \frac{A_z \ddot{z}}{m}.$$

Когда значения углов φ, θ известны, угловые скорости и ускорения могут быть вычислены из них с помощью простого способа. Со значениями угловых скоростей и ускорениями крутящие моменты могут быть выведены из уравнения

$$\ddot{\eta} = J^{-1}\left(\tau_b - \left(\eta, \dot{\eta}\right)\dot{\eta}\right).$$

Когда крутящий момент и тяга двигателей известны, значения угловых скоростей w_i можно получить из уравнений

$$w_1^2 = \frac{T}{4k} - \frac{\tau_\theta}{2kl} - \frac{\tau_\psi}{4b};$$

$$w_2^2 = \frac{T}{4k} - \frac{\tau_\varphi}{2kl} - \frac{\tau_\psi}{4b};$$

$$w_3^2 = \frac{T}{4k} - \frac{\tau_\theta}{2kl} - \frac{\tau_\psi}{4b};$$

$$w_4^2 = \frac{T}{4k} - \frac{\tau_\varphi}{2kl} - \frac{\tau_\psi}{4b}.$$

Приближенный метод генерации траектории

Моделирование линейных ускорений $\ddot{\xi}$ является трудной задачей, так как оно должно включать в себя третью и четвертую производную от расположения, движения и тряски, которые должны быть приемлемыми [2,6].

Влияние тряски заметно в угловых скоростях двигателей w_i. Высокие значения тряски будут означать высокие значения входных сигналов управления, следовательно, эти параметры должны учитываться при выборе ускорений.

Приближенный метод может быть использован для выявления значений тряски. Метод использует симметричную функцию, которая определяется тремя синусоидальными функциями следующим образом:

$$f(t) = \begin{cases} a\sin\left(\frac{1}{b}\pi t\right), 0 \le t \le b; \\ -a\sin\left(\frac{1}{b}\pi t - \pi\right), b \le t \le 3b; \\ a\sin\left(\frac{1}{b}\pi t - 3\pi\right), 3b \le t \le 4b. \end{cases}$$

Вид функции представлен на рис. 2. Функции синуса используются для получения гладкой функции. Эти три синусоидальные функции образуют функцию, в которой первая половина увеличивает ускорение до определенного значения, а затем вторая половина функции уменьшает его до нуля. Это ускорение генерирует постоянную скорость. Зеркальное отображение функции можно использо-

вать для замедления скорости до нуля. Конечная позиция зависит от параметров *a* и *b* синусоидальных функций, представленных в рассматриваемом уравнении, и времени *t* между ускоряющей частью и замедляющей частью, зеркальным отображением тряски.

Функциональность метода изучается на примере моделирования.

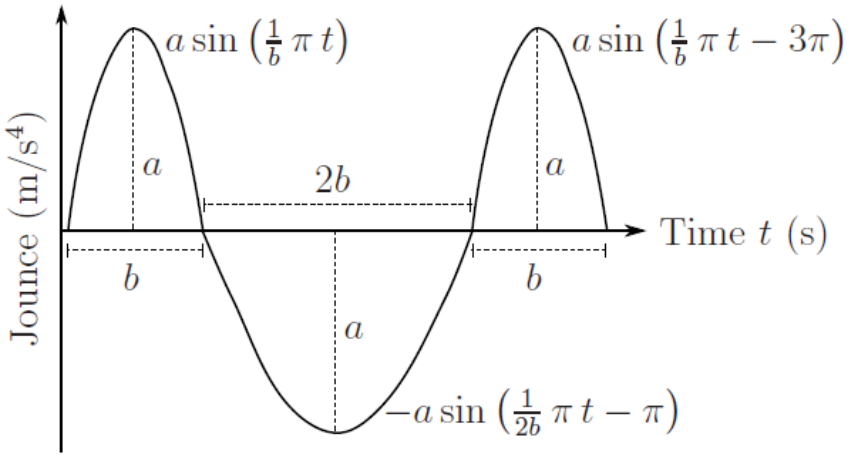


Рис. 2. Имперический метод генерации функций тряски

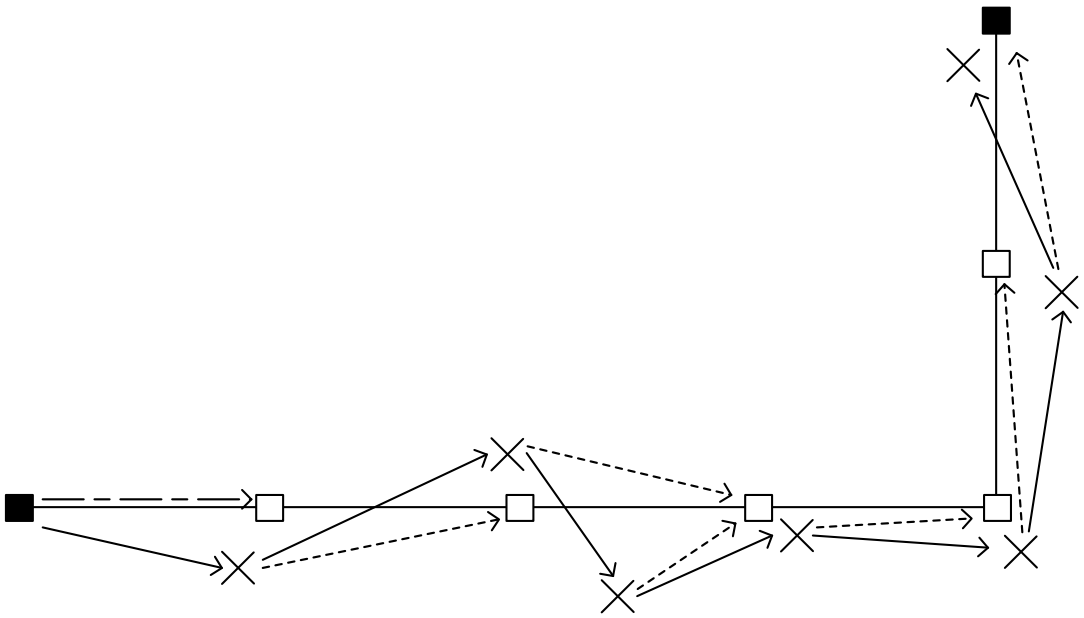


Рис. 3. Пример схемы полета квадракоптера с контрольными точками и внешними помехами

Но недостаток в предлагаемом способе заключается в том, что он работает, как показано, только если квадрокоптер стартует со стабильного положения (рис. 3), углы и их производные являются нулями и нет внешних сил, влияющих на положение во время полета.

Небольшие отклонения в углах могут привести к огромному отклонению в траектории. Одним из способов решения этой проблемы является стабилизация квадрокоптера на каждой контрольной точке с помощью ПД-регулятора или с использованием имперического метода для определения углов. Однако, если угловые возмущения являются непрерывными, польза от временной стабилиза-

ции является только мгновенной. Тем не менее, представленный метод прост в использовании для генерации правильных значений тряски, которые достигнут желаемой траектории.

Библиографический список

1. Bouabdallah S., Noth A., Siegwart R. PID vs LQ control techniques applied to an indoor micro quadrotor / IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. 2004. Vol. 3. Pp. 2451–2456.

2. Castillo P., Lozano R., Dzul A. Stabilisation of a mini rotorcraft with four rotors / IEEE Control Systems Magazine. Dec. 2005. Pp. 45–55.

3. Hoffmann G. M., Huang H., Waslander S. L., Tomlin C. J. Quadrotor helicopter flight dynamics and control: Theory and experiment. Proceedings of the AIAA Guidance, Navigation and Control Conference and Exhibit, Aug. 2007.

4. Huang H., Hoffmann G. M., Waslander S. L., Tomlin C. J. Aerodynamics and control of autonomous quadrotor helicopters in aggressive maneuvering / IEEE International Conference on Robotics and Automation. May 2009. Pp. 3277–3282.

5. Zuo Z. Trajectory tracking control design with command-filtered compensation for a quadrotor / IET Control Theory Appl. Vol. 4. No. 11. Pp. 2343–2355, 2010.

6. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. М.: Наука, 1972. 768 с.

УДК 004.896:621.865

А.В. Кошкин
студент кафедры механики, мехатроники и робототехники
А.В. Мальчиков – кандидат технических наук – научный руководитель
Юго-Западный государственный университет, Курск

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВНУТРИТРУБНОГО ШАГАЮЩЕГО РОБОТА

Описан внутритрубный шагающий робот, предназначенный для мониторинга внутренних поверхностей трубопровода. Описана конструкция и принцип движения робота внутри трубопроводов. Особое внимание в работе уделено классификации различных способов взаимодействия робота с поверхностью трубы. Выделены особенности проектирования опорных элементов, для перемещения внутри трубопроводов с различным покрытием внутренних стенок.

Одним из наиболее эффективных способов внутритрубного мониторинга является визуальный осмотр и дефектоскопия внутренней поверхности трубы: поиск трещин, ржавчины, отложений и т.д. Вместе с тем перемещение оборудования внутри ограниченного пространства является сложной задачей, сопряженной с необходимостью преодоления изгибов, неровностей, смены диаметра, движения в наклонных и вертикальных участках трубопровода [1-4]. В работе предлагается мобильная платформа (рис. 1) состоящая из корпуса 5, на котором установлен блок электроники 6.

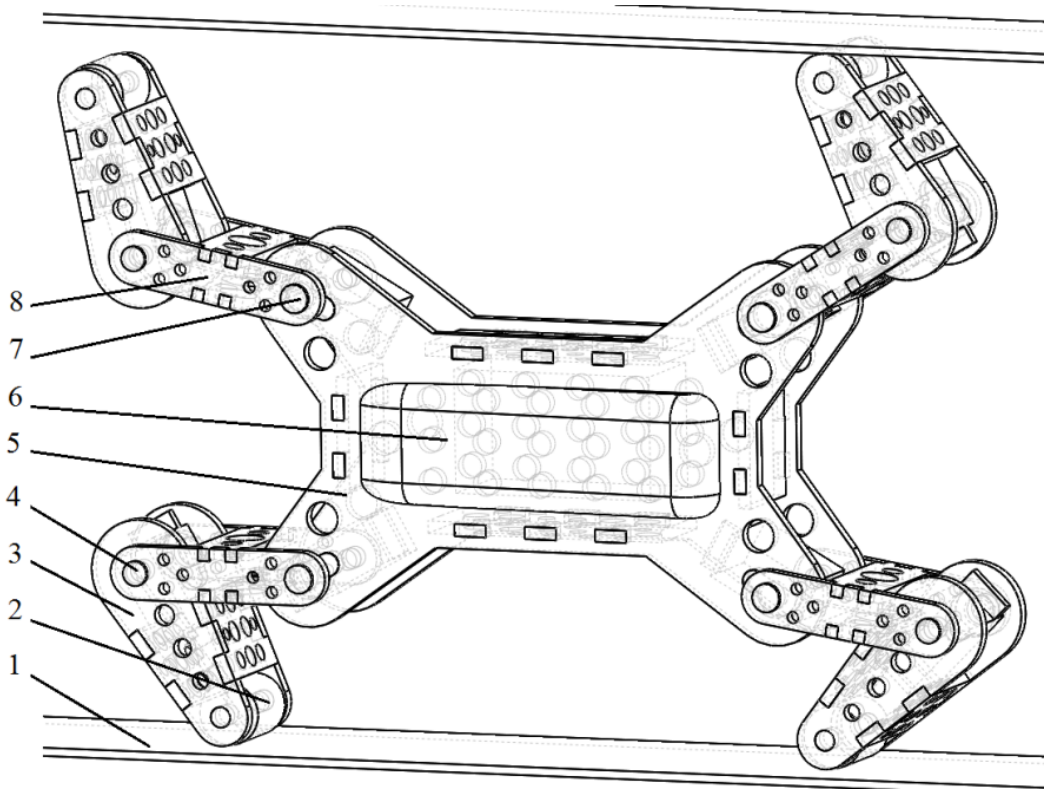


Рис. 1. Конструкция шагающего робота

К основанию, посредством сервоприводов 7, крепятся четыре двухзвенные ноги. В шарнире каждой ноги, также расположен сервопривод 4, соединяющий звенья ног 3 и 8. Ответственными узлами робота являются опорные элементы 2

обеспечивающие взаимодействие робота с поверхностью трубы 1. В зависимости от типа поверхности трубопровода, опорные элементы должны обладать различными свойствами. Здесь можно выделить несколько обобщенных случаев, показанных на рис. 2.

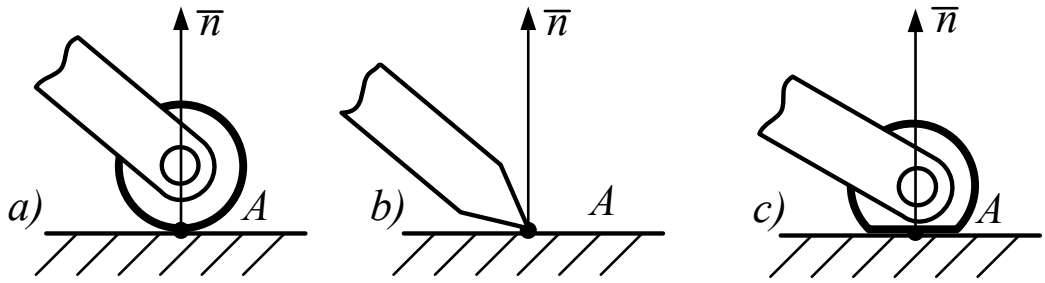


Рис. 2. Способы взаимодействия робота с поверхностью

На рис. 2, a показан случай использования цилиндрического опорного элемента обеспечивающий взаимодействие с трубой поверхностью тела. Такое взаимодействие может быть реализовано, когда опорный элемент выполнен в виде твердого тела гладкой формы или при непосредственном контакте корпуса робота с поверхностью. Данный случай даст хороший результат при наличии сухой шероховатой поверхности трубопровода. В данном случае точка контакта определяется конструкцией педипулятора и формой трубы. При проектировании необходимо учитывать исходные параметры формы трубы, наилучшие результаты могут быть получены при использовании тел вращения, закрепленных на конце ног.

На рис. 2, b показан случай точечного взаимодействия. Данный случай описывает взаимодействие педипулятора конической заостренной формы, в таком случае, точка контакта всегда расположена на острие опорного элемента. Данный способ позволяет перемещаться по поверхностям покрытым деформируемым слоем загрязнителя. Пенетрация опорного элемента в поверхностный слой трубы, позволяет реализовать повышенные фрикционные свойства взаимодействия.

На рис. 2, c показан случай использование вязкоупругого элемента. За счет деформируемости опорного элемента, пятно контакта может достигать большего размера, что позволит удерживаться на поверхности с низкими фрикционными свойствами. При проектировании данного типа опорных элементов используются материалы с требуемыми механико-физическими свойства, например, силикон.

Библиографический список

1. Мальчиков А.В., Яцун С.Ф., Рублев С.Б. Исследование движения плоского шестизвенного внутритрубного мобильного робота // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. №. 4-5.

2. Яцун С.Ф., Мальчиков А.В., Локтионова О.Г. Шестизвенный внутритрубный мобильный робот // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2014. №. 4. С. 2-7.

3. Jatsun S., Six-link in-pipe crawling robot / S. Jatsun O. Loktionova A. Malchikov //Advances on Theory and Practice of Robots and Manipulators. Springer. Cham. 2014. С. 341-348.

4. Malchikov A. V., Experimental investigation the fixation process of in-pipe mobile robot/ A. V. Malchikov, S. F. Jatsun //Actual Questions of Science: Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference, Moscow. – 2013. – С. 29-33.

УДК 621.384.3

А.С. Куделин
студент кафедры мехатроники и робототехники
О.Я. Солёная – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ЭЛЕКТРОННОЕ НОЧНОЕ ЗРЕНИЕ

Основным принципом работы прибора ночного видения является усиление и преобразование излучения в изображение, видимое глазом. В сетчатке человеческого глаза примерно по 125 млн светочувствительных клеток, улавливающих фотоны, с длиной волны от 380 до 770 нм, от красного до фиолетового. Глаза большинства животных способны улавливать фотоны соседних диапазонов; пчелы различают ультрафиолетовое, змеи – инфракрасное излучение. К счастью, абсолютной тьмы практически нет. При свечении звезд или отблеске фар и фонарей глаза могут адаптироваться к низкому освещению и способны различать даже единичные фотоны. Всегда есть немного света, надо лишь научиться его улавливать и усиливать.

Поколение 0

Усиления практически нет. Первую концепцию электронно-оптического преобразователя (ЭОП) предложили в 1928 году Холст, Де Бур и их коллеги по компании Philips. Конструкция вошла в историю под названием стакана Холста, и, действительно, похожа на два вложенных друг в друга стакана, между которыми создан вакуум. На дно внешнего стакана нанесен серебряно-кислородно-цезиевый фотокатод, который под действием падающего ИК-излучения выбрасывает электроны. На дно внутреннего стакана наносится слой люминофора. Между ними создается разность потенциалов в несколько киловольт, и электроны, вылетающие из фотокатода, ускоряются и бомбардируют экран, заставляя его люминесцировать.

Однако исполнение этой идеи было довольно сложно. Только в 1934 году стакан Холста заработал, и человечество впервые смогло видеть в темноте. Уже через несколько лет компания EMI наладила производство приборов для нужд британской армии, работы над собственными аналогами начались в Германии и США. В Советском Союзе ими занимались «вакуумщики» Всесоюзного электротехнического института Петр Тимофеев и Вячеслав Архангельский, а также будущие академики Сергей Вавилов и Александр Лебедев из Ленинградского государственного оптического института. В 1939 г. командованию Красной армии были продемонстрированы первые прототипы приборов ночного видения (ПНВ), основным элементом которого являлся электронно-оптический преобразователь (рис. 1) [1].

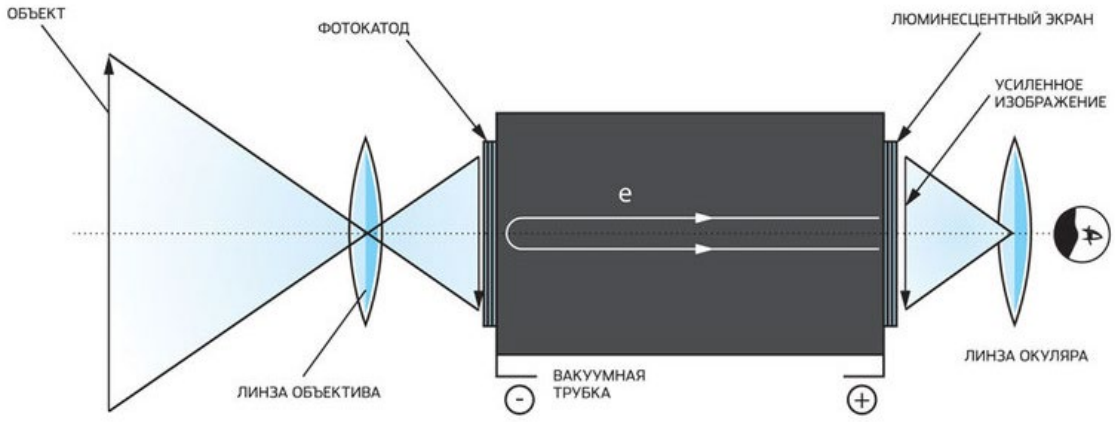


Рис. 1. Электронно-оптический преобразователь

Ко времени Второй мировой стакан Холста заметно улучшился, и между «донышками» появились фокусирующие электроды, которые повышали резкость изображения. Однако такие ЭОП могли найти свет в темноте, но не усилить его. Чтобы что-нибудь различить, им требовалась сторонняя помощь в виде осветительных авиабомб или мощных инфракрасных прожекторов. Это лишало ПНВ главной особенности – возможности скрытного действия, поэтому за исключением нескольких удачных применений массового распространения они еще не получили.

Поколения 1 и 1+

Усиление: 100−1000 раз. Рабочая освещенность: 0,01 лк (четверть лунного диска).

После войны ЭОП быстро совершенствовались. Низкочувствительные фотокатоды на основе Ag-O-Cs (S-1), предложенные еще в 1929 году, сменили более эффективные мультищелочные (S-20). Вместо плоского стекла на «донышке» вакуумной трубки стали размещать волоконно-оптическую шайбу. Вогнутая с одной стороны, она уменьшала искажения и повышала разрешающую способность по краям картинки. Добавление разгонной камеры позволило ускорять электроны перед попаданием на экран и добиться более высокого усиления.

Также удалось успешно соединить несколько ЭОП в один каскад, один за другим. На тончайшую слюдяную пленку с одной стороны наносили фотокатод, а с другой – экран, так что изображение прямо и почти без потерь переносилось между ними. Трехкаскадные ЭОП поколения 1+ давали уже приличное усиление и достаточно четкую картинку. Американские военные применяли такие ПНВ во время Вьетнамской войны, их производство в СССР было налажено на Новосибирском заводе «Экран». Разработкой новых поколений занялись инженеры и ученые открывшегося при заводе опытно-конструкторского бюро.

Поколения 2 и 2+

Усиление: 25 000−50 000 раз. Рабочая освещенность: 0,001 лк (звездное небо).

ЭОП первого поколения были тяжелы и громоздки, а усиление было ограниченное. Лишь в 1970-х американские разработчики нашли способ поднять его в сотни раз, используя микроканальную пластину из свинцово-силикатного стекла, «продырявленного» матрицей из миллионов каналов диаметром в несколько микрон. Расположенная между фотокатодом и экраном, она способна «выдать» сотни и даже тысячи электронов на каждый, попавший на вход пластины, резко повышая чувствительность прибора. Микроканальная пластина – мощный усилитель потока электронов (рис. 2) [2].

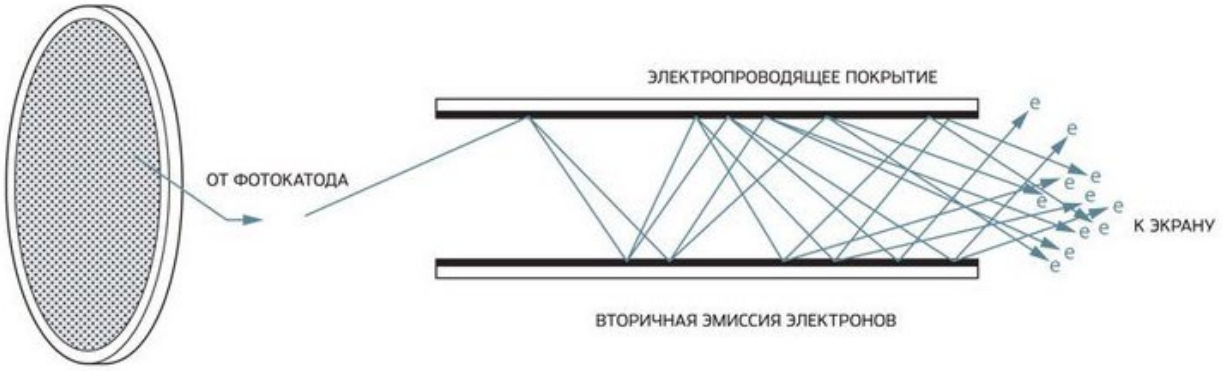


Рис. 2. Микроканальная пластина

Впоследствии микроканальную пластину расположили прямо за фотокатодом, так, чтобы электроны преодолевали всего пару сотен микрометров, практически не расфокусируясь, и сразу влетали в ее каналы, а из них попадали прямо на экран, что позволило отказаться от фокусирующих систем и на порядок уменьшить габариты ЭОП. На основе ЭОП поколения 2+ и были созданы компактные, высокоэффективные и удобные ПНВ, которые популярны до сих пор. Применяя более совершенные компоненты мультищелочного фотокатода, французская компания Photonis производит ЭОП этого поколения, которые успешно конкурируют с более современными и дорогими вариантами. Еще в 1990-е собственная технология производства ЭОП поколения 2+ была разработана и в Новосибирском ОКБ, которое в те годы выделилось в самостоятельное предприятие.

Поколения 3 и 3+

Усиление: 45 000−100 000 раз. Рабочая освещенность: 0,0001 лк (звездное небо в облаках).

О следующем поколении заговорили в 1982 году, когда были представлены ЭОП с принципиально новым полупроводниковым фотокатодом на основе арсенида галлия (GaAs). Чувствительность у них сразу была в два-три раза выше, чем у мультищелочных. Вдобавок такие фотокатоды обладают повышенной чувствительностью в ИК-волнах вплоть до 930 нм, а пришедший следом за ними арсенид галлия-индия (InGaAs) расширил спектральный диапазон до 1100 нм [3]. Главной бедой таких материалов оказалась их быстрая деградация, так что первые образцы могли проработать не больше сотни часов. ЭОП поколения 3 относятся к ключевым военным технологиям, их распространение контролируется и в США, и в России – единственных странах, способных производить такие приборы.



Рис. 3. ЭОП поколения 3

При работе ЭОП электрическое поле ускоряет электроны с фотокатода по направлению к микроканальной пластине, а положительно заряженные ионы устремляются в обратном направлении, на фотокатод. Они бомбардируют активирующее покрытие фотокатода, быстро разрушая его. Для защиты была разработана сложнейшая технология. На входную поверхность микроканальной пластины буквально натягивают сверхтонкую ионно-барьерную пленку толщиной 3−5 нм – всего несколько атомных слоев оксида алюминия. Электроны сквозь нее проходят относительно свободно, а вот более крупные положительные ионы задерживаются.

Такие технологии доступны лишь считанным компаниям в мире. А в марте 2016 года Новосибирское предприятие открыло новый цех со сверхчистыми помещениями, где могут производиться приборы поколения 3+, у которых толщина

ионно-барьерной пленки снижена до 2−3 нм, так что она задерживает еще меньше электронов, повышая чувствительность ЭОП.

Будущие поколения

Фотокатод из арсенида галлия дает примерно троекратное повышение чувствительности. Однако ионно-барьерная пленка задерживает 20−30% вылетающих из него электронов, что заметно снижает один из основных параметров ЭОП – отношение сигнал/шум. Поэтому не раз предпринимались попытки окончательно избавиться от нее, создав «беспленочные» ЭОП. Современный уровень развития науки и техники, связанный с применением более совершенных материалов и технологий, с автоматизацией производства, позволяет решить данную задачу, так что мы уже недалеки от этого шага. Впрочем, каким будет следующее поколение ЭОП, пока точно не ясно. Разные специалисты и маркетологи, продвигающие ПНВ на рынке, по-разному смотрят на этот вопрос. Некоторые относят к поколению 4 тонкопленочные или вовсе беспленочные инструменты, другие говорят, что даже это достижение будет лишь развитием поколения 3 и не приведет к существенному изменению конструкции. Третьи называют «полноценным» поколением 4 ЭОП, соединенные с цифровыми ПЗС- или КМОП-матрицами [3].

Также совсем недавно были созданы глазные капли, позволяющие видеть в темноте. Исследователи из Медицинской школы Университета Массачусетса разработали наночастицы, которые могут служить крошечными датчиками для улавливания инфракрасных лучей и наделить людей и животных ночным зрением. Попадая на глаза, эти наночастицы в виде капель доставляются в фоторецепторы сетчатки и крепятся к ним. Будучи на клетках сетчатки, наночастицы захватывают длинные инфракрасные лучи и излучают короткие волны в видимом диапазоне. Эти волны поглощаются фоторецепторами, которые отправляют в мозг такие сигналы, какими бы они были если бы на сетчатку попадал видимый свет.

Эффективность наночастиц была проверена в ходе эксперимента с мышами. Получив дозу наночастиц, фоторецепторы глаз мышей начали укорачивать инфракрасные волны длиной 980 нм до 535 нм. При этом инфракрасный свет обретал зеленый оттенок. Благодаря такому эффекту, лабораторные мыши смогли без всяких проблем пройти лабиринт с препятствиями в полной темноте. Единственным побочным эффектом было помутнение роговицы глаза, но оно прошло примерно через неделю. Само умение видеть в темноте сохранялось на протяжении десяти недель [2].

Считается, что новая разработка будет использована в ходе создания новых военных технологий. Несомненно, ей найдется применение и в медицине – получив новые знания, ученые надеются найти действенный способ лечения дальтонизма.

Библиографический список

1. Видение ближнего инфракрасного изображения у млекопитающих через наноантенны сетчатки глаза с помощью инъекций и самопитания. // Научный журнал Cell. URL: https://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-86741930101-1 (дата обращения: 24.02.2019).

2. Катодолюминофоры для электронно-оптических преобразователей. URL: https://www.chem21.info/info/154360/ (дата обращения: 24.02.2019).

3. Бутусов М.М., Степанов Б.М., Фанченко С.Д., Завойский Е.К. Электронно-оптические преобразователи и их применение в научных исследованиях. М.: Наука, 1978. 431 с.

УДК 620.9

Т.В. Лошкарева
магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении
Г.С. Армашова-Тельник – кандидат экономических наук, доцент –
научный руководитель

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Электроэнергетика представляет собой отрасль экономической системы, от которой в значительной степени зависят такие показатели как экономический рост и экономическое состояние страны в целом. Надежность и стабильность реализуемых функций в сфере электроэнергетики, в свою очередь оказывает влияние на экономику всей страны и уровень благосостояния жизни ее граждан. Электроэнергетика прошла ни одну реформу, однако до сих пор под вопросом остаются механизмы обеспечения ее развития и решение ряда фундаментальных проблем. В настоящий время исследователи-аналитики прогнозируют в России энергетический кризис, вследствие чего одним из важнейших направлений развития экономики является повышение энергоэффективности – т. е. снижение уровня потребления энергетических ресурсов населением страны и предприятиями [1].

Электроэнергетика в России находится в сложном и противоречивом периоде реформирования, детерминированном рыночной системой экономических отношений. Трудности в ходе данного процесса возникают из объективных факторов, обусловленных как переходом к новым условиям хозяйствования, так и недостаточностью компетенций у менеджмента и младших уровней специалистов. Так же специалист инженерии не придает должного значения вопросам эффективного управления социально-экономическими системами.

Отметим, что отрасль электроэнергетика нуждается в решении совокупности задач, при реализации которых эффективный менеджмент выступает основным. Инструментов применения во все части которого на каждом уровне структуры управления отраслью обеспечивает высокие темпы роста в ее развитии. Что обуславливает формирование нового мышления управления и создание органической взаимосвязи с техническими и технологическими процессами.

Здесь, в процессе производственной деятельности субъекта хозяйствования между сотрудниками организации и ее структурными подразделениями, между управляемой и управляющей подсистемами устанавливаются стабильны производственные связи, которые носят информационный, технологический, трудовой, финансовый, управленческий характер. В целом производственные связи отражают организационную целостность, интеграцию, объединение элементов данной системы. Требования к этим связям взаимно противоречивы. С одной стороны, для устойчивости работы системы необходимо, чтобы эти связи были стабильны, устойчивы, с другой – включение новых элементов производства, новых факторов производства требует функциональной гибкости, подвижности связей, их развития. Таким образом, внутренняя противоречивость в самом характере управления должна быть заключена в структуре и функциональных связях системы управления.

Совокупность всех элементов и звеньев системы управления и установленных между ними постоянных связей носит название организационной структуры управления (ОСУ).

ОСУ является выражением целостности, взаимосвязи элементов управления в управляющей системе. Различают ОСУ на уровне цеха, предприятия, отрасли, региона и т.п.

Данные структуры имеют на каждом уровне различия в зависимости от специфики отрасли, уровня концентрации и специализации производства, потребностей рынка, условий включения предприятия в систему национальной экономики и т.д. Кроме того, ряд ОСУ зависят от личности руководителя, его профессиональных качеств, умения подбирать кадры и работать с ними.

Принято выделять следующие свойства, характерные для типичных ОСУ [2]:

1. Установленная субординация органов управления, отношения власти и подчиненности. Субординация обуславливается юридическими нормативными уставами, актами, должностными инструкциями, положениями и т.д. ОСУ определяет конкретную технологию управленческой деятельности, процессы разделения и кооперации труда в сфере управленческой деятельности, последовательность реализации управленческих процедур.

2. Органическая связь структуры и функции управления. Ни одно управленческое действие в производственной системе не может определяться элементом, который находится вне ее организационной структуры управления.

3. Интеграция вертикального и горизонтального, профессионально-квалификационного и функционального разделения труда. Чем эффективнее данный процесс, тем эффективнее деятельность производственной системы, а также устойчивее процессы ее функционирования и развития.

Кроме того, можно выделить такие особенности электроэнергетической сферы в виде технической системы:

– невозможность накапливать электроэнергию в больших масштабах (как следствие существует постоянное единство производства и потребления);

– зависимость выпуска электрической энергии исключительно от потребителей;

– потребность оценки производства и потребления энергии не только за год (квартал, месяц), но и текущие значения энергетических нагрузок (мощность)

– необходимость бесперебойного электроснабжения потребителей, что является ключевым условием функционирования всего народного хозяйства и жизнедеятельности населения;

– энергетическое планирование, то есть потребность создания графиков нагрузки на каждые сутки, месяц и час на протяжении года с учетом сезонных, климатических условий, дней недели и других факторов;

– зависимость качества продукции как от производителя и поставщика, так и от потребителя.

Таким образом, специфика отрасли обусловливает отраслевые традиции в структуре производства и управления электроэнергетикой, главной чертой которой служит создание и работа Единой энергетической системы страны.

Подчеркнем, что энергетическая система, подобно экономической, включает в себя множество энергетических объектов, к которым относятся:

– электрические станции;

– электрические и тепловые сети;

– энергоремонтные предприятия, которые производят централизованные ремонтные работы энергетического оборудования;

– система оперативно-диспетчерского управления, которая представляет производственно-управленческую иерархию;

– энергосбытовые организации;

– строительные организации, обслуживающие периодическую реконструкцию и новое строительство объектов сферы электроэнергетики;

– вспомогательные предприятия и организации (подсобные службы, автомобильные и железнодорожные хозяйства и т.п.).

Так же, основными элементами каждой экономической системы являются:

– социально-экономические отношения, которые зависят от форм собственности на экономические ресурсы и конечные результаты экономической деятельности;

– система стимулов и мотиваций, которыми руководствуются экономические субъекты;

– хозяйственный механизм или способ регулирования экономической деятельности;

– организационные формы экономической деятельности;

– формы установления конкретных экономических связей между участниками хозяйственной деятельности и другие.

В условиях рыночной экономики, отличающейся динамизмом и непостоянностью, предприятия электроэнергетической отрасли с традиционными для российской энергетики системами управления встречаются с чрезвычайно сложными задачами. Структуры российских электроэнергетических предприятий главным образом сформировались в 1940-1950-х гг. С того момента технико-технологическая база и организационные связи претерпели значительные изменения. Так, основательно повысились требования потребителей; усложнились и изменились связи с внешними окружающими компаниями (собственниками, партнерами, кредиторами, акционерами, инвесторами, конкурентами, поставщиками топлива, оборудования и материалов); изменился правовой характер отношений с государством и общественными организациями; энергоконцерны и их предприятия все больше привлекаются в процессы территориального управления. Современные задачи в рамках функционирования их в качестве акционерных обществ выражают другие требования к решениям в области управленческой структуры, формирование эффективных ОСУ.

Необходимо отметить, что значительная часть территориальных генераций имеет дивизиональную организационную структуру, деление в которой осуществляется на основе географического признака. Региональная дивизиональная структура представлена на рис. 1. Например, ОАО «Территориальная генерирующая компания № 10» (ТГК-10) состоит из Челябинской и Тюменской генераций, включая Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий АО, ТГК-11 состоит из Омской и Томской генераций. Эти структуры произошли из функциональной департаментизации, которая, в свой черед, создана на основе линейно-функциональной схемы, звенья которой формировались в советский времен, начиная с периода появления районных энергоуправлений.

Здесь действуют три уровня управления электроэнергетикой страны: федеральный, окружной и региональный. В регионах на основе имеющихся структур АО-энерго произошло выделение самостоятельных бизнесов: генерация, передача, распределение энергии, сбыт, энергоремонт, автотранспорт, энергосервис. Часть структур непрофильных бизнесов, как например объекты социально-культурной сферы, производство строительных материалов, производство товаров народного потребления и продуктов питания и др. в связи с низкой рентабельностью либо выделены из состава энергокомпаний в самостоятельные юридические лица, либо ликвидированы или перепрофилированы, вероятно, с передачей соответствующих активов местным органам власти в муниципальную собственность, либо участие энергокомпании в капитале финансовой инфраструктуры полностью прекращено или сокращено.

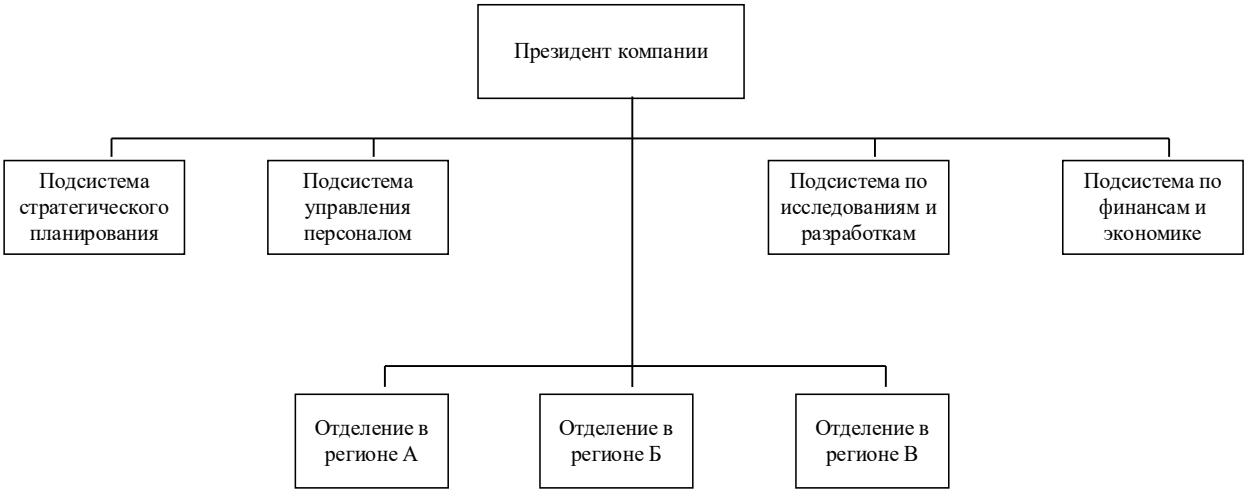


Рис. 1. Региональная дивизиональная структура [3]

При рассмотрении результатов реформирования электроэнергетики России в целом, следует упомянуть о эффективности реформ, о децентрализации полномочий, прав, ответственности, о повышении самостоятельности бывших подразделений РАО ЕЭС (Единая Энергетическая Система России, просуществовавшая до 2008 г.). С другой стороны, если же проанализировать процессы внутри территориальных и объединенных энергокомпаний, то преобладает противоположный процесс: дальнейшее снижение самостоятельности структурных подразделений организации. В результате «децентрализации при реформировании» структуры РАО ЕЭС получили значительную самостоятельность. Имея желание контролировать и координировать работу нижестоящих уровней, подразумевая, что этими действиями они предупредят крупные ошибки на нижних уровнях управления, была централизована значительная часть прав и полномочий на верхнем уровне руководства.

Дивизиональная структура, объявленная в генерациях, также подразумевает частичную децентрализацию. В реальных условиях, если необходимо рассматривать децентрализацию, то проследить ее можно лишь в оперативной работе. В других аспектах деятельности таких как: планирование, распределение ресурсов, закупочные процессы, договорная деятельность, большинство кадровых вопросов - решения принимаются высшим менеджментом. Количество решений, которые принимаются на нижних уровнях управления чрезвычайно мало, поскольку руководство высшего уровня неизменно проверяет будничные решения подчиненных ему руководителей, считая, что данные решения могут оказаться ошибочными.

Отмечают недостатки линейно-функциональной схемы при дивизиональной структуре [4]:

– несогласованность в работе функциональных подразделений при отсутствии между ними надежной связи. При детальном горизонтальном разделении труда (специализации) существует проблема стыковки операций на границах функциональных структур по всему производству;
– проблема координации деятельности;
– большие сроки подготовки управленческих решений;
– искажение главной цели деятельности. Нечетко обозначены и пересекаются сферы деятельности подразделений. Не определена приоритетность стратегических задач, общеэкономических целей.

Рис. 2 демонстрирует организационную структуру Федеральной сетевой компании (ПАО «ФСК ЕЭС»). Публичное акционерное общество «Федеральная

сетевая компания Единой энергетической системы» создано в соответствии с программой реформирования электроэнергетики Российской Федерации как организация по управлению Единой национальной (общероссийской) электрической сетью (ЕНЭС) с целью ее сохранения и развития. Организационная структура ФСК ЕЭС является линейно-функциональной. Высшим органом управления Федеральной сетевой компании является Общее собрание акционеров. Совет директоров определяет стратегию развития Компании, а также контролирует деятельность Правления. На Правление возложено операционное руководство Компанией.



Рис. 2. Структура Федеральной сетевой компании [5]

Анализ рис. 3 дает представление о структуре исполнительного аппарата Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы, где во главе стоят председатель правления и управляющий директор, в подчинение которых находятся блоки различного вида управления и обслуживания, а также департаменты, отвечающие за аудиты, режим и управление производством. Руководители исполнительного аппарата и филиалов несут ответственность за достижение результата, обеспечение эффективности системы внутреннего контроля своих процессов путем их надлежащей организации, формализации и контроля исполнения подчиненными работниками.

Таким образом, для увеличения эффективности работы и функционирования электроэнергетики необходимо внести изменения в организационно-экономическую структуру предприятий отрасли. Внедрение актуальной организационной структуры помогут не только повысить эффективность, но и уменьшить время, затрачиваемое на обработку и исполнения управленческих решений. Из всего вышесказанного можно отметить, что существующие структуры энергокомпаний в перспективе все в большей мере будут требовать структурной децентрализации. Однако, решившись на децентрализацию, необходимо учитывать, что в реальных условиях достаточно сложно определить границу, за которой

предоставленная наибольшая самостоятельность частям разрушает компанию в целом. А современные условия требуют использования в одной организации нескольких типов организационных структур, существующих параллельно.

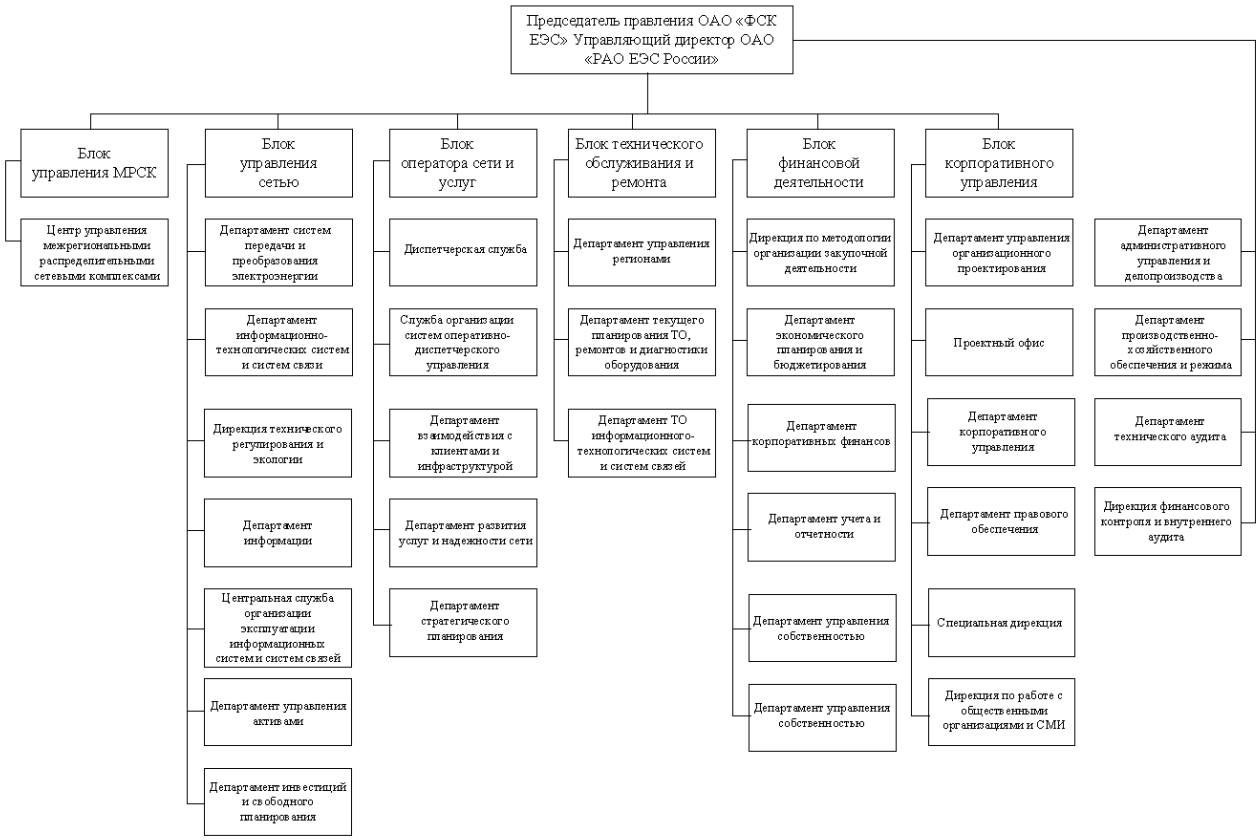


Рис. 3. Структура исполнительного аппарата ФСК ЕЭС [5]

Библиографический список

1. Макаров О.А., Барбашина Е.А. Анализ проблем современной электроэнергетической отрасли и стратегические пути их решения в соответствии с концепцией Энергетической стратегии до 2035 года // Вестник ВГУИТ.2016. № 2. С. 2-366.

2. Ламакин Г.Н. Основы менеджмента в электроэнергетике. Тверь: ТГТУ, 2006.

3. Дивизиональные структуры управления компаниями. URL: http://www.stplan.ru/articles/practice/statya13.htm (дата обращения: 15.01.2019)

4. Филиппов Ю. Н. Развитие организационной структуры энергопредприятий // Вестник ОмГУ. Серия: Экономика. 2009. №2.

5. ПАО "ФСК ЕЭС" Структура. URL: http://www.fsk-ees.ru/about/structure/ (дата обращения: 20.01.2019).

УДК 681.5

А. С. Мартинез Леон
аспирант кафедры механики, мехатроники и робототехники
Ян Найнг Со
аспирант кафедры механики, мехатроники и робототехники
С. Ф. Яцун −доктор технических наук, профессор – научный руководитель
Юго-западный государственный университет, Курск

УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ МУЛЬТИРОТОРНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ПОМОЩИ МОДУЛЯ MPU-6050

Введение

Разработка беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является динамично развивающимся направлением. Особый интерес представляют небольшие БПЛА мультироторного типа благодаря особенностям и областям применения. Основной целью при разработке подобных БПЛА является повышение автономности полета, что увеличивает надежность аппарата, обеспечивает простоту в использовании и расширяется круг, выполняемых задач, как и в гражданском, так и военном секторе. [1, 2, 6-10].

Одной из наиболее значимых задач при создании и конструировании разных технических систем является обеспечение необходимого качества и надежности управления объекта при возмущающих воздействиях. Следовательно, выбор одного из множеств метода управления зависит от вида задач, возлагаемых на БПЛА [3-5].

Основные преимущества и недостатки основных алгоритмов управления БПЛА [1, 13-17] представлены в табл. 1.

Таблица 1

Алгоритмы управления

	Алгоритмы управления БПЛА	Характеристики										
		Робастность	Адаптация	Оптимальность	Искусственный интеллект	Быстродействие	Точность	Простота	Подавление помех	Управляемость	Ручная настройка	Шум сигнала
1	ПИД-регулятор	1	0	0	0	1	1	2	0	0	2	1
2	ЛК регулятор	0	2	1	0	1	0	1	1	0	1	1
3	Скользящий регулятор	1	2	1	0	2	2	1	2	1	0	0
4	Бэкстеппинг	0	2	0	0	0	1	0	2	1	0	0
5	Нечетная логика	1	1	1	2	1	1	1	1	0	1	0
6	Нейронные сети	1	2	2	2	1	1	0	1	1	0	0

где 0 − низкий, 1 − средний, 2 − высокий показатель.

Инерциальный модуль MPU-6050

В данной статье рассмотрено управление электроприводами БПЛА типа квадрокоптер путем использования инерциального модуля MPU-6050 и ПИД-регулятора на базе микроконтроллера Arduino Nano.

В состав инерциального модуля MPU6050 входят два датчика: гироскоп и акселерометр. Совместное использование этих двух датчиков позволяет определить положение квадрокоптера в пространстве [18, 21].

Гироскоп измеряет угловые скорости по трем осям по следующим формулам [19]:

$$\boldsymbol{\varphi}_{\text{giro}} = \int_{t1}^{t2} \dot{\boldsymbol{\varphi}}\, dt\ , \quad \boldsymbol{\theta}_{\text{giro}} = \int_{t1}^{t2} \dot{\boldsymbol{\theta}}\, dt\ , \boldsymbol{\psi}_{\text{giro}} = \int_{t1}^{t2} \dot{\boldsymbol{\psi}}\, dt \tag{1}$$

где, $\boldsymbol{\varphi}, \boldsymbol{\theta}, \boldsymbol{\psi}$ – углы крена, тангажа и рыскания соответственно; $\dot{\boldsymbol{\varphi}}, \dot{\boldsymbol{\theta}}, \dot{\boldsymbol{\psi}}$ – угловые скорости относительно осей *X*, *Y* и *Z*; t_1, t_2 – время начала и конца измерения.

Акселерометр предназначен для компенсации увода гироскопа и вычисления начальных углов отсчета и определяется следующим формулам [19]:

$$\boldsymbol{\varphi}_{acc} = tan^{-1} \frac{\boldsymbol{\varphi}_{acc}}{\sqrt{\boldsymbol{\theta}_{acc}^2 + \boldsymbol{\psi}_{acc}^2}},$$

$$\boldsymbol{\theta}_{acc} = tan^{-1} \frac{\boldsymbol{\theta}_{acc}}{\sqrt{\boldsymbol{\varphi}_{acc}^2 + \boldsymbol{\psi}_{acc}^2}},$$

$$\boldsymbol{\psi}_{acc} = \tan^{-1} \frac{\boldsymbol{\psi}_{acc}}{\sqrt{\boldsymbol{\varphi}_{acc}^2 + \boldsymbol{\theta}_{acc}^2}} \tag{2}$$

где, $\boldsymbol{\varphi}_{acc}, \boldsymbol{\theta}_{acc}, \boldsymbol{\psi}_{acc}$ – углы, измеряемые акселерометром по осям *X*, *Y*, *Z*.

Обработка полученных значений углов от гироскопа и акселерометра производиться путем использования цифрового комплементарного фильтра, чтобы снизить погрешность при расчетах гироскопа и уменьшить чувствительность акселерометра к внешним воздействиям. Комплементарный фильтр работает на базе фильтров верхних и нижних частот [18, 20, 21].

Комплементарный фильтр может быть представлен в виде [20]:

$$\alpha_i = k_1 \cdot \left(\alpha_{i-1} + \alpha_{gyro} \cdot \Delta t\right) + k_2 \cdot \alpha_{acc} \tag{3}$$

где, $\boldsymbol{\alpha}_{\mathbf{i}}$ – выходной сигнал, $\boldsymbol{\alpha}_{gyro}$ – угол гироскопа, $\boldsymbol{\alpha}_{acc}$ – угол акселерометра, k_1, k_2 –коэффициенты пропорциональности.

Следовательно, обработанные значения углов крена (φ), тангажа (θ) и рыскания (ψ) системы примут вид [20, 21]:

$$\varphi = 0{,}98 \cdot \left(\varphi + \varphi_{giro} \cdot \Delta t\right) + 0{,}02 \cdot \varphi_{acc}\ , \qquad \theta = 0{,}98 \cdot \left(\theta + \theta_{giro} \cdot \Delta t\right) + 0{,}02 \cdot \theta_{acc}\ ,$$

$$\psi = 0{,}98 \cdot \left(\psi + \psi_{giro} \cdot \Delta t\right) + 0{,}02 \cdot \psi_{acc} \tag{4}$$

где φ, θ, ψ − отфильтрованные значения углов крена (φ), тангажа (θ) и рыскания (ψ).

Алгоритм управления

На рис.1 представлена схема подключения электромеханических и электронных компонентов, входящих в состав конструкции БПЛА типа квадрокоптер [11, 12, 19].

На рис. 2-4 представлен алгоритм управления квадрокоптером в режиме стабилизации при постоянной высоте с использованием ПИД-регулятора.

Обработка полученных сигналов от инерциального модуля MPU-6050 производится путем использования цифрового комплементарного фильтра.

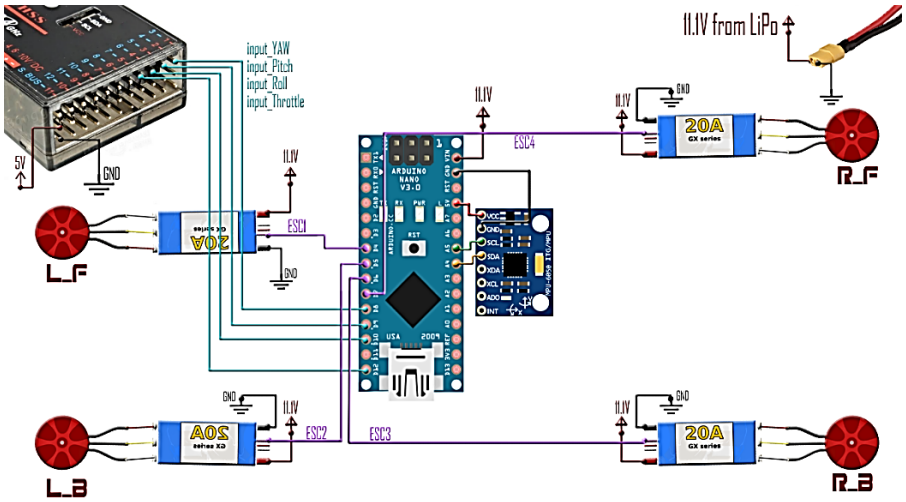


Рис.1. Функциональная схема БПЛА типа квадрокоптер

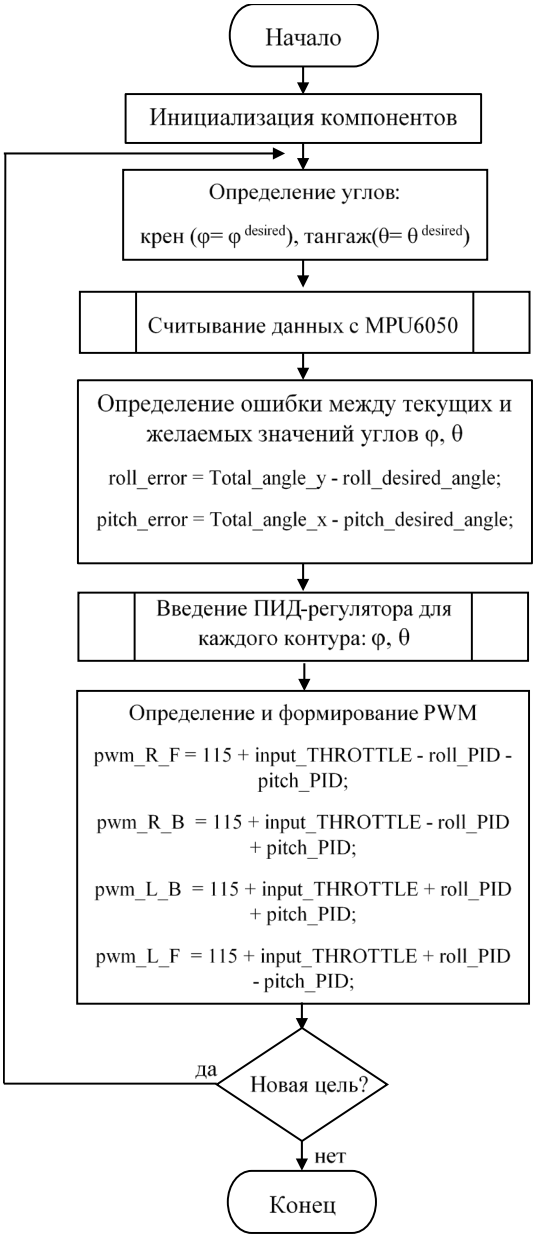


Рис. 2. Основной алгоритм управления электроприводами мультироторной системы при помощи MPU-6050

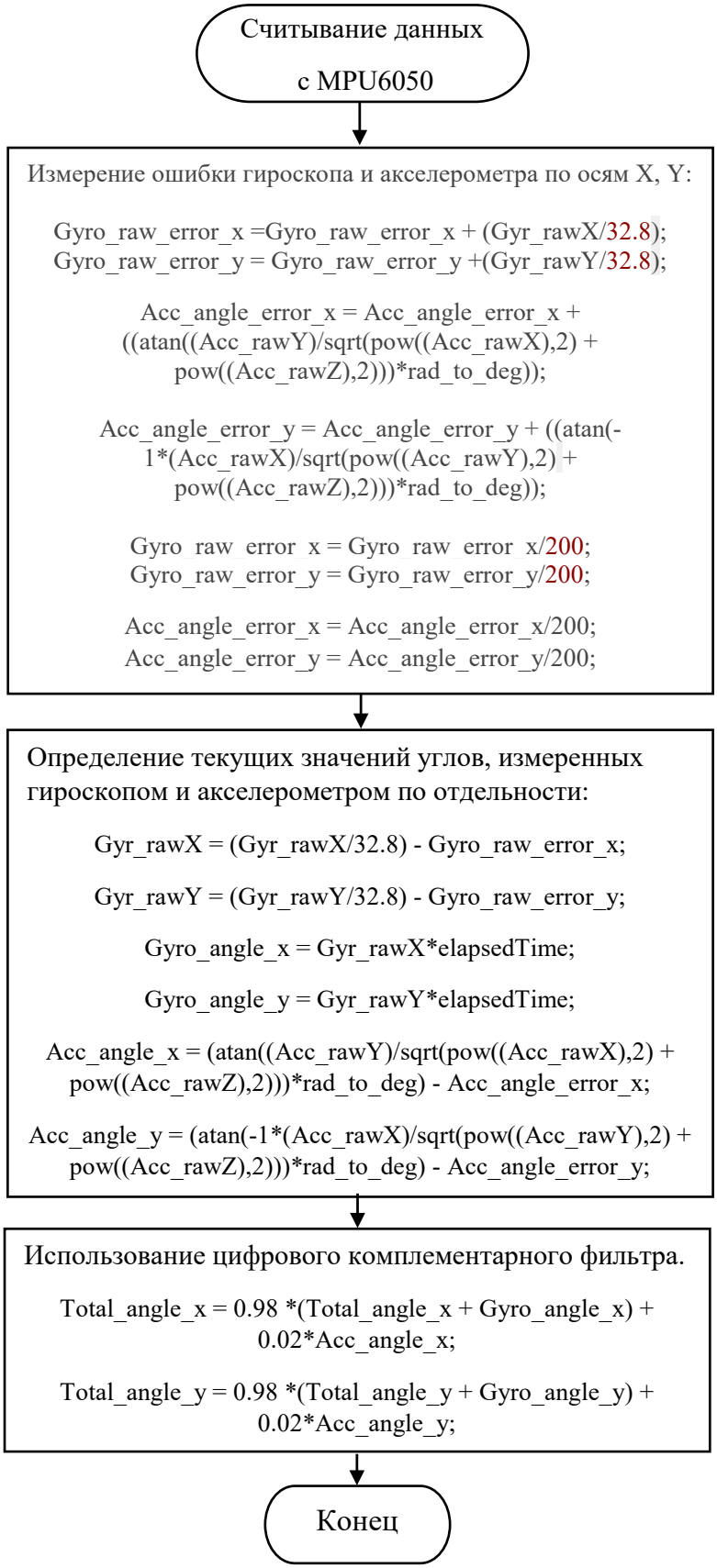


Рис. 3. Считывание данных с MPU6050

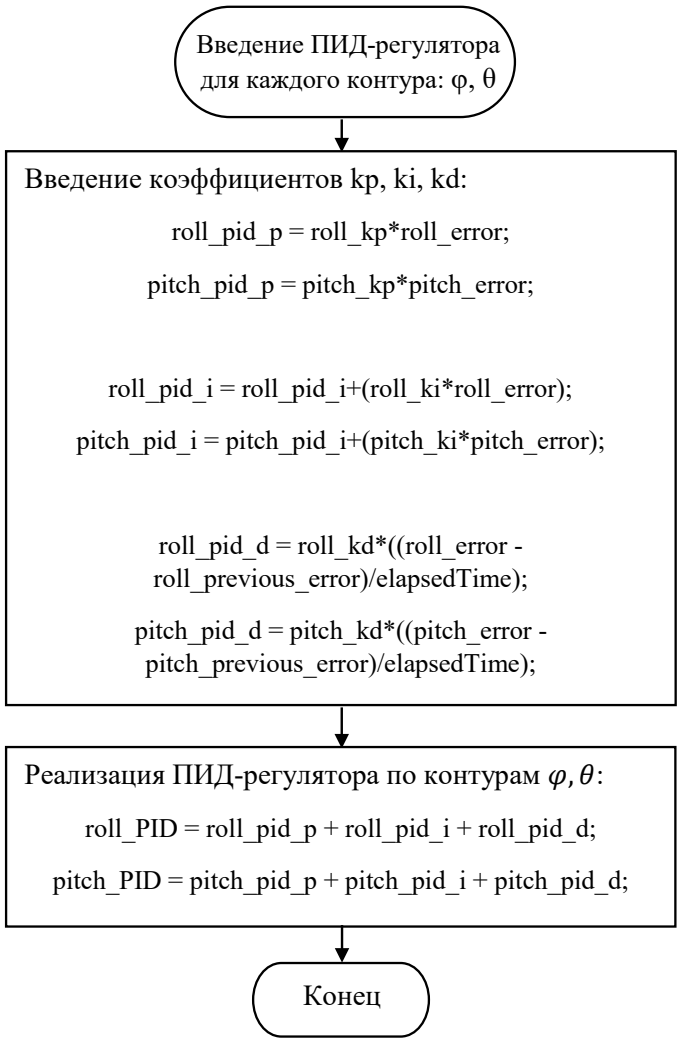
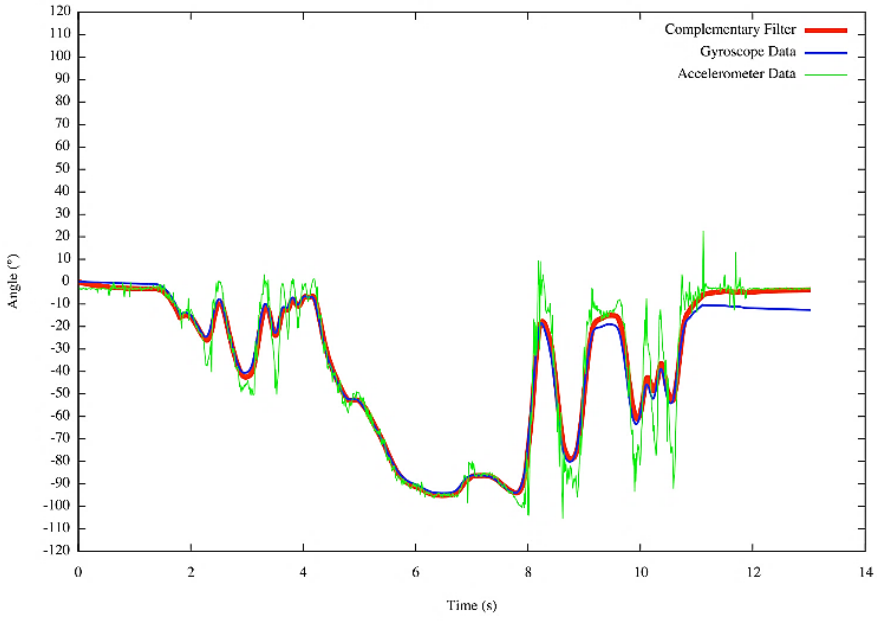


Рис. 4. Введение ПИД-регулятора для каждого контура: φ, θ

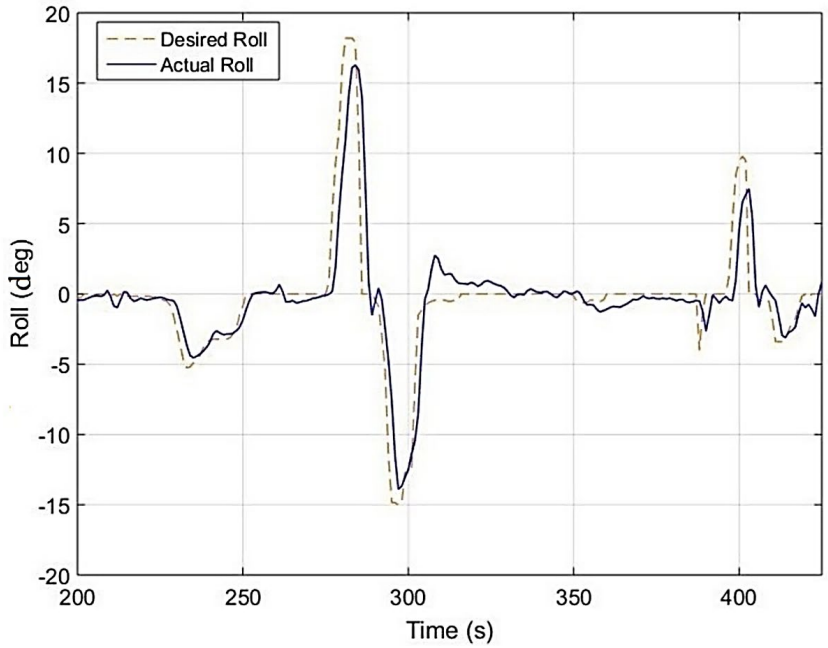


сигнал от акселерометра, сигнал от гироскопа, обработанный сигнал

Рис. 5. Обработка сигналов от инерциального модуля MPU-6050:

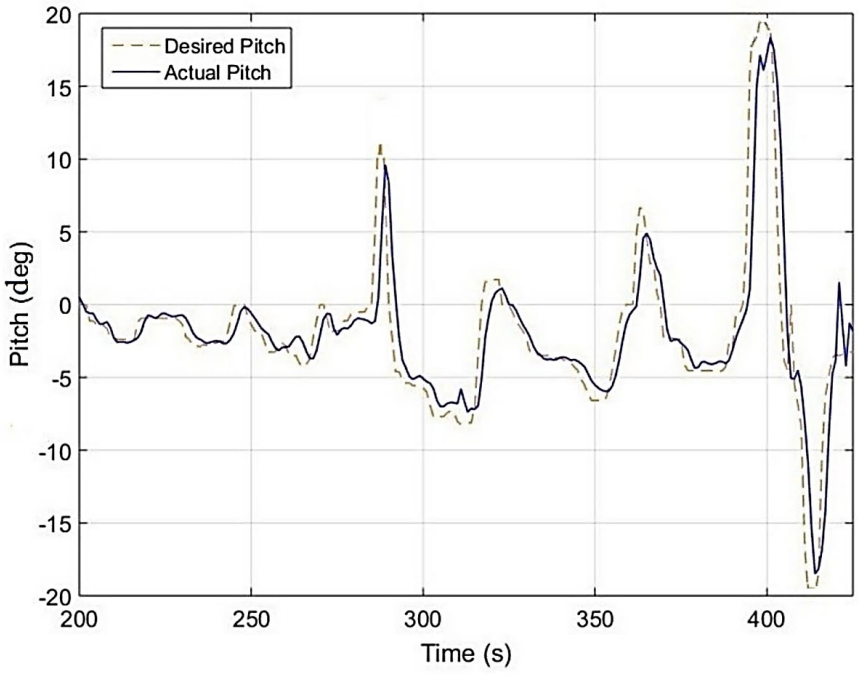
Далее в среде Arduino IDE написан код программы для управления электроприводами БПЛА типа квадрокоптер для достижения заданных оператором углов крена φ и тангажа θ при условии, что угол рыскания $\psi = 0^o$.

На рис. 5-6 представлены результаты работы алгоритма управления квадрокоптером в режиме стабилизации при постоянной высоте с использованием ПИД-регулятора.



– – – желаемое значение, ——— реальное значение

Рис.6. Управление БПЛА типа квадрокоптер по углу крена φ



– – – желаемое значение, ——— реальное значение

Рис.6. Управление БПЛА типа квадрокоптер по углу тангажа θ:

Заключение

В данной статье проведен анализ существующих методов управления беспилотными летательными аппаратами, предложен алгоритм управления электроприводами БПЛА типа квадрокоптер. Введен цифровой комплементарный фильтр для обработки сигналов, полученных от инерциального модуля MPU-6050. Использован ПИД-регулятор позволяет управлять самолетными углами для обеспечения стабилизации и устойчивости к внешним воздействиям БПЛА.

Библиографический список

1. *Яцун* С.Ф., *Емельянова* О.В., *Казарян* К.Г. Алгоритм управления беспилотным летательным аппаратом типа конвертоплан / Всероссийский науч.-практ. сем. «Беспилотные транспортные средства с элементами искусственного интеллекта» (БТС-ИИ-2016). Иннополис: Перо, 2016. С. 147–157.

2. *Павловский* В.Е., *Яцун* С.Ф., *Емельянова* О.В., *Савицкий* А.В. Моделирование и исследование процессов управления квадрокоптером // Робототехника и техническая кибернетика. 2014. № 4. С. 49–57.

3. *Яцун* С.Ф., *Емельянова* О.В., *Савин* А.И. Моделирование движения квадрокоптера при отклонении осей несущих винтов относительно корпуса // Вибрационные технологии, мехатроника и управляемые машины. 2014. С. 329-338.

4. *Яцун* С.Ф., *Емельянова* О.В., *Савин* А.И., Стуканева С.П. Моделирование полета конвертоплана в различных режимах движения // Известия ЮЗГУ. 2015. №1. С. 55 – 66.

5. *Попов* Н.И., *Яцун* С.Ф., *Емельянова* О.В., *Савин* А.И. Исследование движения квадрокоптера при внешнем периодическом воздействии // Инженерный журнал с приложением «Справочник». 2014. №. S4. С. 17-21.

6. *Емельянова* О. В., *Попов* Н. И., *Яцун* С. Ф. Моделирование движения квадроротационного летающего робота / Актуальные вопросы науки. Материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. М.: Спутник, 2013. С. 6-8.

7. *Емельянова* О.В., *Казарян* К.Г., *Мартинез Леон* А.С., *Яцун* С. Ф. Синтез параметров электроприводов БПЛА типа конвертоплан-трикоптер / IV Международная школа-конференция молодых ученых «Нелинейная динамика машин» – School-NDM 2017: сб. тр.. М.: ИМАШ РАН, 2017. С. 239-249.

8. *Павловский* В.Е., *Яцун* С.Ф., *Емельянова* О.В., Стуканева С.П. Математическое моделирование робота с переменным вектором тяги / Всероссийский науч.-практ. семинар «Беспилотные транспортные средства с элементами искусственного интеллекта» (БТС-ИИ-2015). СПб.: Политехника сервис, 2015. С. 99 –106.

9. Патент на полезную модель РФ № 157967. 2015. Движитель воздушный с изменяемым вектором тяги. С.Ф. Яцун, С.В. Ефимов, В.Я. Мищенко, А.С. Яцун, О.В. Емельянова, А.С. Мартинез.

10. Патент на полезную модель РФ №166334. 2016. Мультироторный аппарат с изменяемым вектором тяги / С.Ф. Яцун, В.Я. Мищенко, О.В. Емельянова, А.И. Савин.

11. *Atsushi* Oosedo, *Satoko* Abiko, *Shota* Narasaki, *Atsushi* Kuno, *Atsushi* Konno, *Masaru* Uchiyama. Flight control systems of a quad tilt rotor unmanned aerial vehicle for a large attitude change. // IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). 2015. Pp. 2326-2331.

12. *Åström* K. J., *Hägglund* T., *Astrom* K. J. Advanced PID control. // Research Triangle Park. NC: ISA-The Instrumentation, Systems, and Automation Society. 2006. 461 с.

13. *Красильщиков* М.Н. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / под ред. Г.Г. Себряков. М.: Физматлит, 2003. 280 с.

14. *Фетисов* В.С. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние: моногр. Уфа: ФОТОН, 2014. 217 с.

15. *Дорф* Р., *Бишоп* Р. Современные системы управления. / пер. с англ.; под ред. Б.И. Копылова. М.: Лаборатория базовых знаний, 2002. 832 с.

16. *Girish* C. V. et al. Nonlinear flight control techniques for unmanned aerial vehicles // Handbook of Unmanned Aerial Vehicles. 2015. С. 577-612.

17. *Zulu* A., *John* S. A review of control algorithms for autonomous quadrotors // Open Journal of Applied Sciences. 2014. № 4. Pp. 547-556

18. Сайт «InvenSense I». URL: https://store.invensense.com/datasheets/invensense/MPU6050_DataSheet_V3%204.pdf (дата обращения: 12.03.2019).

19. Сайт «electronoobs» URL: http://www.electronoobs.com/eng_robotica_tut9.php (дата обращения: 12.03.2019).

20. *Euston* M. et al. A complementary filter for attitude estimation of a fixed-wing uav with a low-cost imu // 6th International Conference on Field and Service Robotics. 2007. С. 1-6.

21. *Islam* T. et al. Comparison of complementary and kalman filter based data fusion for attitude heading reference system / AIP Conference Proceedings. 2017.

УДК 681.532.55

М. В. Медведев
студент кафедры управления в технических системах
М. В. Бураков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СИСТЕМА АДАПТИВНОГО КРУИЗ-КОНТРОЛЯ

Адаптивный круиз-контроль – AdaptiveCruiseControl (ACC) предназначен для автоматического управления скоростью движением автомобиля. Адаптивный круиз-контроль является дальнейшим развитием системы круиз-контроля, которая поддерживает заданную постоянную скорость движения [1]. Как правило, системы ACC имеют определенные ключевые характеристики, такие как безопасность, комфорт, эффективность транспортных потоков [2].

Транспортное средство, оснащенное адаптивным круиз-контролем, имеет датчик, такой как радар или лидар. Этот датчик измеряет расстояние до впереди идущего транспортного средства в той же полосе движения.

Адаптивный круиз-контроль работает в двух номинальных режимах:

1) контроль скорости – автомобиль движется с установленной водителем скоростью;

2) контроль расстояния – автомобиль поддерживает безопасное расстояние до впереди идущего транспортного средства.

Система ACC сама решает, какой режим использовать, основываясь на радиолокационных измерениях в реальном времени. Например, если ведущий автомобиль находится слишком близко, система ACC переключается с контроля скорости на контроль расстояния. Точно так же, если ведущая машина находится слишком далеко, система ACC переключается с контроля расстояния на контроль скорости. Другими словами, система ACC заставляет автомобиль двигаться с установленной водителем скоростью, пока он сохраняет безопасное расстояние.

Следующие правила используются для определения режима работы системы ACC:

– если $D_{\text{изм}} \geq D_{\text{без}}$, тогда режим управления скоростью активен. Целью этого режима является отслеживание скорости, установленной водителем $V_{\text{уст}}$;

– если $D_{\text{изм}} < D_{\text{без}}$, то режим управления расстоянием между автомобилями активен. Целью которого является поддержание безопасного расстояния $D_{\text{без}}$, где $D_{\text{изм}}$ – это измеренное расстояние между автомобилями, а $D_{\text{без}}$ – это безопасное расстояния [3].

Нужно отметить, что система ACC не является системой безопасности, такой как экстренное торможение или предотвращение столкновений. Система ACC – это прежде всего система комфорта, которая включает безопасность в том смысле, что гарантируются установленные действия при движении. Как правило, безопасность дорожного движения увеличивается при увеличении расстояния между транспортными средствами и уменьшении относительной скорости. Следовательно, расстояние между транспортными средствами и относительная скорость будут использоваться в качестве количественных характеристик [4].

Моделирование

Система ACC моделируется с помощью блока Adaptive Cruise Control System в Simulink. В подсистему этого блока входит блок Model Predictive Control, который и выполняет основные функции по регулированию скорости. Model Predictive Control Toolbox предоставляет инструменты для систематического анализа, раз-

работки и настройки регуляторов с моделью предсказания. Можно задавать и изменять модель предсказания, горизонты управления и прогнозирования, ограничения на входе, на выходе и весовые значения. При помощи запуска различных сценариев в линейных и нелинейных симуляциях, можно оценить работу регулятора. Также можно настраивать рабочие характеристики регулятора во время работы путем настройки весовых величин и различных ограничений. Для быстрого прототипирования и проектирования встраиваемых систем инструмент поддерживает генерацию кода C [5].

Синтез регулятора MPC требует модель динамики для использования в качестве модели прогнозирования. Модель прогнозирования должна охватывать динамику впереди идущего автомобиля, динамику следующего автомобиля и относительную динамику, которуюизмеряет радар. Уравнения, моделирующие динамику, определяются как:

$$\begin{cases} X_r(t) = X_r(0) + \int_0^t V_r(\tau)d\tau \\ V_r(t) = V_r(0) + \int_0^t a_r(\tau)d\tau \\ V_h(t) = V_h(0) + \int_0^t a_h(\tau)d\tau \end{cases} \qquad (1)$$

где $X_r(t)$– относительное положение, $V_r(t) = V_t(t) - V_h(t)$ – относительная скорость, $a_r(t) = a_t(t) - a_h(t)$ относительное ускорение.$V_t(t)$это скорость впереди идущего транспортного средства и $a_t(t)$ его ускорение в момент времени t. А $V_h(t)$ и $a_h(t)$ это скорость и ускорение автомобиля, который следует за впереди идущем.Значения $X_r(t)$ и $V_r(t)$ измеряются радаром.

Поскольку ускорение впереди идущего транспортного средства в точке (t) неизвестно, в качестве номинального случая предполагается, что оно равно нулю в модели прогнозирования MPC, что дает $a_r(t) = -a_h(t)$. Ускорение $a_t(t)$действует как помеха в замкнутой системе.

MPC обычно разрабатывается и реализуется в области дискретного времени. Следовательно, уравнения непрерывного времени (1) преобразуются в модель с дискретным временем посредством точной дискретизации с временем выборки T_s и использования предположения об удержании нулевого порядка по $a_h(t)$. Сигналы рассматриваются в моменты времени выборки $t = kT_s$, где $k \in N$представляет дискретные временные шаги:

$$x(k+1) = Ax(k) + Ba_h(k) \qquad k \in N \qquad (2)$$

где $x(k) = (x_r(k), v_r(k), v_h(k))^T$и матрицы A и B:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & T_s & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \qquad B = \begin{pmatrix} -\frac{1}{2}T_s^2 \\ -T_s \\ T_s \end{pmatrix} \qquad (3)$$

С учетом структуры управления, ускорение основного транспортного средства $a_h(k) = a_{h,d}(k)$, можно рассматривать как вход управления. Кроме того, так как все состояния $x(k)$ измерены, выходное уравнение становится $y(k) = x(k)$, $k \in N$ что дает:

$$M: \begin{cases} x(k+1) = Ax(k) + Bu(k) \\ y(k) = x(k) \end{cases} k \in N \qquad (4)$$

С $u(k) = a_h(k)$ и A и B как определено в формуле (3).

Наконец, модель ввода-вывода M (4) преобразуется в модель приращения ввода-вывода (IIO) модель Me[6]. Это обеспечивает интегральное поведение, то есть включает ненулевой управляющий выход$u(k)$для нулевой ошибки e(k) , тем самым обеспечивая возможность предотвращения ошибок стационарного состояния, например, на следующем расстоянии. Модель IIO определяется как:

$$Me: \begin{cases} x_e(k+1) = A_e x_e(k) + B_e \delta u(k) \\ y_e(k) = x_e(k) \end{cases} k \in N \qquad (5)$$

где $x_e(k) = (x^T(k), u(k-1))^T$, новый вектор состояния, $\delta u(k) = u(k) - u(k-1)$ новый управляющий вход, и матрицы A_e и B_eявляются новыми моделями матриц:

$$A_e = \begin{pmatrix} 1 & T_s & 0 & -\frac{1}{2}T_s^2 \\ 0 & 1 & 0 & -T_s \\ 0 & 0 & 1 & T_s \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, B_e = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \qquad (6)$$

Модель Me (5) будет использоваться в качестве модели прогнозирования MPC [7].

Конфигурация блока MPC

На рис. 1 изображен блок ModelPredictiveControl из библиотеки Simulink.

На вход mo блока MPC подается матрица, состоящая из значений относительной дистанции и скорости автомобиля на котором установлен круиз-контроль. На вход ref подается матрица, состоящая из значений матрицы минимального безопасного расстояния и значения установленной скорости.На вход md подается значения скорости автомобиля, который едет впереди. Umin и Umax – это значения минимального и максимального ускорения. На вход Ymin подается матрица, состоящая из значений безопасной дистанции и минимальной скорости. На вход Ymax подается матрица со значениями максимальной скорости и максимального расстояния, при котором круиз-контроль работает в режиме регулирования расстояния. На выходе mv, контролер MPC формирует ускорение автомобиля, на который установлен адаптивный круиз-контроль.

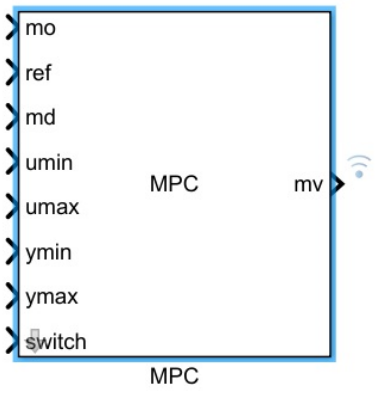


Рис. 1. Блок MPC (Model Predictive Control) в Simulink

Конфигурация блока Adaptive Cruise Control system

На рис. 2 представлена схема моделирования системы адаптивного круиз-контроля и поведения двух автомобилей. На один автомобиль установлена система ACC, а другой автомобиль, движется перед автомобилем с системой ACC.

Как для автомобиля с ACC, так и для ведущего автомобиля динамика между ускорением и скоростью моделируется с помощью передаточной функции:

$$G = \frac{1}{s(0.5s + 1)}.$$

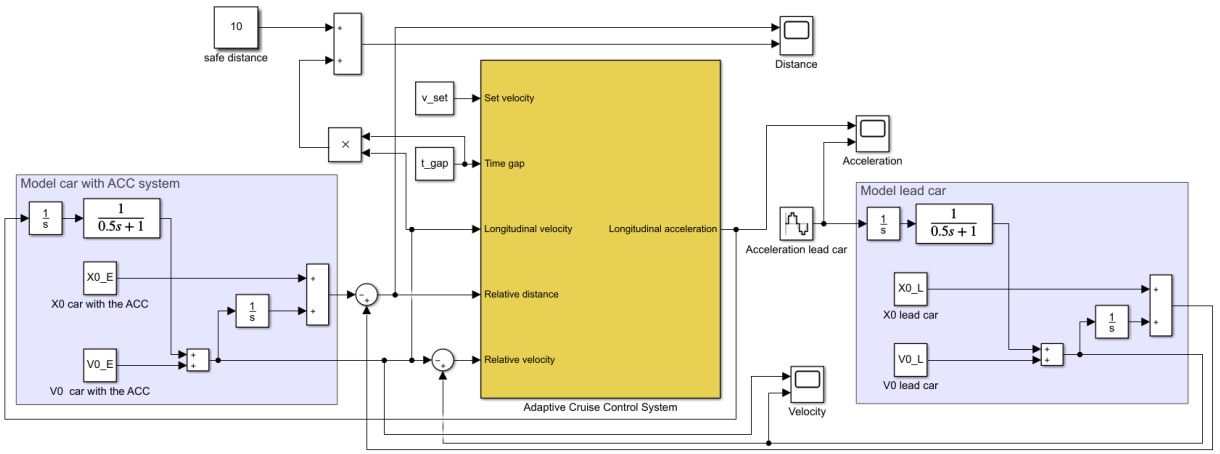


Рис. 2. Схема системы Адаптивного круиз-контроля

Setvelocity – это скорость, установленная водителем, максимальная скорость, с которой двигается автомобиль, при отсутствии препятствий перед ним.

Timegap – это промежуток времени между впереди идущем автомобилем и автомобилем, на котором установлена система ACC.

Чтобы приблизить реалистичную среду вождения, ускорение ведущего автомобиля варьируется в зависимости от синусоиды во время моделирования. Блок системы адаптивного круиз-контроля выдает сигнал управления ускорением для автомобиля ACC.

Для работы системы адаптивного круиз-контроля необходимо ввести ограничения по максимальной скорости, и ограничения минимального и максимального ускорения:

$$\text{Tgap} = 1{,}4 \text{ с};$$

$$D_{\text{зад}} = 10 \text{ м};$$

$$\text{v\_set} = 30 \text{ м/с}.$$

Учитывая физические ограничения динамики автомобиля, ускорение ограничивается диапазоном [-3, 2] м/с^2.

Безопасное расстояние между ведущим и следующим за ним автомобилем, является функцией скорости автомобиля с адаптивным круиз-контролем:

$$D_{\text{без}} = D_{\text{зад}} + T_{gap} \times V_h(t)$$

где $D_{\text{зад}}$ – безопасный интервал в состоянии покоя иT_{gap} – промежуток времени между транспортными средствами.

Время моделирование равно 100 секундам.Также для блока ACC необходимо задать начальные условия, такие, как начальное положение и начальную скорость автомобиля с ACC, начальное значение скорости и положения впереди едущего автомобиля и его ускорение:

– X0_l = 50 – начальная позиция для ведущего автомобиля (м);
– V0_l = 25 – начальная скорость для ведущего автомобиля (м/с);
– X0_E = 10 – начальная позиция для автомобиля с системой ACC (м);
– V0_E = 20 – начальная скорость для автомобиля с системой ACC (м/с).

Анализ моделирования

После моделирования были получены три графика. График сравнения скоростей представлен на рис. 3, график сравнения ускорений приведен на рис. 4 и график сравнения дистанций между автомобилем сАСС и впереди идущем автомобилем показан на рис. 5.

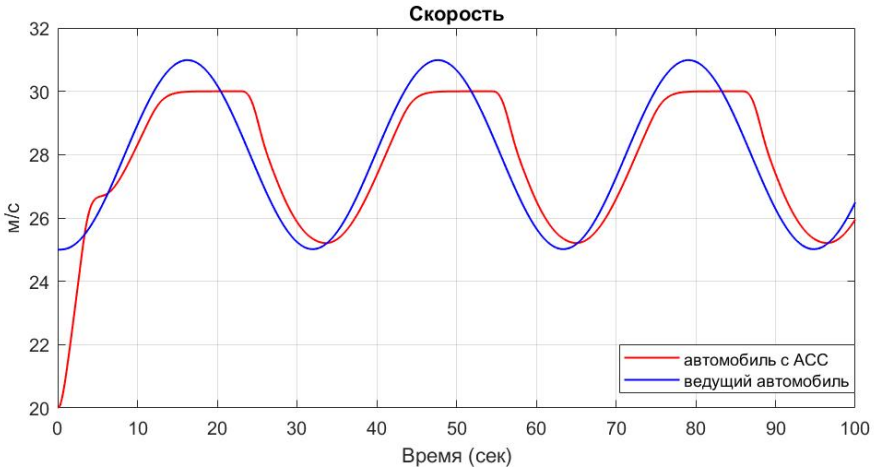


Рис. 3. График сравнения скоростей

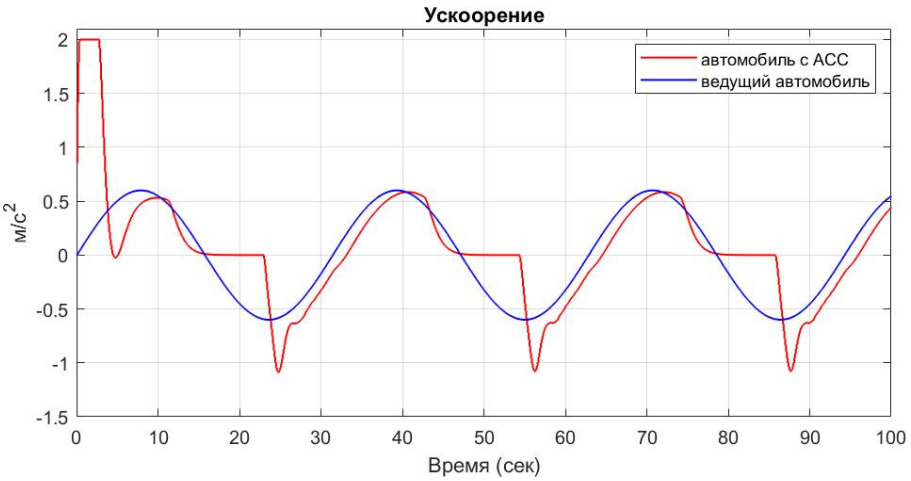


Рис. 4. График сравненияускорений

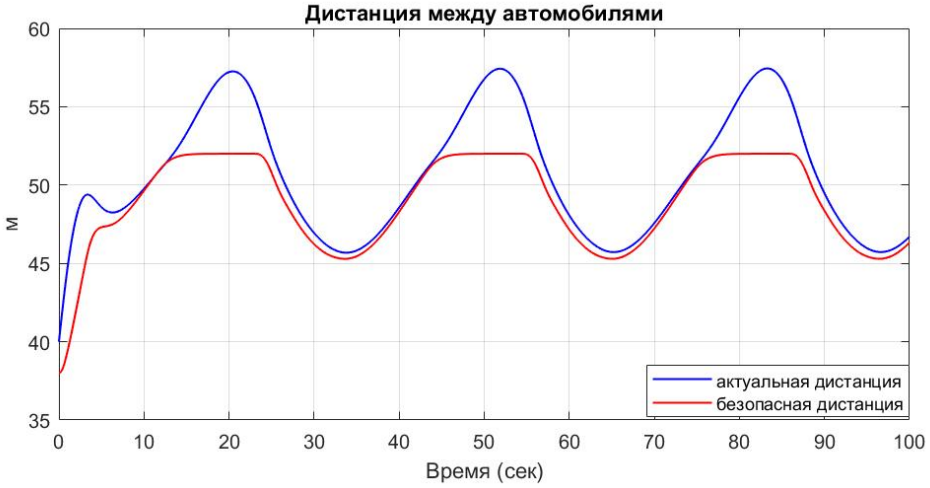


Рис. 5. График сравнения дистанций

Если проанализировать графики 3,4 и 5, то можно сделать вывод, что в первые 3 сек. для достижения заданной водителем скорости автомобиль с установленным ACCразгоняется на полную мощность. От 3 до 12 сек. ведущая машина ускоряется медленно. В результате, чтобы сохранить безопасное расстояние до ведущего автомобиля, автомобиль, который следует, ускоряется более медленно. От 12 до 24 сек. автомобиль поддерживает заданную водителем скорость, как показано на рисунке 3. Система адаптивного круиз-контроля не дает разогнаться быстрее установленной максимальной скорости. Однако, когда ведущая машина снижает скорость, ошибка интервала начинает приближаться к нулю. С 24 до 45 секунды ведущая машина замедляется, а затем снова ускоряется. Автомобиль с ACC поддерживает безопасное расстояние от ведущего автомобиля, регулируя скорость, как показано на рисунке 5. От 45 до 55 сек ошибка интервала выше нуля. Следовательно, автомобиль с системой ACCснова достигает заданной водителем максимальной скорости. С 55 до 65 секунды повторяется последовательность замедления и ускорения, как на интервале с 25 до 35. Также, из графиков видно, что ошибка между фактическим и безопасным расстоянием практически отсутствует при разгоне и минимальна при замедлении.

Заключение

На протяжении всего моделирования контроллер обеспечивает, чтобы фактическое расстояние между двумя транспортными средствами превышало установленное безопасное расстояние. Когда фактическое расстояние достаточно велико, то система ACC обеспечивает, чтобы транспортное средство следовало максимальной заданной водителем скорости. По этим результатам и можно судить о корректности работы системы адаптивного круиз-контроля.

Библиографический список

1. Адаптивный круиз-контроль. URL:http://systemsauto.ru/active/acc.html/ (дата обращения: 20.11.2018).

2. Vahidi, A., Eskandarian, A.: Research advances in intelligent Collision Avoidance and Adaptive Cruise Control. IEEE Transactions on Intell. Transportation Syst. 4(3). 2003. Pp. 143–153.

3. Adaptive Cruise Control System Using Model Predictive Control. URL: https://www.mathworks.com/help/mpc/ug/adaptive-cruise-control-using-model-predictive-controller.html (дата обращения: 18.02.2019).

4. Naus, G.J.L., Van den Bleek, R.P.A.M., Ploeg, J., Scheepers, B., Van de Molengraft, M.J.G., Steinbuch, M.: Explicit MPC design and performance evaluation of an ACC Stop-&-Go. In: Proc. of the 2008 Am. Control Conf. Pp. 224–229. Seattle. WA, USA.

5. Model Predictive Control Toolbox. URL: https://matlab.ru/products/model-predictive-control-toolbox/model-predictive-toolbox.pdf (дата обращения: 10.02.2019).

6. Maciejowski J.: Predictive control with constraints. Prentice Hall-Pearson Educ. Ltd. 2002.

7. Naus G.J.L., Ploeg J., Van de Molengraft M.J.G., Heemels W.P.M.H., Steinbuch M. A Model Predictive Control Approach to Design a Parameterized Adaptive Cruise Control. In: del Re L., Allgöwer F., Glielmo L., Guardiola C., Kolmanovsky I. (eds) Automotive Model Predictive Control. Lecture Notes in Control and Information Sciences, 2010. Vol 402. London. Pp. 273-284.

УДК 681.532.55

М. В. Медведев
магистрант кафедры управления в технических системах
М. В. Бураков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ОБЗОР МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ОРИЕНТАЦИЕЙ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Управление ориентацией космического аппарата (КА) является главным режимом управления его движением, поскольку управление ориентацией, происходит практически непрерывно, а длительность режимов коррекции траектории, спуска или сближения – занимает небольшие промежутки времени. Кроме того, управления ориентацией является частью других движений КА [1].

Ориентация и стабилизация КА в пространстве относительно осей базовой системы координат достигается путем использования внешних и внутренних вращающих моментов [2]. Внешние моменты обусловлены взаимодействием КА с окружающей средой, это аэродинамический, гравитационный, магнитный и момент давления солнечных лучей. Внутренние моменты возникают в результате относительного движения отдельных частей КА, таких как двигатели-маховики, истечение газов и жидкостей с борта КА и т.д.

На использовании внешних моментов основываются пассивные методы управления ориентацией, на использовании внутренних – активные методы. Возможно также комбинирование этих вариантов (рис. 1).

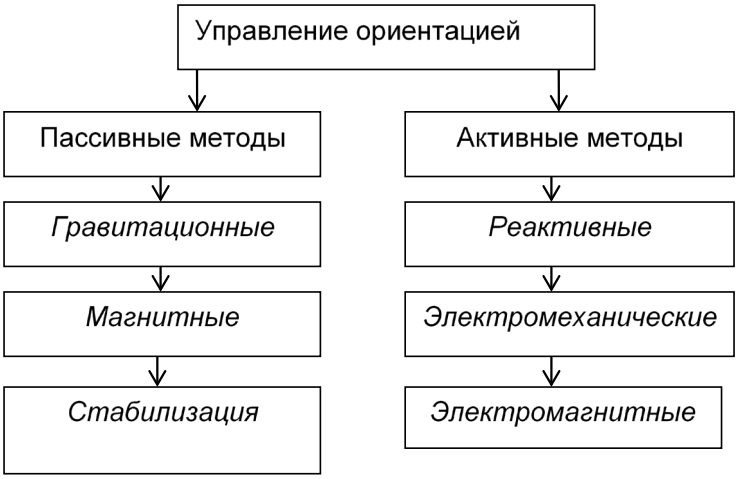


Рис. 1. Методы управления ориентацией КА

Пассивные системы ориентации не требуют исполнительных органов для создания управляющих моментов. Однако они не могут осуществлять полноценное управление ориентацией, т. е. придать любое положение корпусу КА и поддерживать это положение в течение заданного времени.

Методы активной стабилизации по сравнению с пассивными методами более эффективны при парировании внешних возмущений и более точны.

Активные методы управления ориентацией КА могут быть реализованы либо с помощью реактивных двигателей ориентации, либо с помощью электромеханических систем [1, 2].

В настоящее время во всех электромеханических системах ориентации длительно существующих околоземных КА и орбитальных космических станций

в качестве исполнительных органов используются силовые гироскопы и управляющие двигатели-маховики (УДМ). Это обусловлено экономией рабочего тела (топлива или газа) для микрореактивных двигателей на борту, а также высокой точностью ориентации, надежностью, и возможностью сохранения «прозрачной среды» вокруг объекта, необходимой для работы бортового оптического оборудования.

Силовые гироскопы применяют, если для управления ориентацией КА требуется реализовать большой кинетический момент и большие управляющие моменты. Силовые гироскопы целесообразны для тяжелых орбитальных станций и больших космических структур.

Двигатели-маховики применяются на автоматических КА (спутниках) и относительно легких орбитальных станциях.

Двигатель-маховик создает управляющий момент при изменении скорости вращения своего ротора:

$$M_{Д} = J\frac{d\omega}{dt} = \frac{dH}{dt},$$

где $M_{Д}$ – управляющий момент двигателя-маховика; J – момент инерции ротора двигателя-маховика; ω – скорость вращения ротора двигателя-маховика; H – кинетический момент ротора двигателя-маховика ($H = J\omega$).

К корпусу КА прикладывается управляющий момент $M_{КА}$, численно равный и обратный по знаку динамическому моменту, развиваемому двигателем-маховиком.

В процессе работы момент инерции ротора маховика можно считать постоянным $J = const$, поэтому задача управления сводится к обеспечению заданного ускорения вращения ротора.

Наиболее распространённая схема управления заключается в том, что входной сигнал, соответствующий требуемому управляющему моменту, преобразуется в ток двигателя [3].

Момент вентильного двигателя пропорционален току, протекающему в его обмотках, следовательно, момент двигателя $M_{Д}$ пропорционален входному сигналу N_{Y}:

$$M_{Д} = kN_{Y},$$

где k – коэффициент пропорциональности.

Погрешность реализации управляющего момента определяется в основном величиной момента сопротивления $M_{С}$, а также точностью преобразования входного сигнала N_{Y} в момент двигателя, то есть стабильностью работы регулятора тока и электродвигателя.

Исходя из назначения прибора, можно определить требования к качеству работы электропривода маховика: обеспечение требуемого управляющего момента пропорционального входному сигналу; обеспечение заданной погрешности среднего значения управляющего момента; обеспечение минимальных низкочастотных пульсаций управляющего момента; обеспечение заданного времени переходного процесса.

Библиографический список

1. Алексеев К.Б., Бебенин Г.Г. Управление космическими летательными аппаратами. М.: Машиностроение, 1974. 340 с.

2. Раушенбах В.Б. Управление ориентацией космических аппаратов. М: «Наука», 1974, 600 с.

3. Якимовский Д. О., Бураков М. В., Коновалов А. С. Управление ускорением двигателя-маховика космического аппарата. СПб, ГУАП, 2018. 152 С.

УДК. 620.9

А. А. Медведев
магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении
В. А. Сердитов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СТИМУЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

В связи с экономической ситуацией в мире и геополитической обстановкой, России необходимо успешно конкурировать и выбиваться в лидеры для достижения своих экономических интересов и экономической стабильности.

На данный момент, по данным статистического агентства BP Statistical Review of World Energy, Россия занимает 4 место в мире по объему потребления энергии, однако энергоемкость российской промышленности по сравнению с лидерами в 3 раза выше, что негативно влияет на конкурентоспособность отечественных предприятий. В таких реалиях Россия, находящаяся на ранних этапах развития энергосбережения, ставит перед собой задачу к 2020 году снизить энергоемкость ВВП на 40% по сравнению с 2007 годом [5]. Грамотное внедрение сберегающих технологий и стимулирующие к их внедрению нормативные акты и законы страны помогут не только улучшить конкурентоспособность, но и сэкономить огромные ресурсы на микро- и макроуровне. По словам заместителя министра энергетики России Антона Инюцына: «Экономика России нуждается в новых стимулах, а внедрение энергоэффективных технологий повысит спрос на инновации, увеличит конкурентоспособность бизнеса и производств, улучшит инвестиционный климат» [1].

Энергоэффективность является важнейшим показателем развития той или иной страны, а темпы роста эффективности показывают, насколько сильно в стране развито это направление [4]. Мероприятия по грамотному расходованию ресурсов электроэнергии являются следствием развития наукоемких производств и внедрения новшеств в различные виды хозяйственной деятельности. Исходя из того факта, что Россия долгие годы не задумывалась о грамотном использовании своих ресурсов и находилась в стагнации в этой отрасли, тогда как в других странах этим направлением занимаются уже несколько десятков лет, нам необходимо ориентироваться в том числе и на зарубежный опыт. Целесообразность внедрения инноваций в сфере энергетики наглядно показывает структура потребления электроэнергии (рис. 1) [8].

Анализ данных рис. 1 показал, что основной потребитель энергии в России – это промышленность, на которую приходится около 60% потребления. Именно поэтому энергоэффективность была выбрана как одно из ключевых направлений модернизации экономики России.

На опыт каких стран можно опираться, рассматривая вопросы грамотного использования энергии [4]. На сегодняшний день считается, что скандинавские страны являются одними из лидеров по энергоэффективности в мире, по данным Xperience Efficiency, а близость к России и схожие климатические условия помогают применить их опыт у нас. Одним из самых энергоэффективных зданий в Финляндии является здание национального центра окружающей среды [6]. По данным главного инспектора окружающей среды Финляндии, в настоящее время здание потребляет 70 киловатт-часов в год на квадратный метр, в то время как новый дом, построенный с учетом всех норм, потребляет 200 киловатт-часов в год на метр квадратный. Экономия энергии в здании порядка 70% оно построено с учетом всех новейших материалов и технологий, но при этом используется

центральное отопление. Через воздухообмен получают так же тепло в этом здании. Он работает по такому принципу, что свежий воздух с улицы подается в помещение с помощью системы вентиляции, а при выходе этого воздуха рекуперируется до 70–80% накопленного тепла. Но главным новшеством в этом здании является система охлаждения, суть которой состоит в том, что в скалу, расположенную под зданием, с помощью насосов нагнетается вода; для этого имеется 25 скважин глубиной по 250 метров каждая. «Такое количество скважин и их глубина нужны для безотказного охлаждения здания. После вода охлаждается и гонится в помещения. С помощью этой системы охлаждается и входящий в здание воздух. Таким образом, в течение всего года это комплексное решение позволяет поддерживать в здании температуру 21–23 градуса» – говорит Яри Виинанен. Так же особой популярностью пользуются так называемые «зеленые крыши», которые летом отдают влагу, тем самым снижают температуру воздуха и температуру внутри помещения, что в теплое время года значительно экономит электричество при кондиционировании, а летом из-за многослойности такой крыши она эффективнее сохраняет тепло, что так же экономит средства и энергию. Такая крыша помогает городу справиться с нагрузкой на ливневую канализацию города, так как значительная часть осадков впитается в почву.



Рис. 1. Структура потребления электроэнергии в России ТВт/ч

Перспективной разработкой в области грамотного пользования ресурсами является новое направление рекуперации сточных вод, которое исследуют все развитые странны, так как это может значительно оптимизировать расходы на тепло.

В настоящее время в России есть ряд проектов, которые использовали некоторые из перечисленных инноваций. Таким проектом является зеленая крыша бизнес-центра Crowne Plaza в комплексе зданий аэропорта «Пулково» в Санкт-Петербурге. В проекте, осуществленном в 2011 г., была создана кровля с экстенсивным озеленением, площадью более 2000 м^2. Это доказывает, что такие сберегательные мероприятия можно внедрять и у нас в стране. Но точечных примеров недостаточно для эффективной работы всех системы, нужен комплексный подход, который сподвигнет развитию не только сферу энергопотребления, но и всю экономику страны в целом.

Важным элементом внедрения новых технологий в производство, является стимулирование. В некоторых странах Европы для решения задач энергосбере-

жения часто применяются налоги (или освобождение от них) и субсидии [2]. В Финляндии используются различные налоговые ставки на потребление энергии исходя из того, каким способом она была произведена. В Голландии потребление электроэнергии, которое произведено в результате возобновляемых источников энергии, освобождено от налогов. Эти меры очень сильно стимулируют предприятия и всех потребителей энергии в целом вкладываться в энергосберегающие разработки и исследования.

Дополнительными стимулирующими мероприятиями для промышленности некоторых стран Европы являются:

– обязательные энергетические аудиты, только после этого государство выделяет субсидии или какую-либо иную помощь;

– введение стандартов на отдельное оборудование. В Германии и Франции вводятся энергетические стандарты на двигатели, вентиляторы, насосы.

Во всем мире наблюдается сильная поддержка покупки электроэнергии от возобновляемых источников [7]. В Португалии отменили НДС на оборудование для возобновляемых источников энергии, Германия оказывает поддержку в виде льготных займов для предприятий.

Таким образом можно сделать вывод, что в условиях быстроразвивающийся экономики и конкурирования производителей в вопросах оптимизации своих расходов, потребность в эффективном использовании ресурсов растет и является основной темой сегодняшней энергетической политики. России, как одной из лидеров по объему потребления энергии и как стране, которая держит курс на устойчивое развитие своей экономики, нужно отойти от советской идеи потребления ресурсов, когда было не важно сколько и для чего тратиться тот или иной ресурс, так как считалось, что мы обладаем безграничными ресурсами. Вовремя не скорректированный курс страны вкупе с экономическими и политическими проблемами конца XX в., отодвинул нашу страну по этой отрасли на задний план. Чтобы вернуть себе устойчивое место в мировой экономике и успешно конкурировать с другими странами нужно внедрять новые технологии в производство и стимулировать разработку эффективных мероприятий по снижению потребления ресурсов.

Библиографический список

1. Германович В., Турилин А. Альтернативные источники энергии и энергосбережение: практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы. СПб.: Наука и техника. 2016. 317 с.

2. ЗверевА. В. Энергоэффективность и энергосбережение: мировой опыт для России. М.: Статистика России, 2015. 176 с.

3. Можаева С. В. Экономика энергетического производства. Изд. 7-е, доп. и перераб. СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2015. 267 с.

4. Пискулова Н.А. Экология и глобализация. М. МГИМО, 2016.

5. Энергоэффективность в России – новые возможности. Сколково Энерготех презентация.

6. Энергоэффективные производственные технологии в Финляндии. URL: http://figbc.fi/en/building-sector/viikki-environment-house/ (дата обращения 18.02.19).

7. Доклад европейской организации Deloitte в вопросах энергоэффективности. Energy Efficiency in Europe. The levers to deliver the potential. Deloitte.

8. Федеральная служба государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/ (дата обращения 17.01.2019).

УДК 332

Д.А. Мезенцева
магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении
М. В. Канавцев – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Исследованы основные направления по совершенствованию энрегосберегающей деятельности на высокотехнологичных предприятиях. Рассмотрены мероприятия, позволяющие контролировать производственный процесс предприятия, а также рационально использовать расходы, затрачиваемые на энергоресурсы. Предложены инновации, связанные с энергосберегающей деятельностью на высокотехнологичных предприятиях.

Энергосберегающие мероприятия на предприятии позволяют существенно сократить затраты на энергоносители, а также оказывать положительное воздействие на технические и экономические показатели работы производства – увеличение рентабельности.

Энергосберегающая деятельность на высокотехнологичных предприятиях включает в себя: эффективные технологии передачи, производства потребления и распределения энергии; внедрение новых технологий и оборудования (позволят снизить удельный расход тепловой энергии, топлива и электрической энергии); максимальное применение возобновляемых источников энергии; модернизацию и совершенствование существующего оборудования предприятия; замену дорогих видов топлива на доступные; использование вторичных энергетических ресурсов.

Основной целью энергосберегающей деятельности на высокотехнологичных предприятиях является повышение энергоэффективности во всех производственных отраслях.

Достичь высокого уровня энергоэффективности позволят основные направления по совершенствованию энергосберегающей деятельности на предприятии представленные на рис.1.

Данные направления по совершенствованию энергосберегающей деятельности на высокотехнологичных предприятиях позволяют составить подробные мероприятия, которые улучшат режим работы предприятия и производственных и организационных процессов.

Так, например, на предприятии ООО «ЛУКОЙЛ-Экоэнерго» энергоменеджмент осуществляется путем реализации технологического перевооружения и постепенного вывода из эксплуатации устаревшего оборудования; реализации инвестиционных проектов, направленных на повышение энергетической эффективности производственных процессов; закупки оборудования, сырья и материалов с наибольшей энергетической эффективностью; внедрения современных систем и методов учета и мониторинга производства и потребления энергоресурсов; управления эффективным использованием ресурсов на основе мониторинга, измерения и анализа ключевых характеристик системы энергоменеджмента; непрерывного уменьшения экологического воздействия на окружающую среду при потреблении и расходовании энергоресурсов [1].

Энергосберегающие мероприятия на высокотехнологичных предприятиях:

– использование вторичных ресурсов;
– замена одноного энергоносителя другим (например, замена угля на газ);

– повышение загрузки оборудования;
– снижение простоев;
– замена оборудования периодического действия на оборудование непрерывного действия;
– автоматизация технологических процессов;
– подготовка и повышение квалификации персонала с целью повышения уровня его осведомленности и информированности;
– разработка и внедрение результативных механизмов мотивации персонала на непрерывное повышение энергоэффективности;
– использование скоростного и надежного оборудования на производстве;
– модификация освещения;
– автоматизация освещения (датчик движения);
– использование выделяющегося в производстве тепла для отопления цехов и прочее [2].

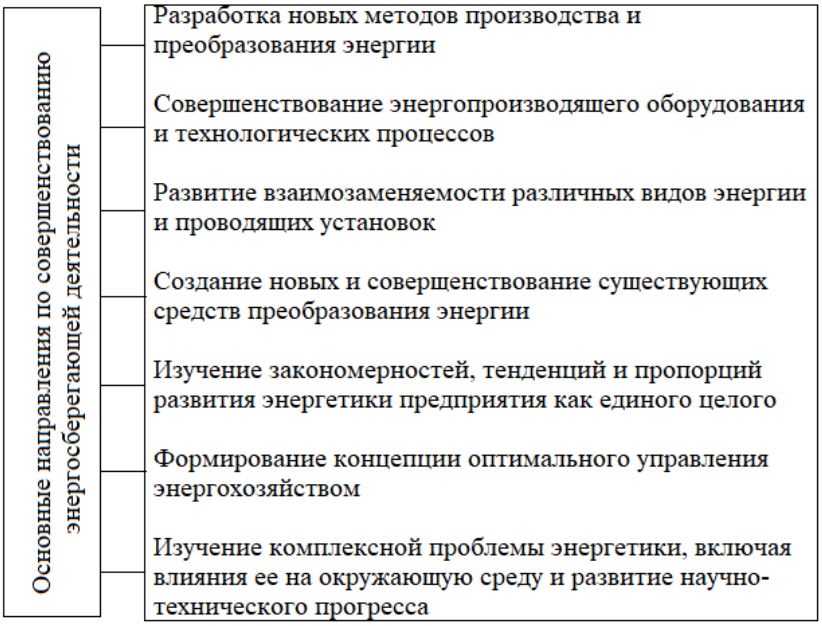


Рис. 1. Основные направления по совершенствованию энергосберегающей деятельности на высокотехнологичных предприятиях

Данные мероприятия позволяют высокотехнологичным предприятиям контролировать производственный процесс, а также рационально использовать расходы, затрачиваемые на энергоресурсы.

На сегодняшний день существует множество инноваций связанных с энергосберегающей деятельностью: теплообменники в системе вентиляции;

солнечные коллекторы; роторные вентиляторы; электрические теплоаккумуляторы; топливные (водородные) элементы/ячейки; компактные трансформаторные подстанции; теплоэнергетические установки для получения экологически чистой энергии и прочее [3].

Внедрение данных инноваций в предприятия требует значительных затрат и не все инновации следует реализовывать для конкретного предприятия.

Целесообразность внедрения инноваций следует оценивать по таким критериям как:

– географическое положение предприятия;
– финансовые возможности компании;
– период окупаемости;
– политическая ситуация в данной стране (экономический кризис).

Так, например, предприятию с низким уровнем доходов нецелесообразно приобретать дорогостоящее оборудование (инвестиции, кредит) – длительный период окупаемости.

Таким предприятиям для начала следует использовать во всех цехах предприятия контрольно-измерительную аппаратуру.

Получать фактические удельные величины расхода, которые должны соответствовать планируемой норме энергопотребления на высокотехнологичных предприятиях, позволят приборы учета расхода энергии (счетчики, водомеры, газометры и т.д.). Приборы предоставляют возможность оперативно и достоверно вести учет энергии. Также важно контролировать выход вторичных энергоресурсов – расчетным путем, при помощи приборов.

Данные о расходе энергии, получаемые первичным учетом, используются: для составления отчетов по затрачиваемой энергии – энергетический баланс; для установления фактических удельных показателей расхода всех видов энергии; для расчета экономических и технических показателей энергетической деятельности предприятия.

К экономическим и техническим показателям, которые характеризуют работу энергетической деятельности предприятия, относятся рис. 2.

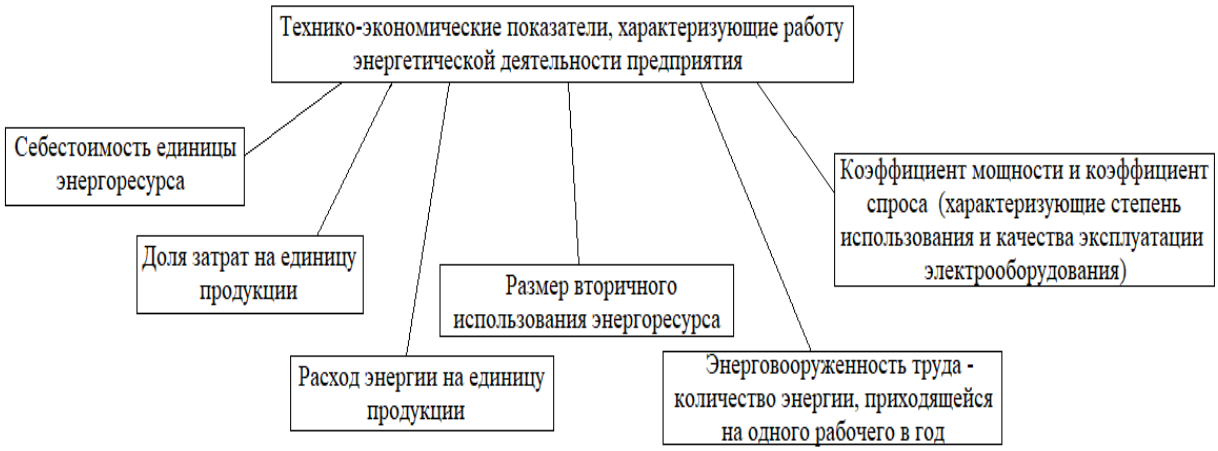


Рис. 2. Технико-экономические показатели, характеризующие работу энергетической деятельности предприятия

Рациональное использование энергетических ресурсов позволяет снизить издержки на высокотехнологичных предприятиях и повысить экономическую эффективность производства в целом.

Для продуктивной работы предприятия необходимо также развитие энергосберегающей деятельности, которое возможно при формировании, а также последующей реализации мероприятий по энергосбережению на высокотехнологичных предприятиях. Вследствие чего необходимо создать соответствующую методологическую и методическую базу.

Предотвратить финансовые потери на высокотехнологичных предприятиях позволит уменьшение энергетической составляющей в издержках производства – разработка и совершенствование методов оценки эффективности программ энергосбережения.

Разработка энергосбережения проводится в следующей последовательности:

– оценка состояния использования ТЭР на предприятии на данный момент;
– разработка энергетического баланса;
– определение удельных расходов энергии;

– оценка эффективности мероприятий направленных на экономию энергетических ресурсов предприятия;

– установка конкретных задач по энергосберегающей деятельности предприятия;

– составление плана для решения задач по экономии ТЭР;

– реализация программ;

– оценка результатов внедрения энергосберегающих мероприятий.

Энергетические ресурсы при рациональном использовании снижают производственные издержки и позволяют:

– получить дополнительную прибыль посредством использования наиболее рентабельных производственных технологий;

– осуществить мероприятия по подготовке производственной деятельности в соответствии с оптимальной эксплуатацией основных средств;

– разработать, освоить и внедрить новые экономически эффективные технику и/или технологии.

Таким образом, совершенствование энергосберегающей деятельности должно быть одним из приоритетных направлений экономической политики высокотехнологичных предприятий. Также необходимо учитывать оценку экономической эффективности мероприятий направленных на сбережение энергетических ресурсов с целью устранения проблем при последующей разработке программ.

Библиографический список

1. Политика ООО «ЛУКОЙЛ-Экоэнерго» в области энергетического менеджмента. URL: http://www.lukoil.ru/FileSystem/PressCenter/190803.pdf (дата обращения 16.02.2019).

2. Армашова-Тельник Г.С., Канавцев М.В., Сердитов В.А. Новые знания и компетенции, востребованные на технологических предприятиях / Завалишинские чтения – 2018. Сб. докл. СПб.: ГУАП, 2018. С. 217-221.

3. Инновации в энергобережении. URL: http://intech-gmbh.ru/energy_saving_innovations/ (дата обращения 17.02.2019).

УДК 681.5

Ф.А. Назаренко
студент кафедры управления в технических системах
М. В. Бураков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

SLAM ФОРМИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ЕЕ РЕШЕНИЕ

Задача одновременного мэппинга и локализации, ставит перед нами проблему: можно ли расположить робота в неизвестном месте и неизвестном окружении так, чтобы он постепенно строил карту этого окружения, одновременно определяя свое местоположение с учетом карты (локализация). Решение подобной задачи есть «святой Грааль» робототехники – сделать робота полностью автономным.

Одним из методов, позволяющих добиться успеха в мэппинге и локализации, является метод SLAM. Спроектированный для работы в различных условиях в помещениях, на открытом воздухе, подводной и воздушной среде, SLAM можно считатьрешеннымна концептуальном уровне. Однако остаются существенные вопросы практической реализации более общего алгоритма для построения и использования удобных к восприятию карт в рамках алгоритма SLAM.

Формулировка и структура проблемы SLAM. SLAM – это процесс, с помощью которого робот может построить карту окружающей среды и в то же время использовать эту карту для вывода своего местоположения [1]. В SLAM как траектория, так и расположение всех ключевых точек оцениваются в режиме онлайн без необходимости какого-либо априорного знания местоположения.

На рис. 1 описана основная проблема алгоритма SLAM, заключающаяся в невозможности определения истинного положения робота.

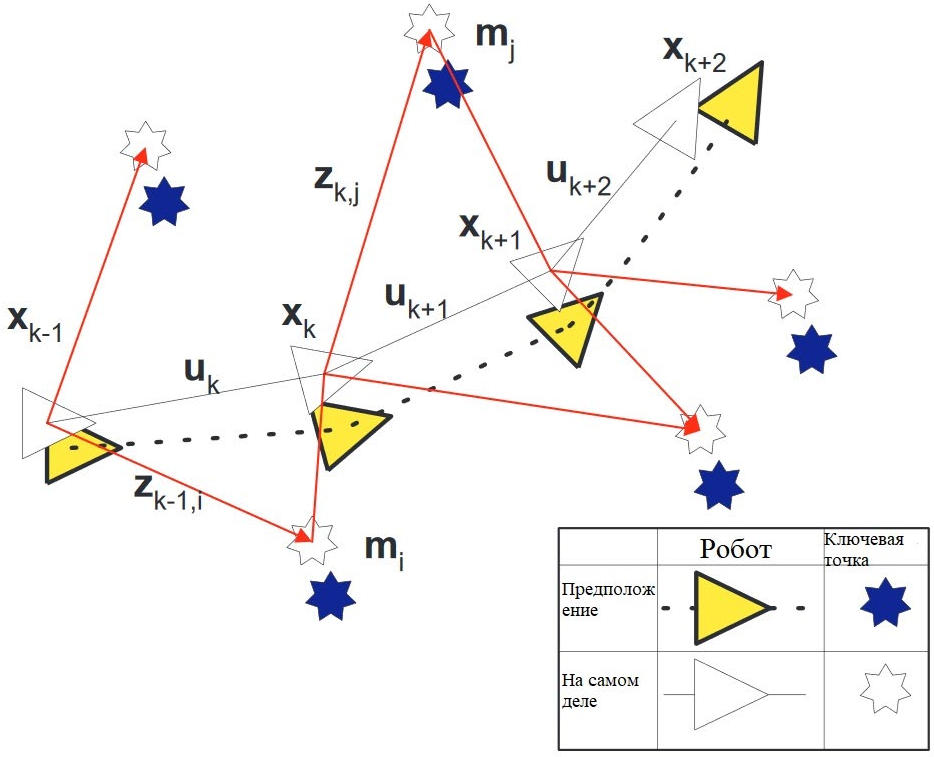


Рис. 1. Главная проблема SLAM, истинное положение никогда неизвестно сразу

Структура SLAM. В вероятностной форме метод (SLAM) требует, чтобы распределение вероятности, описывающее совместную плотность местоположений, ориентиров и состояние транспортного средства с учетом записанных наблюдений и управляющих входов (входных данных) до настоящего времени и, включая его вместе с начальным состоянием транспортного средства, было вычислено для всех моментов времени, предшествующих рассматриваемому.

Стоит отметить, что проблема построения карт может быть сформулирована как вычисление условной вероятности [2]. Это предполагает, что расположение ТС известно (или по крайней мере детерминировано) в любое время при условии, что известно начальное положение. Карта строится путем слияния наблюдений из разных местоположений. И наоборот, проблема локализации может быть сформулирована, как вычисление распределения вероятностей.

Местоположения ориентиров предполагаются точно известными, и цель состоит в том, чтобы вычислить оценку местоположения транспортного средства относительно этих ориентиров.

***Решения проблемы SLAM*.** Решением вероятностной задачи SLAM на сегодняшний день является модель пространства состояний с аддитивным гауссовым шумом, приводящая к использованию расширенного фильтра Калмана (EKF) [3, 4]. Альтернативным способом является использованиеRAO-Blackwellised [5, 6, 7]. Каждый из них обладает своим набором плюсов и минусов [8, 9].

Так, например, EKF-SLAM неточен для некорректной ассоциации наблюдений с ориентирами. В данном случае могут возникать «замыкания петли». Проблема еще более усугубляется в средах, где ориентиры не являются простыми точками и действительно отличаются при различных точках зрения. Кроме того метод остается чувствительным к сильно нелинейным моделям движения. Сходимость и согласованность могут быть гарантированы только в линейном случае.

Метод FastSLAM 2.0 отказался от линейных гауссовых допущений и был первым, в котором была представлена нелинейная модель процесса и распределение негауссовой позы. Несмотря на сложность вычислений, и рост статистических ошибок с расширением карты данный метод дает лучшие эмпирические результаты, нежели приведенный выше [10].

Заключение. *В* статье рассматривается метод SLAM, позволяющий роботу автономно строить карту местности. Дано описание метода, его основной проблемы. Приведено сравнение двух методов её решения.

Библиографический список

1. Davison A.J., Cid Y.G., Kita N. Real-time 3D SLAM with wide-angle vision. In IFAC/EURON SymposiumonIntelligentAutonomousVehicles, 2004.

2. Eustice R., Singh H., Leonard J., Walter M., Ballard R. Visually navigating the RMS Titanic with SLAM information filters. InRobotics: ScienceandSystems, 2005.

3. Maybeck P.S.. Stochastic Models, Estimaton and Control. Vol. I. Academic Press, 1979.

4. G. Dissanayake, P. Newman, H.F. Durrant-Whyte, S. Clark, and M. Csobra. A solution to the simultaneous localisation and mapping (SLAM) problem. IEEE Trans. RoboticsandAutomation, 17(3):229–241, 2001.

5. M. Montemerlo, S. Thrun, D. Koller, and B. Wegbreit. FastSLAM: A factored solution to the simultaneous localization and mapping problem. In AAAI National Conference on Artificial Intelligence, pages 593–598, 2002.

6. K. Murphy. Bayesian map learning in dynamic environments. In Advances in Neural Information Processing Systems, 1999.

7. S. Thrun, W. Bugard, and D. Fox. A real-time algorithm for mobile robot mapping with applications to multi-robot and 3D mapping. InInternational Conferenceon Roboticsand Automation, pages 321–328, 2000.

8. A. Doucet. On sequential simulation-based methods for Bayesian filtering. Technicalreport, CambridgeUniversity, DepartmentofEngineering, 1998.

9. J.E. Guivant and E.M. Nebot. Optimization of the simultaneous localization and map-building algorithm for real-time implementation. IEEE Trans. Roboticsand Automation, 17(3):242–257, 2001.

10. M. Montemerlo, S. Thrun, D. Koller, and B. Wegbreit. FastSLAM 2.0: An improved particle filtering algorithm for simultaneous localization and mapping that provably converges. In International Joint Conference on Artificial Intelligence, pages 1151–1156, 2003.

УДК 621.3.051

В. В. Назаров
студент кафедры электромеханики и робототехники
О. Я. Солёная – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ УЛЬТРАВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

На сегодняшний день перед человечеством возникает все больше энергетических проблем, в основе которых встает вопрос, связанный с качественным и количественным обеспечением электроэнергией. Данная ситуация заставляет лидеров в области электроэнергетики принимать быстрые и эффективные решения, которые позволят вывести мировую электроэнергетику на качественно новый уровень развития. Инновации в данной области должны стремиться к выполнению нескольких основных задач:

– обеспечение всех потребителей достаточным количеством электроэнергии первоклассного качества;

– обеспечение снижения затрат на производство и передачу электроэнергии от производителя к получателю;

– оперативное реагирование на все изменения, которые происходят на всем протяжении электроэнергетической системы;

– сделать систему экологичной, используя для этого в процессе производства электричества только возобновляемые ресурсы.

В России дорога к достижению этой цели началась еще во времена СССР, в послевоенные годы. 15 декабря 1954 г. была создана новая организация, Дирекция по строительству электропередачи Куйбышев – Москва. Этот день стал одной из важнейших дат в отечественной энергетике, датой рождения Дальних электропередач – организации, которая в современной России похожа на Федеральную сбытовую компанию.

С этого дня развитие электросетей России началось огромными темпами. Уже к 30 апреля 1956 г. была введена в эксплуатацию южная сеть электропередачи Куйбышевская ГЭС – Москва, а уже в ноябре – северная цепь, обе выполнены на напряжении питания 400 кВ. При изучении электрической сети было выявлено, что при сравнительно небольшом усовершенствовании оборудования можно добиться работы на более высоком напряжении в 500 кВ, что и было сделано. Следующее десятилетие было посвящено бурному развитию сетей сверх- и ультравысоких напряжений.

Успехи в развитии атомной энергетики в 1960-х гг. привели к росту генерирующих мощностей, что создало необходимость применения более высокого класса напряжения 750 кВ. Так была создана опытно–промышленная электропередача 750 кВ Конаково – Москва протяженностью 87,7 км. А уже в 1975 г. была введена в эксплуатацию линия электропередач (ЛЭП) Ленинград – Конаково на 750 кВ. Это позволило объединить энергосистемы Центра и Северо – Запада, дав возможность передавать избыточную мощность Северо–Запада в дефицитные районы Центра.

В 1980-х гг. строительство ЛЭП 750 кВ приняло массовый характер. И встал вопрос об освоении новых, ранее несуществующих в мире классов напряжения – 1150 кВ переменного и 1500 кВ постоянного тока, которые назвали ультравысокими. Строительство этих линий позволяло с минимальными потерями перебрасывать электроэнергию и мощность на огромные расстояния из избыточных регионов в энергодефицитные. Так было начато строительство сетей 1150 кВ Сибирь – Казахстан – Урал и 1500 кВ Экибастуз – Центр. Завершение строительства широтных ЛЭП 1150 и 1500 кВ планировалось в 1995 г., но из-за распада СССР проекты остались не окончены. Так в сети 1150 кВ Сибирь – Казахстан – Урал был снижен проектный уровень до 500 кВ. А сеть 1500 кВ Экибастуз – Центр (рис. 1)

так и не была окончательно достроена, сдано только несколько сотен километров опор, включая пересечение линией Волги, для чего были построены 124-метровые пилоны. В 2012 г. пилоны были использованы для создания новой линии переменного тока 500 кВ Балаковская АЭС – Курдюм – Фролово [1].

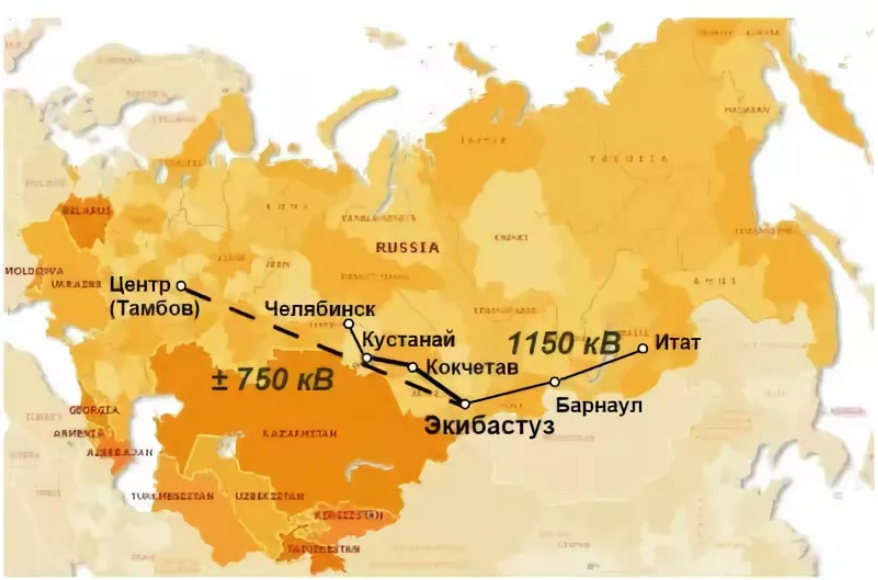


Рис. 1. Схема электрической сети Экибастуз–Центр

На данный момент лидером в сфере строительства сетей с ультравысоким напряжением является Китай. Эта страна реализует программу по созданию магистральных линий для передачи крупных объемов электроэнергии в центральные и прибрежные провинции из северо-западной части страны, так как там находятся возобновляемые источники питания. По этой программе предусмотрено создание нескольких ЛЭП постоянного тока ультравысокого напряжения 800 кВ.

А в 2014 г. были начаты работы по созданию сети постоянного тока напряжением 1100 кВ Чанцзи – Гугуан мощностью 12000 МВт и протяженностью 3,2 тыс. км. Эта сеть должна установить новый мировой рекорд по уровню напряжения, пропускной способности и расстоянию. На данный момент известно об удачных испытаниях низковольтных и высоковольтных блоков трансформатора постоянного тока (рис. 2), преобразовательных клапанов, вводов и автоматических выключателей постоянного тока. По поводу даты введения данной сети в строй пока ничего неизвестно.



Рис. 2. Испытание трансформатора постоянного тока
на сеть напряжением 1100 кВ

При полной эксплуатации ЛЭП постоянного тока сможет снабжать энергией восемь линий на 500 кВ и две линии переменного тока на 1000 кВ, обеспечивая мощность, эквивалентную удвоенной средней годовой потребляемой мощности Швейцарии.

В этом же 2014, а также в 2015 г. Государственная электросетевая корпорация Китая выиграла тендеры на постройку двух очередей проекта по передачи постоянного тока напряжением 800 кВ в Бразилии. Одновременно корпорация совместно с Россией, Казахстаном и Монголией рассматривает возможность создания связанных проектов с ультравысоким классом напряжения.

Также Китай продвигает идею создания глобальной энергетической сети. Для этого в марте 2016 года была создана международная организация по кооперации и сотрудничеству в создании глобальной энергетической сети – GEIDCO. В настоящее время примерно 85% ресурсов чистых источников энергии в Евразии и Африке сосредоточены на территории от Северной Африки через Центральную Азию до Дальнего Востока России [2, 3].

Основываясь на этих данных, мы можем прийти к выводу, что в современной единой энергетической системе России перспективы развития передач постоянного тока основываются на следующих условиях:

– большая территория страны, что дает возможность построить более эффективные электроэнергетические системы, в основе которых долготный и широтный эффекты;

– большое расстояние между объектами, на которых происходит генерация электроэнергии от мест нагрузки;

– большая обособленность крупных региональных объединений (объединенной энергетической системы), а также возможность присоединения локальных энергосистем;

– увеличение проблем, связанных с возможностью возникновения токов короткого замыкания в крупных городах;

– возможность решения проблемы с передачей электроэнергии через большие водные преграды при строительстве линии на объекты, расположенные в морских просторах (добывающие платформы и др.), а также в удаленные районы;

– возможность развития в области возобновляемых источников энергии;

– большой износ сетей;

– относительно большие потери в распределительных сетях [4].

Таким образом, в ближайшем будущем целесообразно осваивать технологии передачи электроэнергии на сверх- и ультравысоких классах напряжения, что позволит повысить пропускную способность и в целом энергоэффективность электроэнергетических систем.

Библиографический список

1. Эра сверхвысокого напряжения. URL: http://energy-polis.ru/energo/2569-era-sverhvysokogo-napryazheniya.html (дата обращения: 9.03.2019).

2. Китайская технология ЛЭП с ультравысоким классом напряжений способствует строительству глобальной энергетической сети. URL: https://dknews.kz/opinions/107-technologies/67381-kitajskaya-tekhnologiya-lep-s-ultravysokim-klassom-napryazhenij-sposobstvuet-stroitelstvu-globalnoj-energeticheskoj-seti.html (дата обращения: 12.03.2019).

3. Прорыв компании ABB – самый мощный в мире трансформатор постоянного тока URL: http://www.abb.ru/cawp/seitp202/7140d06521841d3fc12582210034b9ec.aspx?_ga=2.20125371.2011045684.1517282750-1600040030.1516005590 (дата обращения: 15.03.2019).

4. Системы передачи постоянного тока: текущее состояние и перспективы развития. URL: http://matveev-igor.ru/articles/354343 (дата обращения: 20.03.2019).

УДК 608.2

А.Б. Наумов
магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении
В.А. Сердитов – кандидат технических наук – научный руководитель

О РЕАЛИЗАЦИИ ПАО «ЛЕНЭНЕРГО» ПРОГРАММЫ SMART GRID В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Технология Smart Grid зарубежная концепция «умной энергетики». Интеллектуальное руководство сетью обеспечит автоматизацию, мониторинг и контроль за двусторонней передачей энергии от электростанции до бытовой розетки. Умные решения, которые ожидает рынок, направлены на повышение качества и надежности электроснабжения, повышение энергоэффективности, качественное улучшение технического состояния энергосетевой инфраструктуры.

Smart Grid – умная технология, способна осуществлять самомониторинг и подавать отчеты о конкретном участнике сети и полную информацию о сети в целом: эффективность, потери энергии, экономическая выгода.

Для энергокомпаний ключевыми преследуемыми целями развития технологий Smart Grid являются:

– снижение потерь энергоресурсов;

– повышение своевременности и полноты оплаты за потребляемые энергоресурсы;

– управление неравномерностью графика электрической нагрузки;

– повышение эффективности управления активами энергокомпаний;

– повышение качества интеграции объектов возобновляемой генерации и распределенной генерации в энергосистему;

– повышение надежности функционирования энергосистемы в случае возникновения аварийных ситуаций;

– повышение визуализации работы объектов энергетической инфраструктуры.

Одной из первых компаний в России, которая стала использовать данную технологию, стала ПАО «Ленэнерго». Построение энергосистемы с интеллектуальной сетью позволит уменьшить потери в петербургских электрических сетях всех классов напряжения на 25% за счет уменьшения потерь, повышения автономности системы, что даст экономию порядка 34–35 млрд кВт•ч в год.

Одним из проектов программы инновационного развития ПАО «Ленэнерго», сформированной на среднесрочный период 5 лет с учетом приоритетов государственной научно-технической и инновационной политики. является «Создание интеллектуальной распределительной сети 10-110кВ на территории Санкт-Петербурга» (ПАО «Ленэнерго»). Срок реализации проекта 2016-2020 гг.» [1].

Проект предполагает комплексную модернизацию существующих электрических сетей Центрального, Петроградского и Курортного районов Санкт-Петербурга и их перевод на единую цифровую активно-адаптивную сеть с распределённой интеллектуальной системой автоматизации и управления. Предполагается внедрение автоматизации сетей, диспетчерского управления, интеллектуального учета и применения высокотехнологичного силового оборудования для оснащения центров питания и распределительной сети. Объемы финансирования проекта на 2016-2020 гг. обозначены в табл. 1.

1 июня 2017 г. в рамках Петербургского международного экономического форума ПАО «Ленэнерго» и компания «Siemens» заключили договор о модерни-

зации участка распределительной сети в Адмиралтейском районе Санкт-Петербурга. Было разработано техническое решение по переходу этого участка сети к технологиям «умной сети».

Таблица 1

Финансирование, млн руб. с НДС

Финансирование, млн руб. с НДС				
2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
639,18	1 409,16	1 381,57	1 519,19	877,35

Согласно «Годовой отчетности ПАО "Ленэнерго" за 2017 год» переход к цифровым активно-адаптивным сетям с распределенной интеллектуальной системой автоматизации и управления план затрат составил 682,22 млн. руб. (без НДС). Фактические затраты на реализацию составили 617,75 млн. руб. без НДС, что связывают с проведением непрерывного контроля инновационной деятельности ПАО «Ленэнерго» Координационным советом по развитию инновационной деятельности в ПАО «Ленэнерго» и реализацией компенсационных мероприятий [2].

В настоящее время реализация проектов по переходу к цифровым и автоматизированным подстанциям по типу технологии Smart Grid находится на начальном этапе. Осуществляется взаимодействие с различными инновационными компаниями и исследовательскими институтами, производителями оборудования. Закупается и внедряется в практику соответствующее оборудование, формируется документация на проведение закупочных процедур и реализуются различные партнерские программы.

Библиографический список

1. Энергетическая стратегия России до 2030 года (распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 No1715-р).

2. Годовая бухгалтерская (финансовая) отчетность по итогам 2017 года (дата обращения: 23.12. 2018).

УДК 629

П. А. Никифоров
магистрант кафедры управления в технических системах
М. В. Бураков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

УПРАВЛЕНИЕ АКТИВНОЙ ПОДВЕСКОЙ АВТОМОБИЛЯ

Подвеска автомобиля выполняет множество важных функций. От характеристик подвески и ее конструкции зависят следующие свойства автомобиля: управляемость, устойчивость, плавность хода, безопасность, комфортность, надежность и экономичность.

Для улучшения управляемости, комфортности и уменьшения колебаний кузова разрабатываются различные системы стабилизации, которые обеспечивают контроль вертикального положения кузова автомобиля. Такие системы можно поделить на два типа: пассивные и активные.

Пассивные системы подрессоривания обычно состоят из демпфирующих и/или упругих элементов, параметры которых (упругость и демпфрируемость) не изменяются. Сущность активных систем состоит в том, что происходит изменение характеристик упругого или демпфрируемого элемента в зависимости от изменения внешних воздействий [1].

Активная подвеска обеспечивает комфортное движение, и в этом залог ее будущего. Такая система скоро станет достоянием большого количества транспортных средств. Это должно произойти благодаря тому, что цены на комплектующие падают, а сложные устройства и системы с искусственным интеллектом неустанно внедряются в обыденность человеческой жизни [2].

Математическое описание активной подвески

В качестве объекта управления для моделирования процесса адаптивного управления (рис. 1) разработана программная модель подвески одного колеса автомобиля. Мы отказались от модели автомобиля с четырьмя колесами, поскольку при таких предполагаемых параметрах управления (сравнительно слабые воздействия на подвеску, высокое быстродействие ~ 0.01 с) управление по каждому из колес можно полагать независимым [2].

Наш объект можно описать следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} m_s\ddot{z}_s = -k_s(z_s - z_u) - b_s(\dot{z}_s - \dot{z}_u) + f_a \\ m_u\ddot{z}_u = -k_s(z_s - z_u) \mp (\dot{z}_s - \dot{z}_u) - k_t(z_u - z_u) - f_a \end{cases},$$

где m_s и m_u – массы кузова и колеса; z_s, z_u и z_r – вертикальное перемещение кузова, колеса и дороги соответственно; k_s – коэффициент жесткости пружины; k_t – коэффициент жесткости колеса; f_a – управляющее воздействие.

Исходные данные для моделирования процесса:

m_s= 290 кг k_s= 0.1 Н/м

m_u= 59 кг b_s= 1 Н/м/сk_t= 49 Н/м

Реализуем математическую модель подвески (рис. 2) с помощью пакета Simulink программы MATLAB [3]. В качестве управляющего устройства используем нечеткий логический регулятор (НЛР) (рис. 3). Нечеткое моделирование осуществим с помощью пакета FuzzyLogicToolbox, который находится в программе Matlab [4].

Проанализируем поведение полученной математической модели активной подвески автомобиля на подаваемое возмущение. Предположим, что автомобиль преодолевает лежачий полицейский, подадим на систему вертикальной возмущение высотой 0,08 метра (рис. 4). Получим переходный процесс при подаваемом возмущении (рис. 5).

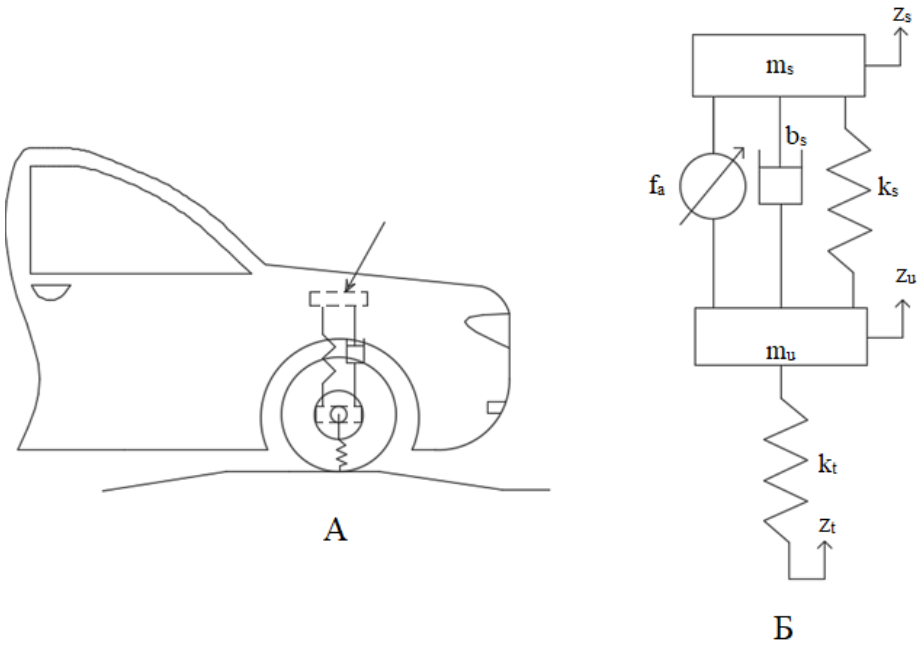


Рис. 1. Объект управления для моделирования процесса

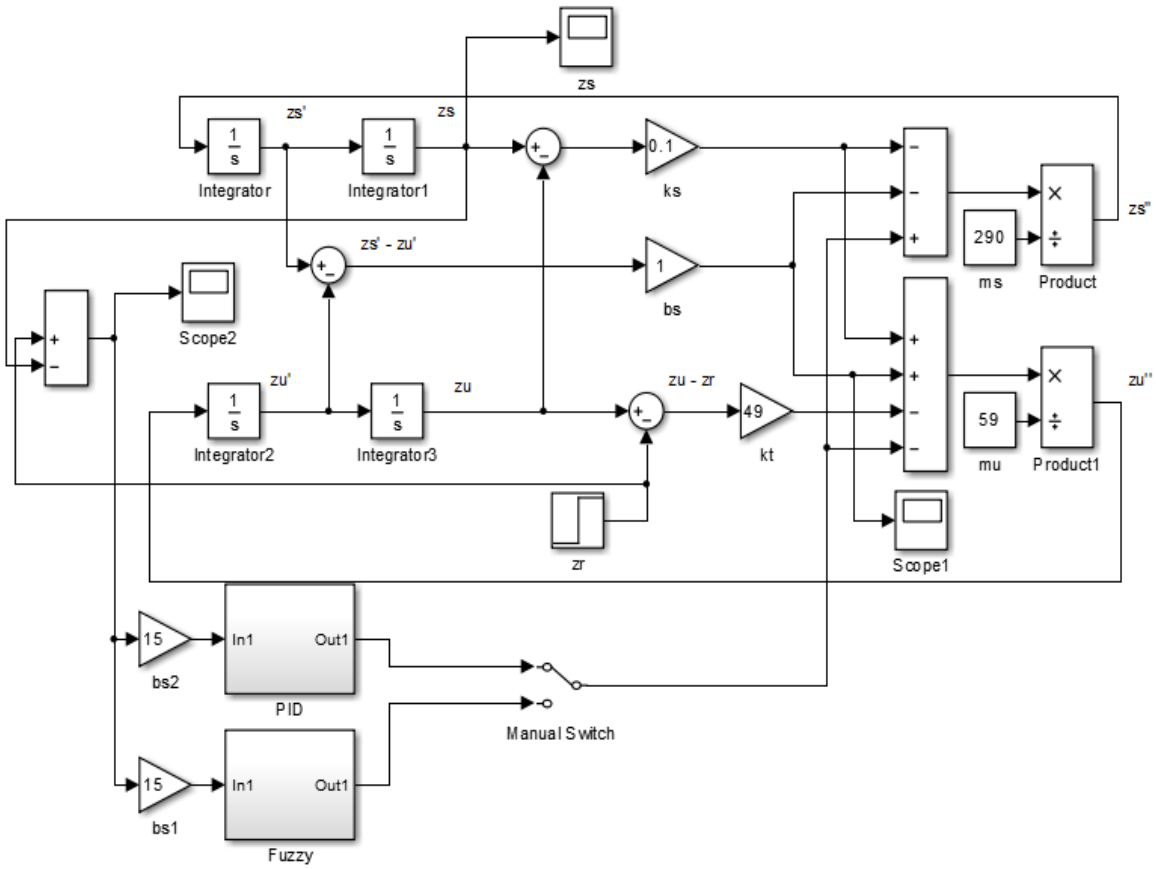


Рис. 2. Математическая модель подвески

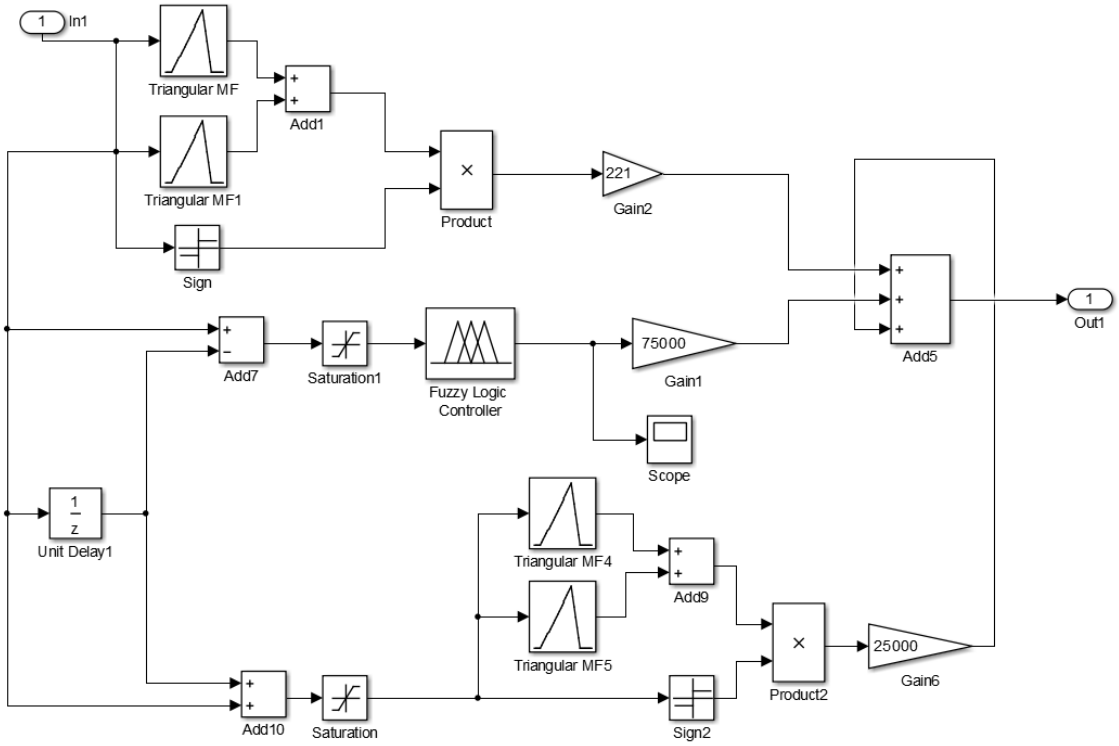


Рис. 3. Схема НЛР ПД-типа

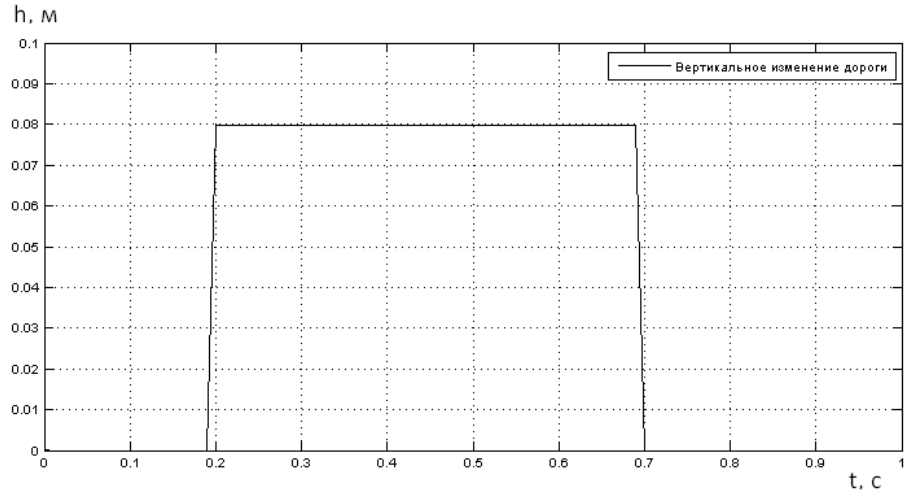


Рис. 4. График вертикального изменения дороги

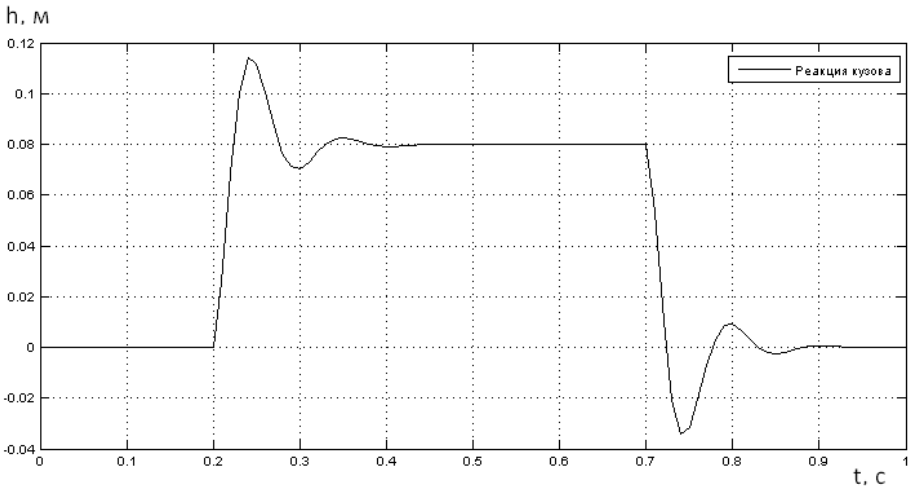


Рис. 5. График реакции кузова на изменение дороги

Заключение

Активные подвески являются сегодня одним из важнейших направлений развития автомобильной отросли. Большинство ведущих автомобилестроительных фирм ведут интенсивные исследования в этой области.

В данной работе была разработана математическая модель подвески легкового автомобиля. С помощью использования нечеткого логического регулятора ПД-типа удалось уменьшить время переходного процесса до 0.7 секунды и успешно справиться с колебаниями системы.

Библиографический список

1. Маслов В. Е. Математическая модель системы активного подрессоривания колесного транспортного средства. Томск: ТПУ.
2. Кузнецов В.А., Дьяков И.Ф. Конструирование и расчет автомобиля. Подвеска автомобиля. Ульяновск: УГТУ, 2003. 60 с.
3. Бураков М.В. Основы работы в MatLa. СПб: ГУАП, 2006. 67 с.
4. Бураков М. В. Нечеткие регуляторы. СПб.: ГУАП, 2010. 236 с.

УДК 537.322.1

Д.А. Павлюков
студент кафедры электромеханики и робототехники
О.Я. Солёная – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

3D печать активно развивается и сегодня мало кого удивишь 3D-технологиями печати. Но немногие знают, что печатать можно не только разновидностями пластика, но и металлом. Инженеры Венского технического университета пошли дальше и разработали технологию изготовления магнитов при помощи обычного 3D-принтера.

Изготовление простых магнитов на производстве

Из чего делают магниты?

Для производства постоянных и временных магнитов используют железо, неодим, бор, кобальт, самарий, альнико и ферриты. Они в несколько этапов измельчаются и вместе плавятся, пекутся или спрессовываются до получения постоянного или временного магнитного поля. В зависимости от вида магнитов и требуемых характеристик, меняется состав и пропорции компонентов. На производстве в основном используют:

– прессованные;
– литые;
– спеченные.

Постоянные магниты в настоящее время используются масштабно. И это не только сувениры на холодильник, привезённые из заморских стран. Ферромагнитные материалы используются в самых разнообразных сферах: начиная от медицины (магнитная терапия) и заканчивая космическими аппаратами (например, для стыковки орбитальных станций). Наиболее широкое применение магниты нашли в промышленности и энергетике: двигатели, генераторы, акустические системы, магнитные сепараторы, различная аппаратура – всё требует постоянных магнитов. Однако в силу своей специфики, каждый конкретный прибор и аппарат требует строго определённого магнита, с определённой формой и параметрами намагничивания. Поэтому если у производителей техники нет возможности изготовить или заказать постоянный магнит, то это вызывает определённые сложности.

Аддитивные технологии призваны помочь с этим досадным недоразумением. Это стало возможным, благодаря работе инженерам из Венского технологического университета [1].

По сути, ученые создали новый филамент – так называемый полимагнит под коммерческим названием «Neofer 25/60p».

NdFeB является одним из составляющих современных мощных неодимовых магнитов. Однако, они изготовлены из дорогостоящих редкоземельных материалов (в частности неодим и диспрозий). Кроме того, традиционное производство таких магнитов – литье под давлением, что приводит к большому проценту брака и составляет по некоторым данным от 30% до 50%, также сказываясь на стоимости конечной продукции.

Аддитивное производство позволяет сократить данный изъян. Также примечательно, что по своей сути мы печатаем не сколько сам магнит, а сколько магнитное поле, так как его параметры зависят от формы самого магнита.

Свойства материалов показаны в таблице 1: исходный порошок, смесь для 3D-печати и смесь для литья.

Полимерный магнит – это композитное вещество, состоящее из собственно магнитного порошка и связующего полимера. Таким образом, материал, кроме ферромагнитных свойств, получает также лёгкость и гибкость пластика.

Для создания филамента потребовалось 65% изотропного порошка NdFeB (неодим-железо-бор) и 35% полиамида (нейлон 12). По технологии производства композитного материала, частицы NdFeB перемешаны в полиамиде, что хорошо видно на фотографии, сделанной под микроскопом (рис. 1).

Так как материал новый, то с учетом своих проб и ошибок, исследователи вывели эмпирические параметры печати (табл. 2) [2].

Таблица 1

Свойства материалов

Procedure	q(g/cm^3)	B_r(mT)	H_{cj}(kA/m)
Datasheet	4.35	400	630
3D print	3.57	310	740
Inj. mold	4.35	387	771

Таблица 2

Параметры печати

Параметры	Значения
Температура экструдера	255˚C
высота слоя	0,1 мм
скорость печати	20 мм/с
плотность заполнения	100%
шаблон заполнения	прямолинейный
слипание стола	клей без растворителя
температура стола	40˚C

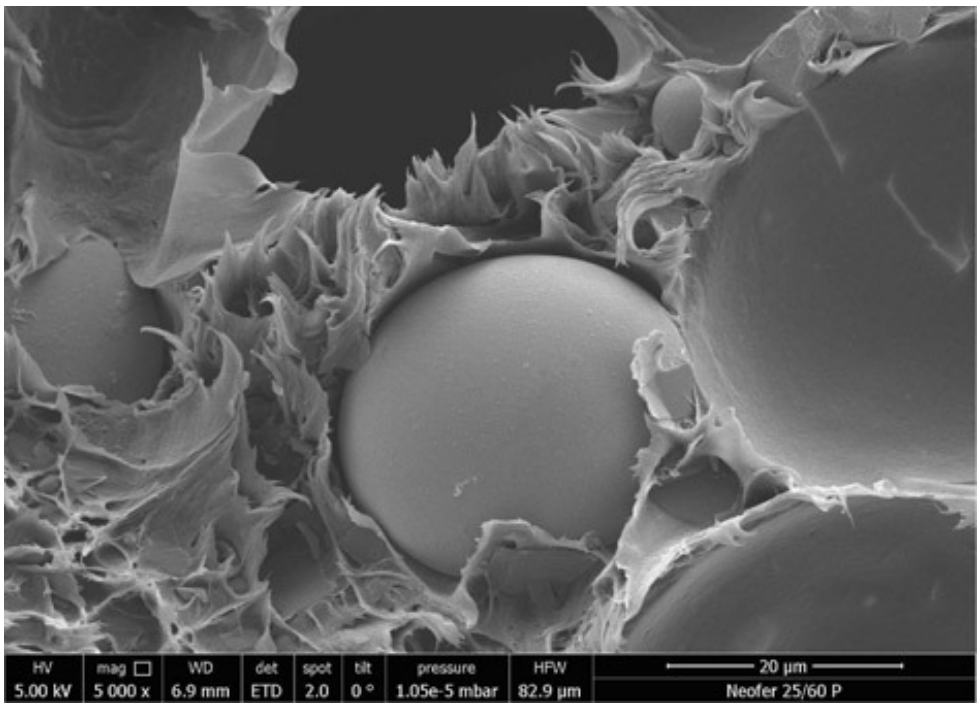


Рис. 1. Созданный филамент под микроскопом

Чтобы придать напечатанной болванке магнитные свойства, изделие поместили в магнитное поле с индукцией 4 Тл.

Для контроля результата была изготовлена установка на основе датчика Холла. И напечатанный магнит сравнили с образцом. Форма и направление магнитного поля практически совпала с теоретическим выводом (рис. 2).

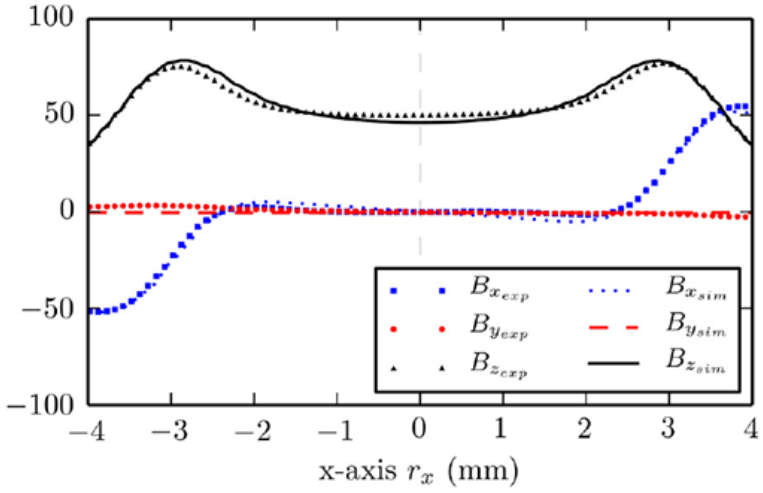


Рис. 2. График магнитного поля

Однако в любой бочке есть ложка дегтя. Хотя данный магнит практически не уступает своим традиционным аналогам, но у данной технологии есть проблема. По технологическим и экономическим соображениям применяемый материал обладает недостаточными магнитными характеристиками. Разумеется, можно использовать более качественное исходные сырье, но в этом случае экономический эффект незначителен.

Библиографический список

1. Материал из сайта tuwien.ac.at Раздел «3D-Printed Magnets». URL: https://www.tuwien.ac.at/en/news/news_detail/article/124429/ / (дата обращения 18.03.2019).

2. Материал из сайта aip.scitation.org Раздел «3D-Printed Magnets». URL: https://aip.scitation.org/doi/full/10.1063/1.4964856 (дата обращения 18.03.2019).

УДК 621.314.263

Я. Р. Пантелеев
студент кафедры электромеханики и робототехники
М. В. Куприенко
студент кафедры электромеханики и робототехники
С. А. Сериков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ВЫСОКОТОЧНЫЙ АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НА БАЗЕ МИКРОСХЕМЫ LM358

Для большинства современных устройств на базе микроконтроллеров, которым так или иначе приходится работать с аналоговыми сигналами, всегда необходимо преобразовывать аналоговый сигнал в цифру для последующих вычислений. Некоторым устройствам необходимо преобразование с очень большой точностью.

На данный момент широко используются внутренние схемы аналого-цифрового преобразования контроллеров, однако их точность ограничивается в основном 10 (в редких случаях 12) разрядами, к тому же с пороговым входом сигнала, не превышающим напряжение питания микроконтроллера (от 3 до 5 вольт). Это значит, что максимальная точность оцифровки сигнала будет составлять 3 вольта поделенные на 1023 бита, что равняется 3мВ. Также существуют специализированные выносные модули АЦП, с повышенной точностью до 24 разряда. При этом напряжение сигнала не должно превышать 2.048 вольта. В таком варианте реализации точность измерения достигает тысячных милливольта, однако добавляется существенное ограничение по порогу напряжения входного сигнала. К тому же данный модули достаточно дорогостоящие.

В данной статье необходимость такого АЦП будет рассматриваться для модуля проверки аккумуляторных батарей, в котором необходимо анализировать напряжение 12-ти вольтовой батареи с высокой точностью и переводить его в цифру для микроконтроллера. Так как вышеперечисленные решения не подходят по напряжению входного сигнала, а также являются достаточно дорогими и требуют необходимой программы настройки для общения микроконтроллера и модуля, был собран простой аналого-цифровой преобразователь на базе микросхемы LM358.

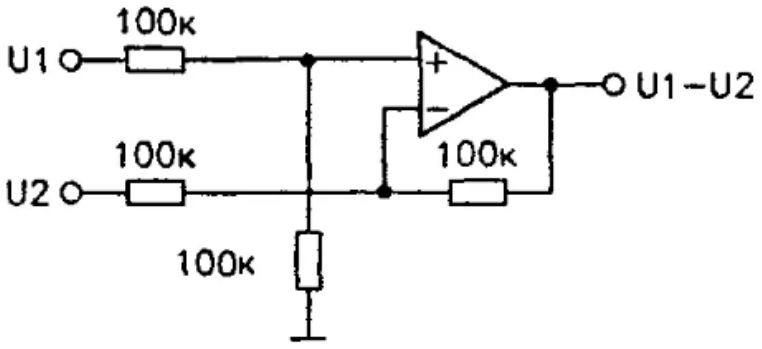


Рис. 1. Схема подключения LM358 в режиме схемы вычитания

Для того, чтобы повысить точность измерения дельта U, в блоке тестирования АКБ, необходимо вычесть постоянную составляющую, ниже которого напряжение не упадет при подаче нагрузки на АКБ. К примеру, если на АКБ подать

максимальный тестовый сигнал, напряжение даже самого плохого АКБ не просядет ниже 11 вольт. Следовательно, мы можем вычесть это напряжение из АКБ. Для этого используем схему LM358 в режиме вычитания напряжения, изображенную на рис. 1. На выходе операционного усилителя формируется напряжение по формуле:

$$Uвых=U1-U2$$

На вход U1 подается напряжение с АКБ, на U2 подается опорное напряжение, которое хотим вычесть. На выходе усилителя динамика напряжения будет в точности повторять динамику самого АКБ с вычетом из его опорного напряжения. Таким образом, мы зазор измеряемого напряжения.

Далее, для того, чтобы с высокой точностью оцифровать напряжения дельта U, будет использоваться схема конвертера напряжение-частота, собранная на двух операционных усилителях LM358. Схема приведена на рис. 2.

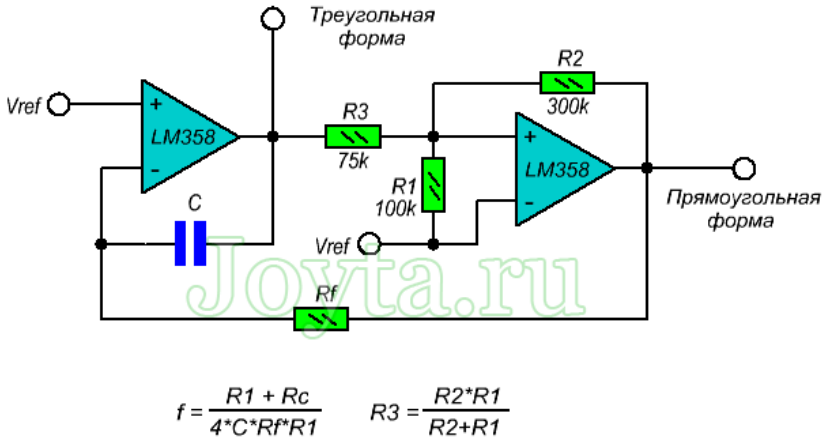


Рис. 2. Схема преобразователя напряжение-частота

Данная схема преобразует входное напряжение в частоту, которую в дальнейшем контроллер сможет посчитать при помощи обыкновенного счетчика без каких-либо дополнительных программных настроек микроконтроллера. Также схема способна принимать и конвертировать сигнал в широком диапазоне частот, которая ограничена напряжением питания LM358. Значение частоты может достигать, в теории мегагерцы, что позволяет с большой точностью измерять напряжение. Аппаратно, точность измерения, то есть выходная частота, рассчитывается по формуле:

$$F = \frac{\mathrm{R1} + \mathrm{Rc}}{4 * \mathrm{C} * \mathrm{Rf} * \mathrm{R1}}$$

Таким образом, всего на 3-х операционных усилителях, можно собрать высокоточный АЦП, который способен вычислять и преобразовывать в цифру напряжение с точностью до тысячных милливольта, без специальных программных настроек и гораздо более дешевым, относительно выносных модулей АЦП.

Библиографический список

1. Игумнов Д.В., Королев Г.В., Основы микроэлектроники. М.: Высшая школа, 1991. 253 с.
2. Кузовкин В.А. Электроника. М.: Логос, 2005. 327 с.
3. Зайцев Н.И. Радиолюбительские конструировании на PIC-микроконтроллерах. Киев: МК-Пресс, 2008.

УДК 681.11.031.1

Я. Р. Пантелеев
студент кафедры электромеханики и робототехники
М. В. Куприенко
студент кафедры электромеханики и робототехники
С. А. Сериков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ОБЗОР МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОЙ ЕМКОСТИ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ, ВНУТРЕННЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И ПРОЦЕНТА ЗАРЯЖЕННОСТИ

Введение

В процессе эксплуатации аппаратуры, энергоснабжение которой обеспечивается электрическим аккумулятором, желательно, а во многих случаях необходимо, знать остаточную емкость аккумулятора (т.е. его степень разряженности) для того, чтобы прогнозировать возможность дальнейшей работы аппаратуры, питаемой от аккумулятора, или принять решение о зарядке этого аккумулятора.

Помимо этой характеристики, полезно определить такие данные, как процент заряженности аккумуляторной батареи, внутреннее сопротивление аккумулятора и ток холодной прокрутки. Эти данные являются очень важными характеристиками аккумулятора, от них зависит работоспособность любой электрической системы. Эти характеристики так или иначе зависят друг от друга.

Для получения этих данных существует множество путей их определения. В данной статье будут рассмотренные основные методы определения данных, оценена их реализация, точность показаний и удобство и временные затраты.

Обзор существующих методов

Для начала рассмотрим самый простой способ определения остаточной емкости аккумулятора. Измеряется этот показатель в ампер-часах, т.е. данные показывают сколько ампер может потреблять источник потребления в течение одного часа. Суть метода очень проста, сначала необходимо полностью зарядить аккумуляторную батарею так, чтобы ток заряда в конце зарядки был минимальный (приблизительно в 10 раз меньше начального тока зарядки). При этом напряжение поднимется до максимально возможного (на свинцовых аккумуляторных батареях это параметр составляет 12.8 вольт). После этого, аккумулятор необходимо разрежать постоянным током, подключив какой-либо потребитель к аккумулятору с тем же номинальным напряжением. Из потребляемой мощности, можно определить, сколько ампер потребляется от аккумулятора. В момент подключения нагрузки, необходимо включить таймер, который будет отсчитывать время работы подключенного устройства. После того, как напряжение на аккумуляторной батарее упадет ниже номинального, устройство отключится. В этот момент необходимо остановить таймер и подсчитать емкость аккумулятора. К примеру, если устройство потребляло 11 ампер и работало в течении 2-х часов, то его емкость составляет 22 ампер-часов. Данный метод является достаточно точным и не требует дополнительных устройств для проверки аккумулятора, однако является достаточно время затратным. После такой проверки, аккумулятор теряет всю свою энергию и после таких полных разрядов, его остаточная номинальная емкость снижается.

Следующий способ основан на проверке аккумулятора путем кратковременной подачи на него нагрузки, ток потребления которой близок к номинальной.

Нагружается аккумулятор в течении пяти секунд. При этом напряжение аккумулятора начинает падать и в течении этого времени стабилизируется. Затем, по специальной таблице можно определить приблизительную емкость аккумулятора. Если напряжение на источнике питания в течении 5 секунд не стабилизировалось, а продолжает падать, то аккумулятор потерял значительно большую часть своей энергии. К примеру, при тестировании свинцовых аккумуляторов на 12 вольт, при нагрузке напряжение просаживается до 10.9 вольт, что означает, что аккумулятор имеет около 50 % от номинальной емкости аккумулятора. Данный метод является достаточно быстрым способом проверки непригодности аккумулятора и не является точным способом определения остаточной емкости, а лишь частичной проверкой работоспособности аккумулятора. При такой проверке, аккумулятор не теряет всю свою энергию.

Также, на основе этого способа, существуют стандарты измерения пускового тока батарей: SAE J537, IEC и DIN. Методы достаточно похожи друг на друга и различаются только продолжительностью разряда и пороговому напряжению. Суть этих методов прост: полностью заряженный аккумулятор охлаждают до -18°C в течении 24 часов. После этого применяют ток разряда, равный номинальному пусковому току. Например, при указанном пусковом токе 500 ампер разрядный ток также устанавливают равным 500 ампер. Для 12 вольтовых аккумуляторов в течении 30 сек такого разрядного тока, напряжение должно оставаться выше пороговой. У разных стандартов оно свое: SAE J537 – 7.2 вольта, IEC – 8.4 вольта и DIN – 9 вольт.

Для того чтобы определить степень заряженности аккумулятора, можно померить напряжение на клеммах аккумулятора. Это напряжение сравнивается с табличными показателями. Например, на автомобильных аккумуляторах номинальное напряжение 12.8 вольт, что соответствует 100% заряженности, напряжение 11.8 вольт соответствует 0% заряженности. Эти данные являются лишь показателем того, сколько энергии может принять аккумулятор от своей остаточной емкости, которая уже меньше той, что была до начала эксплуатации. То есть новый и старый аккумулятор, имеющие одинаковые номинальные напряжения, при 100% заряда имеют разную емкость. Соответственно и степень заряженности, при питании одинаковой нагрузки аккумулятором, будет падать быстрее у старого аккумулятора. Определение остаточной емкости аккумулятора возможно путем определения процента заряженности аккумулятора умноженное на номинальную емкость. Данный способ определения емкости аккумулятора подходит только для новых аккумуляторов и не является точным. Для старых или побывших в не однократной эксплуатации аккумуляторов, данный способ не подходит.

Следующий способ проверки аккумуляторных батарей основан на определении коэффициента остаточной емкости путем измерения напряжения на аккумуляторе до подключения нагрузки и под нагрузкой. Величина тестовой нагрузки выбирается соответственно среднему рабочему току потребителя, для которого будет использоваться данный аккумулятор. После вычисления коэффициента, по заранее определенной зависимости определяется остаточная емкость.

$$\mathrm{Qост} = \mathrm{f(K)}$$

Коэффициент рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{\mathrm{Emax} - \mathrm{E}}{\mathrm{Uн} - \mathrm{Umin}}$$

где Emax – максимальная ЭДС аккумуляторной батареи (максимальное номинальное напряжение); E – ЭДС перед началом тестирования; Uн – напряжение аккумулятора во время подключенной нагрузки; Umin – минимальное допустимое напряжение на разряженной аккумуляторной батарее.

Определение остаточной емкости производится по заранее снятой зависимости величины падения напряжения от его остаточной емкости. Нагрузка аккумулятора производится в течение 0,01-0,1 секунд током, не менее чем в 5 раз превышающим максимально допустимый ток непрерывного разряда для данного типоразмера аккумулятора, но меньшим, чем допустимый для данного аккумулятора импульсный ток нагрузки.

При измерении Uн напряжения под нагрузкой рекомендуется небольшая задержка между подключением нагрузки и измерения напряжения. Она составляет от 0.15 до 0.25 секунд и необходима для того, чтобы завершить коммутационные возмущения в силовой цепи и электромагнитных колебаний аккумуляторной батареи. Данный метод является быстрым способом проверки емкости аккумулятора, а также достаточно точным способом определения остаточной емкости аккумуляторной батареи. При такой проверке, аккумулятор практически не теряет никакой энергии.

Далее рассмотрим способ определения остаточной емкости аккумулятора за счет подачи малой импульсной нагрузки большой частоты на аккумулятор. Суть способа заключается в определении ΔU, разности между напряжением на аккумуляторе без нагрузки и под нагрузкой. Нагружение аккумулятора происходит с большой периодичность, с частотой, примерно, 125 Гц в течение нескольких секунд. Такой способ позволяет подавать небольшую нагрузку на аккумулятор, число измерений позволяет с большой точностью определять разницу напряжений и проследить динамику изменений. В данном способе, в отличии от предыдущих, уже не обойтись без реализации на микропроцессорной техники. Устройство должно непрерывно определять напряжение на заданных участках спада и нарастания напряжения, а также высчитывать их разницу. Так как нагрузка на аккумулятор прикладывается небольшая, уменьшение напряжения меньше, чем в других способах, поэтому измерение напряжения должно быть достаточно точным, до 0.001 вольта. По заранее снятой характеристике для данного вида аккумулятора, можно определить в процентном соотношении остаточную емкость аккумулятора относительно номинальной емкости. Пример зависимости ΔU от остаточной, емкости приведен на рисунке.

Данный способ определения емкости и процента заряженности является достаточно точным. При таком тестировании аккумулятора, его энергия практически не расходуется.

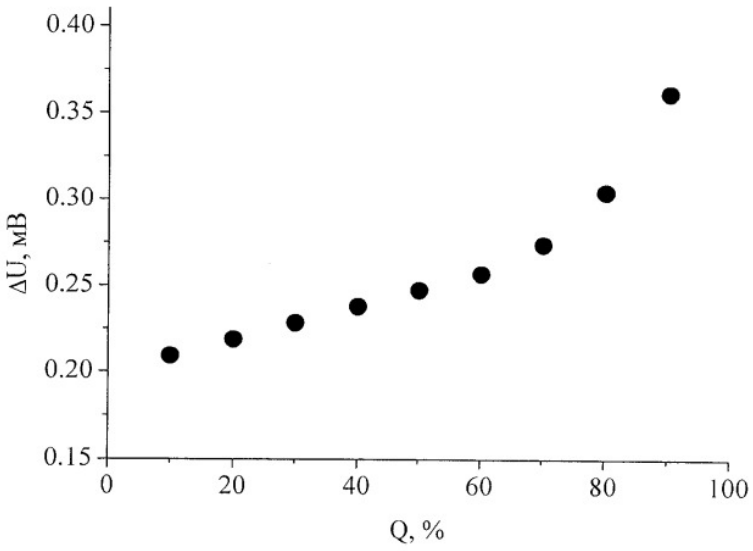


Рис.

В следующем способе будет рассмотрено определение внутреннего сопротивления аккумулятора и его пускового тока. Внутреннее сопротивление это отношение разницы напряжений до и после подключения нагрузки к разницы протекающих токов во время подключения и до подключения нагрузки. Перед подключением основной нагрузки и измерению U1 рекомендуется в течении 3 секунд подать небольшую стартовую нагрузку, потребление тока которого будет составлять 0.1 от тока I2. Это делается, что бы «разбудить» электрохимические реакции в аккумуляторе. После чего измерить напряжение U1 и подключить нагрузку. Удерживать нагрузку на аккумуляторе в течении 10 секунд, после чего измерить U2 и завершить тест. Формула для расчета внутреннего сопротивления выглядит следующим образом:

$$R = \frac{\mathrm{U1} - \mathrm{U2}}{\mathrm{I2} - \mathrm{I1}}$$

где U1 – напряжение на аккумуляторе до подключения нагрузки, U2 – напряжение во время подключения нагрузки, I1 – первоначальный ток до подключения нагрузки, I2 – ток потребления нагрузки.

Библиографический список

1. Дасоян М. А., Агуф И.А. Современная теория свинцового аккумулятора. Л.: Энергия, 1975.

2. Притулюк В. А. Химические источники тока в авиации. М.: Воениздат, 1978.

3. Boulon L, Hissel D, Pera M., «Multi Physics Model of a Nickel Based Battery Suitable for Hybrid Electric Vehicle Simulation» // Journal of Asian Electric Vehicles, Volume 6. No. 2. December 2008.

4. Нечаев И. Измеритель емкости аккумуляторных батарей // Радио. 2009. №2.

5. 5. Озолин М., «Измеритель емкости аккумуляторов на микроконтроллере» // Радио. 2009. №3.

6. Справочник / под ред. Н.В. Коровина, А.М. Скундина. М.: МЭИ, 2003. С. 24.

УДК 620.0

М. В. Пархомец
магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении
В. А. Семенова – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ОКНА ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ДОМОВ

Из года в год наблюдается тенденция увеличения роста цен на коммунальные услуги, на тепловую и электрическую энергию. В связи с этим население ищет способы снизить расходы на них, не ухудшая качества уровня жизни. Одним из таких способов является снижение уровня тепловых потерь жилого дома.

Тепловые потери представляют собой сумму потерь через крышу, вентиляцию, стены, пол, систему отопления и окна. На диаграмме 1 представлены тепловые потери жилого дома и их процент от общих потерь.

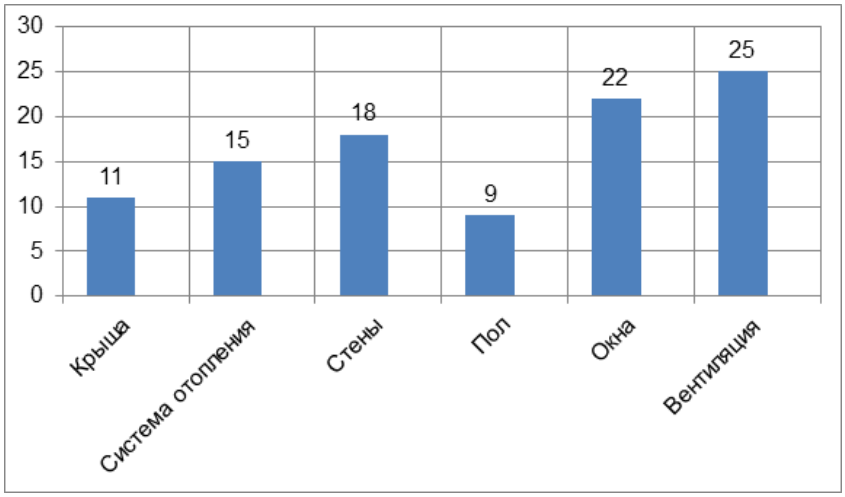


Рис. 1. тепловые потери жилого дома коттеджного типа

Как видно на рис. 1, потери через окна являются одними из самых больших. Решением этой проблемы является установка современных энергосберегающих окон, способных свести их к минимуму.

Энергосберегающее окно – это пластиковый стеклопакет, сконструированный таким образом, чтобы препятствовать теплообмену между помещением и улицей. Внешне оно не отличается от обычных стеклопакетов. Данные окна полностью автономны, для их работы не требуется участие человека. Они самостоятельно способны удерживать тепло в помещении.

Основным показателем, который характеризует способность стекла отражать тепловое излучение, является его излучающая способность (коэффициент эмиссии). Чем меньше его значение, тем эффективнее отражается тепло. Для энергосберегающих окон коэффициент эмиссии равен 0,17, в то время как для обычного окна он гораздо выше – 0,9. Это значит, что энергосберегающее окно гораздо медленнее теряет тепло, чем обычное.

Разновидности стекол, применяемых для изготовления энергосберегающих стеклопакетов, различаются типом низкоэмиссионного покрытия, технологией его нанесения, и, как следствие, техническими и эксплуатационными характеристиками.

Стекло с твердым покрытием (*далее* – k-стекло). Низкоэмиссионное покрытие наносится на одну поверхность стекла в течение его производства методом

пиролиза (процесс термического разложения органических соединений без доступа кислорода). Молекулы металлизированного покрытия проникают глубоко в кристаллическую решетку стекла. В результате стекло становится очень устойчивым и механически прочным.

Стекло с мягким покрытием (*далее* – i-стекло). Для создания используются серебро и оксид титана. Сначала наносится серебряный слой, затем защитный слой из оксида титана. Теплоизолирующая способность i-стекла в 1,5 раза выше, чем у k-стекла. К недостаткам относится неустойчивость к механическим повреждениям и низкая химическая устойчивость эмиссионного покрытия. Покрытие легко поцарапать, а при контакте с воздухом оно окисляется, поэтому не может использоваться для одинарного остекления и применяется только в стеклопакетах, где сторона с напылением должна быть обращена внутрь конструкции.

Энергосберегающие окна с твердым защитным слоем стоят в 2-2,5 дороже, чем стеклопакеты с i-стеклом, при этом они способны отразить до 70% теплового потока, в то время как окна с мягким защитным покрытием отражают до 90% и более. Поэтому в основном используются окна с i-стеклами.

Мультифункциональное стекло (далее – iM стекло). Самое современное инновационное решение. Стеклопакеты с такими стеклами отражают тепловую энергию в помещении вовнутрь, а солнечные лучи наоборот отталкиваются от стекла на улицу, тем самым тепло внутри помещения сохраняется и со стороны улицы нагрев не происходит. Это достигается за счет использования нескольких слоев в его основе:

– нижний и верхний слои из нитритов и оскидов. Они определяют зеркальность, светопропускные свойства и цвет изделия;

– средний функциональный слой из серебра и хрома, отражающий инфракрасные световые волны;

– защитные слои, защищающие мягкие слой от повреждений.

Мультифункциональное стекло объединяет в себе преимущества всех существующих типов стекол: энергосберегающего, тонированного, противоударного, самоочищающегося. В летнее время в помещении будет сохраняться прохлада, как при использовании тонированного стекла, при этом светопропускная способность окна не уменьшится.

Использование современных энергосберегающих стеклопакетов с i-стеклами и iM-стеклами с каждым годом активно набирает популярность. Все больше людей выбирают их как альтернативу обычным окнам ввиду их большой эффективности, и эта тенденция только усилится в ближайшие годы.

Библиографический список

1. Пластиковые окна. URL: http://okna-biz.ru (дата обращения 10.02.2019).
2. Окна Трейд. URL: https://www.oknatrade.ru (дата обращения 12.02.2019).
3. Balkon4life. URL: http://balkon4life.ru (дата обращения 15.02.2019).
4. Promplace. URL: https://promplace.ru (дата обращения 15.02.2019).

УДК 688.724.4

А. П. Петрунин
магистрант кафедры управления в технических системах
В. А. Голубков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЗВУКОВОГО СИГНАЛА

Введение

Электроника в современном мире нашла применение во всех областях человеческой деятельности, в том числе в игрушках, и в частности – в массовой культуре аниме, зародившейся в Японии, и в настоящее время обладающей огромной популярностью. Одним из персонажей аниме-индустрии является девушка-кошка (яп. – 猫娘 нэкомусумэ, англ. – Catgirl). Это девушка, обладающая кошачьими ушками (возможно в дополнение к человеческим), хвостом или другими чертами семейства кошачьих, в остальном имеет полностью человеческое тело. Девушки-кошки встречаются в различных жанрах художественной литературы, в частности, в японских аниме и манге, в различного рода комиксах и видеоиграх, а также в виртуальных интернет-сообществах. Образ девушки-кошки также часто используется для косплея [1].

В настоящее время в продаже наличествуют карнавальные ободки и головные уборы с атрибутикой в виде кошачьих ушек. Однако большая часть этих приспособлений статична и уже не привлекает должного внимания, в то время как современные электронные технологии позволяют сделать подвижные ушки, которые можно назвать также аниматронными. Согласно определению, аниматроника - это методика, применяемая в кинематографии, мультипликации, компьютерном моделировании для создания спецэффектов подвижных искусственных частей тела человека или животного, когда необходимо создать сложный макет, покадровая съёмка которого невозможна. Для демонстрации микропроцессорной системы управления электроприводом на основе анализа звукового сигнала было решено создать несложного робота-аниматроника - модель, запрограммированную на имитацию движения кошачьих ушей [2].

Существующие разработки

Как выяснилось в ходе сбора информации о подобных проектах, гаджет в виде аниматронных ушек не только создан, а уже несколько лет находится в продаже. В настоящее время его выпускает промышленность Японии под маркой Necomimi. Это проект японской компании Neurowear, выпускающей устройства, способные улавливать мозговые импульсы человека [3].



Рис. 1. Оригинальные ушки Necomimi

По сути, весь ободок представляет собой сенсор, который улавливает мозговые импульсы, и в зависимости от их интенсивности и эмоциональной окраски, заставляет ушки шевелиться строго определенным образом. Когда человек расслаблен – уши опущены, как только его мозг сконцентрируется на чем-то – они взметнутся вверх. Негативные эмоции выражаются в легком подрагивании Necomimi, а позитивные – в поворотах ушек в разные стороны [4].

Как видно из описания гаджета Necomimi, оригинальная конструкция очень дорогая, уши двигаются только в одной плоскости, что выглядит несколько скованно, а технология улавливания нервных импульсов работает достаточно нестабильно, особенно у детей. Было решено своими руками реализовать подобную конструкцию, по возможности лишив её всех обозначенных выше недостатков [5].

Разработка технического задания

Результатом разработки стали две версии аниматронных ушек, механическая основа которых выполнена с использованием 3D-печати. В обеих версиях в качестве микроконтроллера используется плата Arduino Nano. Для поворота и наклона ушей используются сервоприводы SG90 (Micro Servo 9g), которые используется в основном для управления небольшими легкими механизмами, угол поворота которых ограничен диапазоном от 0 до 180 градусов. В данном случае пара сервоприводов обеспечивает поворот и наклон каждого отдельного ушка. Поворот осуществляется на 180°, то есть 90° в каждую сторону. Наклон осуществляется на 90° впёрёд, причём обратный ход ограничен особенностями конструкции. Оба устройства питаются от источника напряжением в 5 В, что позволяет использовать в качестве источника питания обычный Powerbank. Конструктивно оба варианта аниматронных ушек очень схожи между собой, однако принципы управления ими серьезно различаются, причем каждый из них обладает своими преимуществами и недостатками [6].

Первая версия электронных кошачьих ушек управляется подачей инфракрасного сигнала с пульта дистанционного управления. Этот вариант ушек может свободно двигаться в двух плоскостях. На аниматронных ушках установлен инфракрасный приемник VS1838B, работающий на частоте 38 кГц и способный принимать сигнал на расстоянии до 20 м при угле 90°. Управление происходит простым нажатием кнопки на любом пульте дистанционного управления инфракрасным сигналом. При этом следует учесть, что необходимо заранее прописать в программе названия команд, соответствующих нажатиям определенных кнопок на выбранном пульте. Для каждой кнопки запрограммирована своя последовательность движений ушек. Изначально продумано пять таких последовательностей, но можно создать любые новые, изменив программу [7].

Вторая версия аниматронных ушек представляет собой реализацию микропроцессорной системы управления движением на основе анализа звукового сигнала. Следует заметить, что они, в отличие от первого варианта, двигаются только в одной плоскости. К ободку устройства на максимальном расстоянии друг от друга прикреплены три датчика обнаружения звука XD-74, которые позволяют определить звуковой сигнал, когда тот превысит заданный уровень, регулируемый с помощью переменного резистора. Суть алгоритма определения направления звука заключается в высчитывании времени прихода звукового сигнала на каждый из трех микрофонов и на основании его последовательности определять, к какому микрофону ближе источник звука, а значит, и его направление [8].

Разработка функциональной схемы

Функциональные схемы подключения элементов к плате Arduino Nano, на одной из которых управление осуществляется подачей инфракрасного сигнала (а), а на другой - звуковым сигналом (б), представлены на рис. 2.

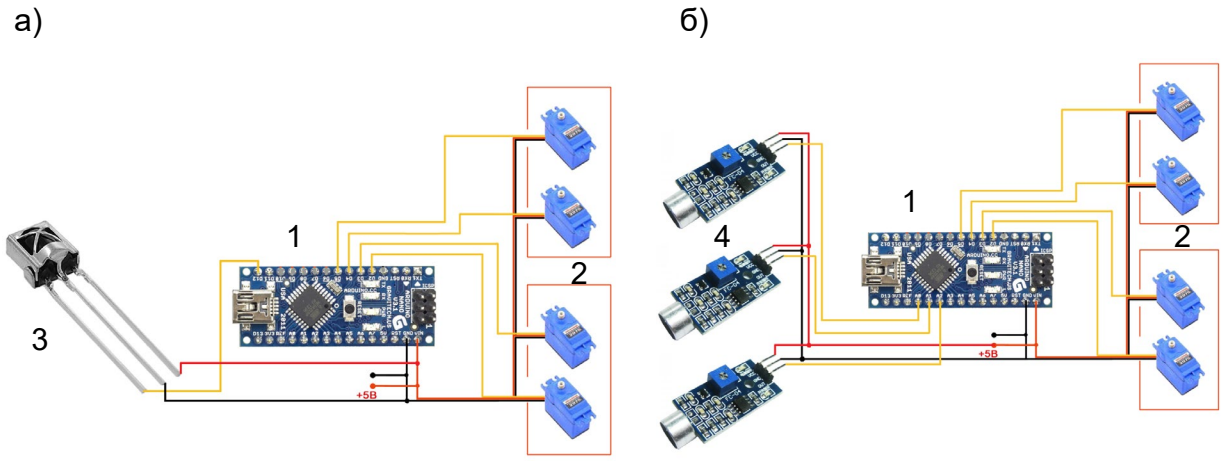


Рис. 2. Функциональная схема подключения элементов к плате Arduino Nano:
1 – плата Arduino Nano – компактная платформа для прототипирования микроэлектронных устройств, предназначенная для использования с макетной платой. Функционал устройства во многом схож с Arduino Uno и отличается от нее лишь размерами платы и отсутствием отдельного разъема для питания [9]

Основа Arduino Nano – микроконтроллер на базе Atmega328, логическая микросхема для обработки данных с тактовой частотой 16 МГц, имеющая на борту 8 аналоговых и 14 цифровых контактов общего назначения, а также все необходимые интерфейсы: I2C, SPI и UART [10].

2 – сервоприводы. В обеих версиях аниматронных ушек установлено по четыре сервопривода Tower Pro 9g SG90. Они используется в основном для управления небольшими легкими механизмами, угол поворота которых ограничен диапазоном от 0 до 180 градусов. В данном случае пара сервоприводов обеспечивает поворот и наклон каждого отдельного ушка [11].

3 – инфракрасный приемник. В первой версии аниматронных ушек для приема используется инфракрасный приемник VS1838B, подключенный к порту D12. Он может работать со всеми пультами с рабочей частотой 38 кГц [12].

4 – датчики обнаружения звука. Во второй версии аниматронных ушек используется модуль XD-74, который реагирует на превышение заданного уровня звука. Звук обнаруживается с помощью микрофона и подается на операционный усилитель, выполненный на микросхеме LM393. Звуковой порог регулируется при помощи потенциометра. Когда уровень звука превышает заданное значение, на датчике загорается светодиод, а на выход подается сигнал [13].

Разработка алгоритмов работы системы

В сравнении с заранее заданными программами движений аниматронных ушек первой версии, особую сложность представляет реализация алгоритма поворота ушек второй версии в направлении источника звука в реальном времени.

В начале работы алгоритма необходимо считать звук с микрофона. Согласно схеме, соответствующей Рис. 2б, оснащенные микрофонами датчики обнаружения звука подключены к аналоговым входам A3, A4 и A5 платы Arduino Nano. Был написан код, который будет «слушать» три микрофона и, если на микрофоны придет звуковой сигнал выше заданного порога громкости, даст знать об этом. Ограничение на громкость необходимо, для того чтобы отсечь ненужные внешние шумы [14].

Очень важным вопросом является скорость работы функции считывания аналогового сигнала. Она может работать достаточно медленно, и звук, пока идет считывание с одного микрофона, пройдет мимо установки. Это неприемлемо, так

как для определения положения источника звука по разнице во времени прихода звука необходимо, чтобы за время одной итерации звук проходил расстояние, значительно меньшее размера конструкции.

Если поделить общее время работы на количество вызовов функции, то получим среднее время ее работы: 112 мкс.

За это время звук проходит$340 \cdot 112 \cdot 10^{-6} \approx 4 \cdot 340$ см, что явно недостаточно. Пока считается значение на одном микрофоне, звук придет на второй, конструкция становится зависимой от того, в каком порядке считываются значения с микрофонов. Погрешность порядка размера конструкции оказывается слишком большой, в результате чего, для определения направления отсутствуют достоверные данные.

Известно, что существует зависимость качества преобразования аналогового сигнала в цифровой от частоты АЦП, которая и определяет скорость работы функции считывания аналогового сигнала. Оптимальное качество достигается между 50 кГц и 200 кГц. Однако можно повысить скорость ее работы за счет снижения качества преобразования сигнала.

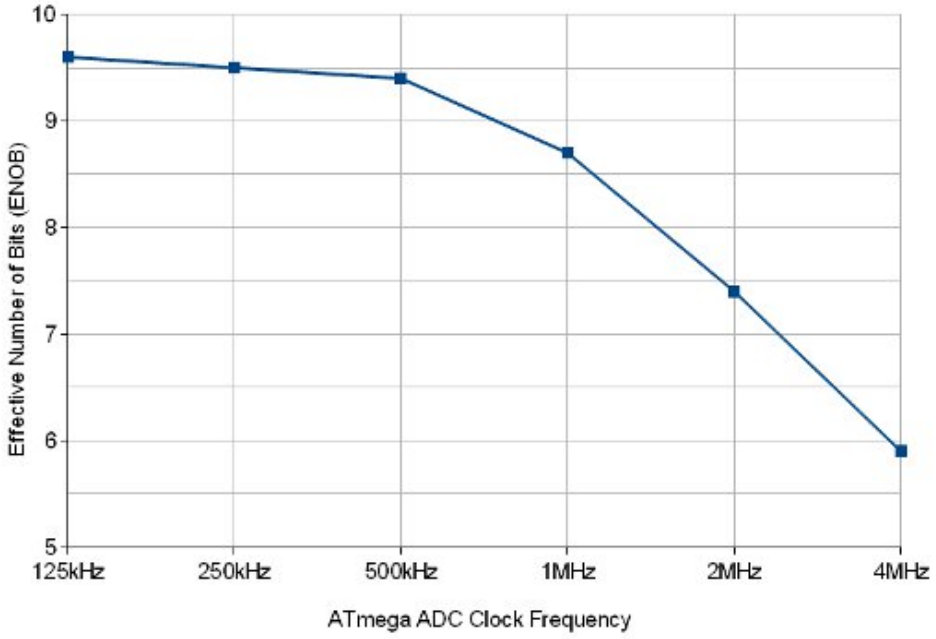


Рис. 3. Зависимость качества преобразования аналогового сигнала в цифровой от частоты АЦП

Оптимальным является делитель частоты, равный 16. Тогда за время считывания значения с трех микрофонов звук пройдет$340 \cdot 3 \cdot 16{,}1 \cdot 10^{-6} \approx 1{,}6$ см.

Следующим шагом необходимо разобраться с логикой работы системы. Так как добиться высокой точности от конструкции аниматронных ушек в домашних условиях невозможно, не стоит пытаться по трем точкам точно установить источник звука. Достаточно только определять сектор, а положение внутри сектора можно выставлять по следующему принципу:

Пусть t_0, t_1, t_2 — моменты времени, когда звук пришел на нулевой, первый и второй микрофон соответственно. Возможно 6 вариантов взаимного положения этих моментов:

- $t_0<t_2<t_1$ — сектор 0
- $t_0<t_1<t_2$ — сектор 1
- $t_1<t_0<t_2$ — сектор 2
- $t_1<t_2<t_0$ — сектор 3
- $t_2<t_0<t_1$ — сектор 4
- $t_2<t_1<t_0$ — сектор 5

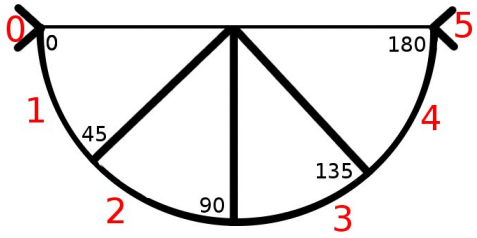


Рис. 4. Разбиение поля сканирования на сектора

Внутри сектора производится линейная аппроксимация угла:

– сектор 1: $Angle=45^o-(t_1-t_0)/(t_2-t_0)\cdot 45^o$
– сектор 2: $Angle=45^o-(t_0-t_1)/(t_2-t_1)\cdot 45^o$
– сектор 3: $Angle=135^o-(t_2-t_1)/(t_0-t_1)\cdot 45^o$
– сектор 4: $Angle=135^o-(t_1-t_2)/(t_0-t_2)\cdot 45^o$

Результат разработки

После соединения элементов схемы, сборки конструкции и написания программ были получены две версии аниматронных ушек, одна из которых управляется подачей инфракрасного сигнала с пульта дистанционного управления (а), а другая - звуковым сигналом (б), фотографии которых представлены на рис. 5.

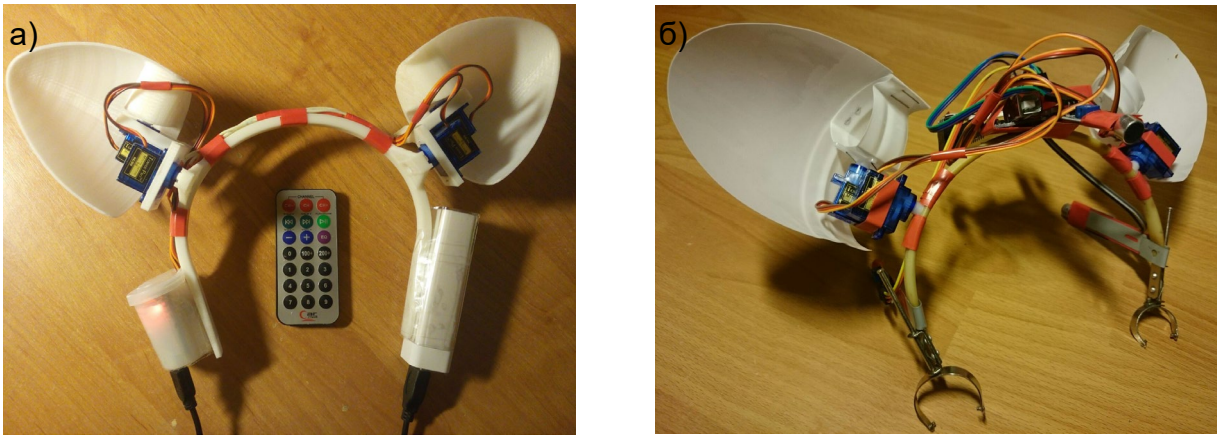


Рис. 5. Фотографии двух версий аниматронных ушек

Обе версии аниматронных ушек получились значительно дешевле, чем известная японская разработка, а в комплекте со сшитыми из искусственного меха чехлами производят ничуть не меньшее впечатление.

Библиографический список

1. Статья в интернет-энциклопедии Wikipedia, посвященная определению «Девушка-кошка». URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Девушка-кошка (дата обращения: 18.03.2019).

2. Статья в интернет-энциклопедии Wikipedia, посвященная определению «Аниматроника». URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Аниматроника. (дата обращения: 18.03.2019).

3. Статья в интернет-энциклопедии Wikipedia, посвященная определению «Neurowear». URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Neurowear. (дата обращения: 18.03.2019).

4. Официальный сайт проекта «Neurowear-Necomimi». URL: http://neurowear.com/projects_detail/necomimi.html#ShopList. (дата обращения: 18.03.2019).

5. Статья с описанием аниматронных ушек. URL: https://habr.com/ru/company/masterkit/blog/377273/. (дата обращения: 18.03.2019).

6. Файлы для скачивания 3D-моделей для аниматронных ушек. URL: http://3d.masterkit.ru/shop/solutions/cat-ears/1903802. (дата обращения: 18.03.2019)

7. Статья о подключении инфракрасного приемника к Arduino. URL: http://robotclass.ru/tutorials/arduino-ir-remote-control/. (дата обращения: 18.03.2019).

8. Статья о подключении датчика звука к Arduino. URL: http://soltau.ru/index.php/arduino/item/377-kak-podklyuchit-datchik-zvuka-mikrofon-k-arduino. (дата обращения: 18.03.2019).

9. Официальный сайт, посвященный плате Arduino Nano. URL: http://arduino-nano.ru/. (дата обращения: 18.03.2019).

10. Datasheet микроконтроллера. URL: http://mkprog.ru/wp-content/uploads/2017/09/ATmega328-328P_Datasheet.pdf. (дата обращения: 18.03.2019).

11. Datasheet сервопривода. URL: http://akizukidenshi.com/download/ds/towerpro/sg90.pdf. (дата обращения: 18.03.2019).

12. Datasheet инфракрасного приемника. URL: http://gearise.ru/3120001. (дата обращения: 18.03.2019).

13. Datasheet датчика звука. URL: http://arduino-shop.in.ua/index.php?route=blog/article&article_id=130. (дата обращения: 18.03.2019).

14. Статья о системе поиска источника звукового сигнала. URL: http://wiki.amperka.ru/microphones_plus_servoprivod. (дата обращения: 18.03.2019).

УДК 65.011.56

Н. К. Печенин
студент кафедры электромеханики и робототехники
И. А. Воропаев
студент кафедры электромеханики и робототехники
С. В. Солёный – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОДУКЦИИ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИНДУСТРИИ 4.0

В процессе исследования были затронуты аспекты киберфизических и компьютерных технологий, которые используются для автоматизации систем контроля жизненного цикла продукции в зарубежной и российской промышленности. Выявлены особенности построения систем контроля жизненного цикла продукции и необходимые единицы оборудования. Была построена принципиальная схема функционирования системы. Следует отметить, что данная работа предполагает практическую реализацию и тестирование в условиях реального производства. Цель работы является внедрение PLM-систем в российскую промышленность [1].

Автоматизация промышленности является непрерывным процессом, так как технологии современного мира не стоят на месте. Совместное использование киберфизических систем, компьютерных технологий и промышленных роботов, позволяет создать усовершенствованную систему контроля жизненного цикла продукции.

Система контроля жизненного цикла продукции (с англ. PLM – Product lifecycle management) – это организационно-техническая система, обеспечивающая управление всей информацией об изделии и связанных с ним процессах на протяжении всего его жизненного цикла, начиная с проектирования и производства до снятия с эксплуатации. Информация об объекте в таких системах является цифровым макетом этого объекта (далее PLM-система).

В работе рассмотрена PLM-система, которая охватывает этапы проектирования и производства изделия. На многих промышленных предприятиях на данный момент существует система электронного документооборота. Подобные системы является программной оболочкой, которые совмещают в себе другие пакеты программ, например – конструкторские, бухгалтерские, ПО для планирования и моделирования и т.д. Одним из главных недостатков подобных систем является отсутствие возможности дистанционного контроля за состоянием изделия – информация об изделии попадает в программу только на этапах формирования заказа, начального пакета документов, выпуска готовой продукции и внесения конечной информации в программу оператором. Таким образом, необходимо внедрение программно-технического комплекса для удаленного получения информации о процессе производства в режиме реального времени. Чтобы исключить процесс ввода информации оператором в программу, необходимо внедрять с существующие системы киберфизическое оборудование, а именно сканеры и маркеры изделий. Маркерами изделий могут выступать различные варианты штрих кода или RFID-метка.

На рис. 1 представлена модель системы, которая предполагает, что на предприятии существует некоторое количество цехов, состоящих из определенного количества рабочих участков. На каждом участке работают операторы, отвечающие за технологический процесс на данном участке.

Каждое изделие имеет маршрутную карту, на которой отмечены определенные рабочие участки и технологические процессы. После ввода в эксплуатацию

системы маркирования на каждой единице изделия будет указана техническая информация в виде QR-кода [2]. Установка сканеров с уникальным идентификатором и возможностью передачи данных через сеть на каждом рабочем участке сделает возможным процесс удаленного отслеживания продукции.



Рис.1. Общая схема работы системы

На рис. 2 приведена блок-схема данной системы. Оператор рабочего участка должен сканировать QR-код и информация о данном технологическом процессе автоматически обновится в центральной базе данных. В маршрутной карте также изменится прогресс ее заполнения. Таким образом, можно в цифровом виде наблюдать, какие рабочие участки и технологические процессы пройдены, а какие еще стоит пройти.

Следует отметить, что, данная конфигурация системы позволяет настроить уровни доступа пользователей к базе данных системы. Пользователи получают из QR-кода ссылку на скрипт (программу), который принимает входные параметры: id пользователя, id устройства, параметры изделия и в зависимости от уровня доступа к базе данных пользователи могут автоматически обновлять информацию. Проверка уровня доступа пользователей необходима для организации безопасности базы данных системы. В совокупности все параметры формируют пакет данных, который отправляется по сети в виде запроса к базе данных.

В ответ на запрос база данных может выдавать различную информацию в зависимости от требований пользователя и настройки соответствующего программного обеспечения сканера. Например, можно передать чертеж, соединить сканер и монитор через Bluetooth и вывести чертеж на монитор, и продолжить работу с чертежом на мониторе. Также, если предприятие использует промышленных роботов, QR-маркировка позволяет с помощью технического зрения определять вид изделия, что позволит ускорить процесс загрузки рабочих программ в робототехническом комплексе.

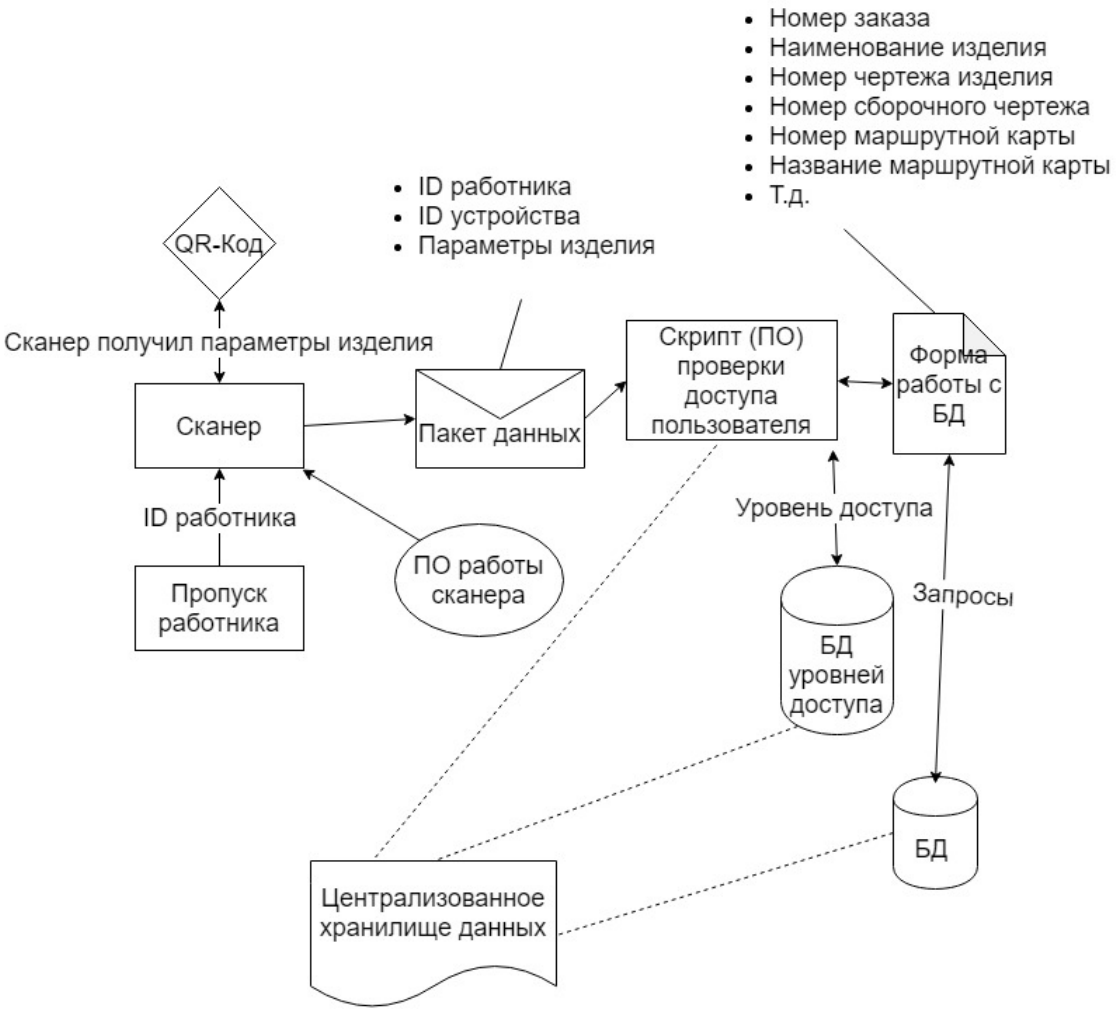


Рис. 2. Блок-схема системы

Требования к системе: наличие качественной инфокоммуникационной сети для передачи данных на расстоянии; возможность обучения персонала работе с оборудованием контроля продукции; возможность выявить начальные и конечные точки отдельных изделий для формирования маршрутной карты; возможность доступа к данным, находящимся в центральном хранилище данных; возможность установки сканеров на каждой контрольной точке в цехах; возможность поддержки бесперебойной работы системы за счет резервного хранилища данных.

Оборудование системы: сканер для считывания информации из метки; QR-код метка для хранения информации в двоичном формате; RFID-метка для хранения динамической информации; программатор RFID-меток для занесения базовой информации в метку; компьютер с программным обеспечением для генерирования QR-кода; инфокоммуникационные устройства для обеспечения работы сети передачи данных; принтер для печати QR-кода; компьютеры для хранения больших массивов данных, в том случае если потребуется резервирование данных и защита от выхода из строя основного хранилища данных.

Преимущества данной системы: быстрая передача данных на расстоянии; автоматическое обновление информации в БД, исключение ввода пользователем информации с клавиатуры; возможность прослеживать состояние изделия на каждом пункте в маршрутной карте, т.е. следить за его состоянием удаленно; возможность идентифицировать работника и фиксировать время начала его смены,

а также количество обработанных им изделий; возможность вычисление объема всей обработанной продукции на каждом участке; возможность отображения информации в более удобном виде, т. е. на большом мониторе рассматривать тот же чертеж; управление соответствиями; интеграция системы с промышленными роботами; повышенная точность учетно-отчетной информации; минимизация потерь изделий в межцеховой логистике.

В России и в мире уже существует несколько примеров успешного внедрения комплексных PLM-систем, позволяющих работать с продукцией не только в процессе производства, но и на этапах моделирования, складирования комплектующих и т.д. Пионерами в среде внедрения PLM-систем в России стали в первую очередь предприятия, связанные с военной промышленностью по производству авиационной техники. Так, ОАО «Авиаагрегат» – предприятие, разрабатывающее и изготавливающее шасси и многие другие комплектующие для авиационной техники России и зарубежья – уже в 2008 году внедрила в процесс проектирования и полностью переобучило свой конструкторский персонал для работы в системе численного анализа NX Advanced Simulation и увеличило скорость расчетов на прочность более, чем в два раза. Другим решением для автоматизации производства может похвастаться Концерн «Тракторные заводы» – крупный российский производитель внедорожной техники и деталей для легкого и тяжелого машиностроения. Сделав упор на унификацию продукции в условиях широкого разброса производственных мощностей в 8 субъектах РФ, а также в Германии, Дании, Австрии и Малайзии, завод с начала 2000-х годов занялся поиском комплексного решения для отслеживания жизненного цикла, включающего в себя CAD-систему высшего и среднего уровней. Решение было найдено, что позволило перевести работу предприятия и всю конструкторскую документацию в электронный вид, что значительно упростило и ускорило процессы проектирования и производства. Наиболее «свежим» примером комплексного внедрения PLM-системы является пример внедрения ООО «Ланит» многокомпонентной PLM-системы Siemens на МВЗ им. Миля. Перед специалистами изначально была поставлена задача организовать сквозное внедрение PLM-решений, чтобы оно охватывало весь цикл создания изделия, от разработки до эксплуатации, с последующей передачей документации на серийные заводы. Вся документация, которую выпускает КБ, представлена в электронном виде, а PDM-система является единым хранилищем инженерных данных об изделии. Однако, даже когда сотрудники не производят расчеты с использованием трехмерных моделей, а разрабатывают двумерные чертежи средствами AutoCAD (после внедрения PLM-системы более 80-ти таких рабочих мест были задействованы в производстве), это должно делаться под управлением PDM-системы: в этом случае в структуре изделия в PDM-системе [3] вместо набора данных NX хранится набор данных AutoCAD (электронный чертеж), прошедший процедуру электронного согласования и утверждения в системе и являющийся подлинником конструкторской документации. Результатом внедрения решения по комплексному отслеживанию жизненного цикла продукции на МВЗ им. Миля стало 64 рабочих места NX и 205 рабочих мест Teamcenter. Лучшим результатом внедрения системы на заводе им. Миля стало снижение издержек производства и увеличение оборота предприятия после внедрения системы. Сейчас уже невозможно посчитать издержки производства, которые предприятие несло при проведении испытаний нового оборудования до внедрения системы, подобной рассматриваемой в данной статье, но финансовые показатели определенно говорят об успешном опыте внедрения комплексного решения PLM-системы для МВЗ им. Миля.

Внедрение описываемой системы на предприятии лишь один из шагов к развитию производства, приближающий предприятие к понятию «Индустрия 4.0» [4].

Стоит отметить, что данная система является основополагающей частью производства, без которой внедрение робототехнических комплексов будет иррационально.

Библиографический список

1. Utilization of Product Lifecycle Data from PLM Systems in Platforms for Industrial Symbiosis. Friedrich A. Halstenberg, Kai Lindow, Rainer Stark / Procedia Manufacturing, Vol. 8. 2017. Pp. 369-376.

2. Binary image encryption in a joint transform correlator scheme by aid of run-length encoding and QR code. Yi Qin, Zhipeng Wang, Hongjuan Wang, Qiong Gong / Optics & Laser Technology. Vol. 103. July 2018. Pp. 93-98.

3. A case study for a unified designation of development information in a PDM System for Technical Inheritance. Wieben Scheidel, Iryna Mozgova, Roland Lachmayer / Procedia Manufacturing. Vol. 24. 2018. Pp. 2-7.

4. Anthropocentric perspective of production before and within Industry 4.0. Erwin Rauch, Christian Linder, Patrick Dallasega / Computers & Industrial Engineering Available online 8 January 2019.

УДК 620.92

Н.С. Понкратьева
магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении
Г.С. Армашова-Тельник – кандидат экономических наук, доцент –
научный руководитель

РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Человеческая деятельность, как правило, всегда связана с определенным уровнем случайности и с риском, люди постоянно им подвергаются. Однако сейчас, в период, когда технологии не стоят на месте, риски становятся глобальными, их все труднее понять и предсказать, практически невозможно оценить все возможные последствия. Именно поэтому возросла актуальность такого понятия, как «управление рисками».

В настоящее время повышенное внимание уделяется проблеме экологических рисков в энергетической отрасли, что связано с увеличением объёмов производства и потребления электроэнергии.

Экологический риск представляет собой вероятность возникновения каких-либо отрицательных изменений в окружающей природной среде [1]. Риск, как правило, связан с нарушениями функционирования экосистем и устойчивого развития природно-хозяйственных системы, в таком случае изменение их состояния сопровождается вредными последствиями для человека и природы.

Для экологической безопасности страны развитие энергетической отрасли представляет высокую степень опасности, при отсутствии развития технологий, нивелирующих негативные последствия использования электроэнергетики в промышленном секторе, так как производство электроэнергии и тепла в современном мире, преимущественно основанно на использовании атомных и огневых технологий, вследствие чего обладает рядом неблагоприятных влияний:

– загрязнение окружающей среды вредными выбросами;
– тепловое загрязнение атмосферы, способствующее парниковому эффекту;
– изменением экосистемы;
– повышение расхода атмосферного кислорода энергоустановками;
– возрастающая опасность возникновения техногенных катастроф;
– развитие конденсационных электростанций, использующих уголь.

Так, по данным Росгодромета загрязнение атмосферного воздуха в России к 2018 г. увеличилось, службами мониторинга природной среды было зафиксировано 90 случаев экстремально высокого и высокого загрязнения атмосферного воздуха, кроме того, зафиксировано 7 случаев аварийного загрязнения воздуха (рис. 1).

Рисунок 1 отражает случаи высокого загрязнения атмосферного воздуха, пики которых приходятся на начало и конец 2018 г., необходимо отметить, что последствия развития электроэнергетической отрасли повлияло и на загрязнение водных объектов (таблица).

Как видно из таблицы, в 2018 г. службами мониторинга природной среды было зафиксировано 2713 случаев экстремально высокого и высокого загрязнения водных объектов (рис. 2).

Таким образом, в 2018 г. отмечено 28 случаев аварийного загрязнения водных объектов, пик которого приходится на середину года и 6 случаев аварийного загрязнения почв.

Таблица

Загрязнение водных объектов

Случаи загрязнения	2018 год	В процентах к 2017 г.	2017 год в процентах к 2016 г.
Число зафиксированных случаев	2713	99,0	92,0
в том числе: экстремально высокого загрязнения	634	101,4	98,3
высокого загрязнения	2079	98,3	90,3



Рис. 1. Число зарегистрированных случаев высокого загрязнения атмосферного воздуха



Рис. 2. Число зарегистрированных случаев экстремально высокого загрязнения поверхностных вод

С каждым годом вместе с природными опасностями увеличиваются опасности, создаваемые техническими системами. Внедрение новых технологий, оборудования и материалов с самого начала всегда сопровождалось неисправностями, которые вызывают к ним недоверие. Но настоящие техногенные катастрофы стали возникать в последние десятилетия, когда техническая мощь индустриальной цивилизации достигла огромных масштабов. Однако вместе с тем человечество еще не научилось в полной мере управлять многими сложными техническими разра-

ботками и совмещать свои индустриальные достижения с окружающим миром, тем самым предотвращая вероятность возникновения экологических катастроф. Масштабное использование энергии сопровождается большим количеством новых рисков, приводящих к экологическим проблемам [2]. Так, функционирование энергопроводящих систем связано с риском природных и антропогенных аварий.

Потенциальную опасность для экологии представляют собой:

– магистральные нефте- и газопроводы;
– резервуары для газа, нефти и нефтепродуктов;
– атомные гидро- и тепловые электростанции;
– места захоронения токсических отходов.

Например, атомные электростанции, несмотря на свою высокую производительность, опасны для окружающей среды. За время эксплуатации АЭС они загрязнили территорию на десятки лет и причинили огромный вред для окружающей среды. Стоимость ликвидации атомной электростанции достигает половины стоимости строительства. Поэтому, даже просто использование энергии атомных электростанций создает значительный экологический риск, а техногенная катастрофа на любой АЭС, как правило, ставит под угрозу здоровье и жизни людей во всем мире [3]. В XX в. произошло свыше 150 аварий и катастроф, так или иначе связанных с атомной энергией: от аварий на АЭС до взрывов на атомных подводных лодках.

Таким образом, случаи рискогенных ситуаций свидетельствуют о том, что почти все аварии, происходящие на энергетических объектах, несут огромный вред для экологии и всего человечества в целом. Мировая общественность все больше осознает серьёзность экологических проблем в энергетике и поэтому произошедшие техногенные аварии на энергообъектах вызвали в последние годы повышенный интерес к производству энергии из возобновляемых источников. Кроме того, что ни один из секторов энергетики не развивается с такой скоростью и уверенностью, как ветровая и солнечная энергетика (30—35% в год). Эксперты из организации Greenpeace прогнозируют, что к 2030 г. возобновляемые источники энергии будут удовлетворять 40% мирового спроса на энергию и до 80% спроса — к середине столетия. Более того, по мнению экспертов, к 2050 г. 100% электроэнергии человечество сможет получать из возобновляемых источников энергии, что позволит минимизировать отрицательный характер эффекта развития отрасли электроэнергетики в России, не останавливаясь в развитии технологических модернизаций.

Библиографический список

1. Асмолов, В.Г. Основы обеспечения безопасности АЭС: учеб. пособие для студентов вузов / В.Г. Асмолов, В.Н. Блинков, О.Г. Черников. – М.: МЭИ, 2014. – 151 с.

2. Берберова М.А., Исламов Р.Т. Аналитические и статистические методы анализа надежности систем и безопасности объектов атомной энергетики: М.: МФТИ, 2014. 146 с.

3. Любимова Н.Г., Петровский Е.С. Экономика и управление в энергетике: М.: Юрайт, 2017. 485 с.

4. Челноков А.А. Ющенко Л.Ф. Охрана окружающей среды. ПрофТех., 2008. 301 с.

5. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек. М.: Гранд, 2015. 398 с.

6. Голицын А. Н. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды. М.: Оникс, 2016. 336 с.

7. Ушаков В. Я. Электроэнергетические системы и сети. М.: Юрайт, 2017. 446 с.

УДК 007.51

Д.Е. Попков
студент кафедры электромеханики и робототехники
С.В. Солёный – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ РАБОТЫ В ТРУДНОДОСТУПНЫХ МЕСТАХ

В настоящий момент робототехника является неотъемлемой частью нашей жизни. Мобильные роботы находят свое применение в различных сферах деятельности человека. В связи с этим существует огромное количество мобильных роботов военного, промышленного, сервисного и спасательного назначения [1].

Особенно активно развивается направление робототехники в сфере сервисного обслуживания. Под сервисными роботами стоит понимать не только роботов официантов, уборщиков, сиделок, но и мобильных роботов для обслуживания, и мелкого ремонта инженерных коммуникаций, и труднодоступных технических помещений. Развитие данной отрасли робототехники связано с ростом городов и технологическим развитием их инфраструктуры, которая становится объемнее. В результате возрастает стоимость обслуживания коммуникаций и увеличение времени на реагирование, поиск и устранение неисправностей. Частичная или полная автоматизация процесса мониторинга и обслуживания может не только снизить стоимость, но и увеличить надежность инфраструктуры, так как при постоянном мониторинге состояния коммуникаций возрастает вероятность обнаружения предпосылок к появлению неисправности участка инженерной сети.

Помимо снижения затрат на обслуживание автоматизация работы в инженерных сетях может снизить и смертность от несчастных случаев во время работы людей. Подобные трагедии порой возникают из-за ограниченного стесненного пространства, в котором приходится работать персоналу.

Для анализа существующих мобильных роботов, способных выполнять описанные ранее задачи, необходимо рассмотреть несколько из них.

1. Мобильные роботы Сервосила «Инженер» [2].

Мобильные роботы Сервосила «Инженер» (рис. 1) предназначены для применения в следующих областях: образование и научные исследования, службы спасения, пожарные службы, опасные производства, инженерные и эксплуатационные службы, эксплуатация туннелей и шахт.



Рис. 1. Внешний вид мобильного робота «Инженер»

2. Робот QUINCE [3].

QUINCE – миниатюрный робот, похожий на танк без башни (рис. 2). Верхняя платформа остается свободной и предназначена перемещения небольших грузов – бутылка воды, коробка с медикаментами или сотовый телефон. Это вполне соответствует изначальному предназначению робота. QUINCE должен помочь людям, которые находятся под завалами, продержаться до высвобождения. Для Японии, которая находится в наиболее сейсмоопасной зоне, эта проблема весьма актуальна.



Рис. 2. Робот QUINCE

3. Змеевидный робот Стэнфордского университета [4].

Робот изготовлен из мягкого материала, с одной стороны он подключен к насосу, а с другой у него располагается камера (рис. 3). Когда насос начинает работать, робот надувается и растет в направлении камеры, а другой конец остается на месте. Это метод передвижения ближе к растениям, чем к животным, и исследователи хотели изучить, как эта техника может быть использована.



Рис. 3. Змеевидный робот Стэнфордского университета

Несмотря на то, что рассмотренные выше роботы в основном создавались для работы с завалами, они могут быть применены в области сервиса инженерных систем ввиду своих малых габаритов и возможностей движения в условиях плохой проходимости.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 60.0.0.2-2016 Роботы и робототехнические устройства. Классификаци. М., 2016. 15 с.
2. Мобильные роботы Сервосила «Инженер». URL: https://www.servosila.com/ru/mobile-robots/index.shtml (дата обращения: 19.01.19).
3. Робот QUINCE. URL: http://roboting.ru/1235-quince-robot-dlya-poiska-lyudej-pod-zavalami.html (дата обращения: 22.01.19).
4. Змеевидный робот Стэнфордского университета. URL: http://www.fainaidea.com/technologii/roboty/sozdan-robot-dlya-poiska-lyudej-pod-zavalami-129670.html (дата обращения: 23.01.19).

УДК 004.896:621.865

А.А. Постольный
аспирант кафедры механики, мехатроники и робототехники
А.В. Мальчиков – кандидат технических наук – научный руководитель
Юго-Западный государственный университет, г. Курск

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ПРИВОДОВ ЭКЗОСКЕЛЕТОВ[1]

При создании реабилитационных устройств, таких как экзоскелеты, особую роль играют такие параметры как надежность, точность, повторяемость, безопасность. В работе представлены результаты проектирования линейного привода реабилитационного экзлоскелета и на его примере показаны характерные особенности процесса конструирования подобного рода устройств.

Высокие темпы развития современной робототехники позволяют создавать аппараты, значительно упрощающие повседневную жизнь людям с ограниченными физическими возможностями [1-4]. Однако когда речь заходит о человеко-машинных системах, возникает множество проблем при реализации безопасного, предсказуемого взаимодействия между человеком и аппаратом, что может быть достигнуто только при использовании высококачественных электроприводов, оснащенных системой управления и высокоразвитой сенсорикой.

При проектировании линейного привода необходимо основываться на основных параметрах (скорость линейного перемещения, усилие на рабочем органе, напряжение питания, режим работы), а также принимать во внимание специфику применения привода (конструкция должна быть легкой и достаточно компактной). Расчет развиваемого приводом усилия – один из основополагающих. На его результатах базируется дальнейший подбор электродвигателя, а так же проводится статический анализ несущей части конструкции. Для оценки возникающих реакций в приводах необходимо учесть массу всего реабилитационного устройства и массу пациента, а также влияние динамических режимов движения звеньев. Немаловажную роль играет кинематический анализ и подбор оптимальных геометрических соотношений рычажной системы, определения значения «плеч» приложения усилий при переходе от линейного движения штока привода к вращательному движению звеньев.

Итоговым результатом для описываемого привода получились:

Максимальное усилие на рабочем органе привода $F_{\text{пр}} = 5500(H)$.

Ход штока: $l_{\text{пр}} = 42(мм)$.

Максимальная линейная скорость: $\upsilon_{\text{пр}} = 4(мм/с)$.

Мощность $P_{\text{пр}} = 45(Вт)$.

Согласно полученным параметрам была разработана кинематическая схема электропривода, позволяющая обеспечить высокие показатели осевого усилия, минимальный зазор в передаче, и также высокую точность измерения положения рабочего органа привода (рис. 1).

Вращение от двигателя (1) передается через планетарный редуктор (2), осуществляющий преобразование мощности, на пару цилиндрических зубчатых колес (3), необходимых для передачи вращения на соседнюю, несущую ось. Подобная компоновка позволяет перераспределить осевые нагрузки с большей

[1] Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 19-01-00540.

части корпуса, а так же уменьшить габариты редуктора. Радиальные (4) и упорные (6) подшипники необходимы для фиксации в опорах внешних нагруженных валов редуктора. Винт (7), на котором установлена одна из шестерен, передает вращение далее на гайку (8), представляющую собой, по сути, шток привода. Возникающее при этом усилие распространяется вдоль условной линии, пересекающей оси вращения шарниров крепления привода (9, 10), что, следовательно, исключает возникновение изгибных нагрузок. Установленный на выходном звене датчик (5) позволяет построить высокоточную систему управления электроприводов экзоскелета.

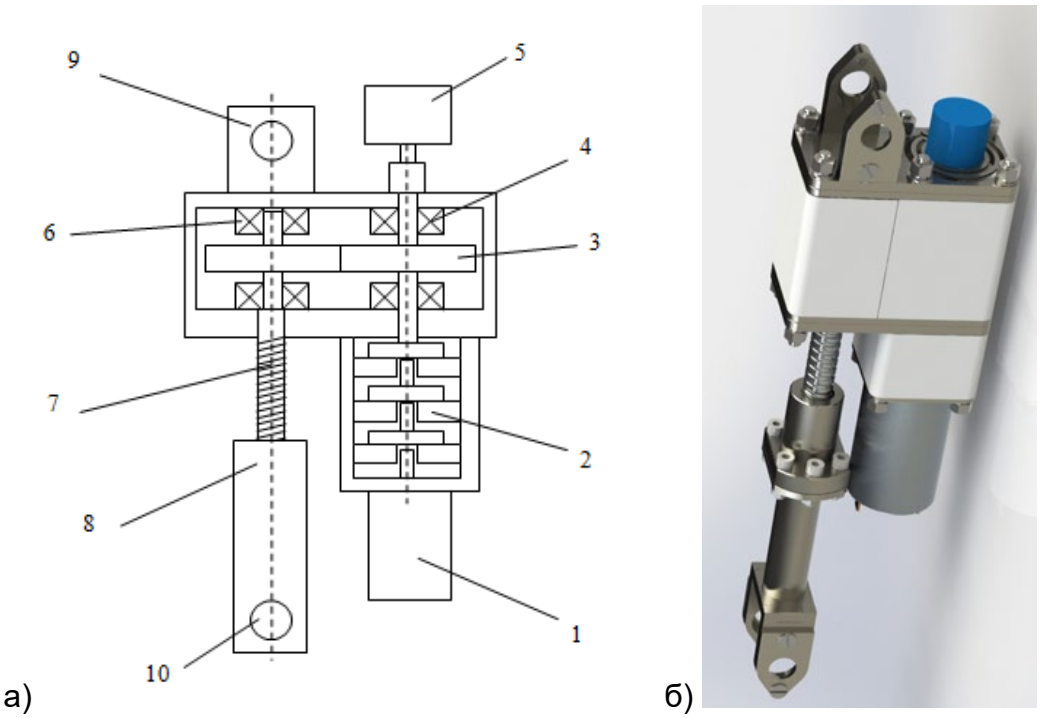


Рис. 1. Линейный привод экзоскелета: а – кинематическая схема, б – 3д модель

Библиографический список

1. Яцун С.Ф. и др. Адаптивная система управления экзоскелета, осуществляющего вертикализацию человека // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия «Техника и технологии». 2015. №. 3. С. 30.

2. Яцун С. Ф. и др. Изучение управляемого движения экзоскелета во фронтальной плоскости в режиме восстановления равновесия //Экстремальная робототехника. 2016. Т. 1. №. 1. С. 236-245.

3. Yatsun A. et al. Investigation of the dynamical characteristics of the lower-limbs exoskeleton actuators // MATEC Web of Conferences. – EDP Sciences, 2018. Т. 161. С. 03008.

4. Jatsun S. et al. Study of controlled motion of exoskeleton moving from sitting to standing position //Advances in Robot Design and Intelligent Control. – Springer, Cham, 2016. С. 165-172.

УДК 004.896:621.865

А.В. Репкин
студент кафедры механики, мехатроники и робототехники
А.В. Мальчиков – кандидат технических наук – научный руководитель
Юго-Западный государственный университет, г. Курск

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРЫГАЮЩЕГО КОЛЕСНОГО РОБОТА С ПОВЕРХНОСТЬЮ[1]

Представлены несколько классификаций описывающих различные аспекты моделирования контактного взаимодействия прыгающего мобильного робота с поверхностью.

Математическое моделирование прыгающего робота невозможно без подробного описания процесса взаимодействия робота с поверхностью, в различных фазах прыжка: при отталкивании, в процессе приземления [1-3]. Такой сложный вопрос требует системного подхода. Рассмотрим различные варианты взаимодействия звеньев прыгающего колесного робота с поверхностью (рис. 1).

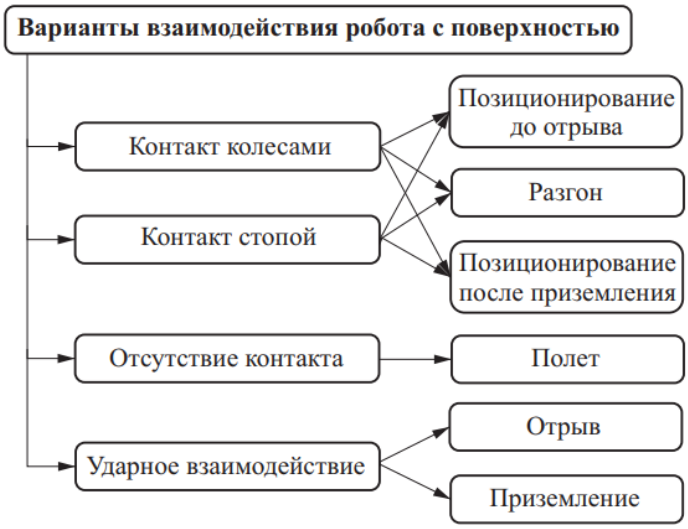


Рис. 1. Варианты взаимодействия робота с поверхностью

По данному рисунку видно, что контакт робота может осуществляться четырьмя различными способами. В фазах позиционирования до отрыва и после приземления и в фазе разгона робот взаимодействует с поверхностью колесами или стопой. Во время фазы полета взаимодействие с поверхностью отсутствует, а в фазах отрыва и приземления наблюдается ударное взаимодействие звеньев робота с поверхностью. Для всестороннего исследования вариантов контакта детально рассмотрим каждый из них.

Характер взаимодействия исследуемого робота с поверхностью определяется ее механическими свойствами, качеством и состоянием поверхностного слоя. Все типы грунтов могут быть классифицированы различными способами. Известны классификации по следующим свойствам:

– свойство несущей способности грунта, которая характеризуется предельно допустимыми нагрузками;

[1] Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 18-31-00075.

– свойство деформируемости, обусловленной прочностью и строением поверхности (изменяемость и обратимость формы);

– сцепные свойства поверхности (параметры сухого и вязкого трения);

– форма поверхности, наличие неровностей под опорами робота.

При моделировании различных типов требуется использовать различные методики и модели (таблица).

Таблица

Опорные поверхности и соответствующие им модели

Несвязные скелетные грунты и породы	Упругая и нерелаксирующая упруговязкая модель
Связные грунты и минеральные почвы в массиве близлежащего твердого основания	Упругая и упруговязкопластичная модель
Связные грунты и почвы на близко расположенном основании	Упруговязкая и упроговязкопластичная модель
Водонасыщенные грунтовые образования на твердом основании	Модель текучего тела (модели Ньютона, Максвелла, Паскаля)
Водонасыщенные грунтовые образования без жесткого близлежащего основания	Вязкая жидкость, релаксирующая упруговязкая жидкость
Неминеральные почвы и грунты почвенно-растительного и органического происхождения	Упругопластичная модель (Сен-Венана)

Используя приведенные данные и соотнося определения типа грунта по приведенным классификациям, можно построить математическую модель прыгающего робота, которая позволит описать процесс взаимодействия с высокой точностью.

Библиографический список

1. Яцун С.Ф., Волкова Л.Ю., Ворочаев А.В. Исследование движения многозвенного робота, перемещающегося прыжками и планированием // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2014. № S4. С. 12-17.

2. Ворочаева Л.Ю., Мальчиков А.В., Савин С.И. Определение диапазонов допустимых значений геометрических параметров колесного прыгающего робота Курск: ЮЗГУ, 2018.

3. Ворочаева Л.Ю., Мальчиков А.В., Савин С.И. Конструктивные особенности и классификация прыгающих роботов // Cloud of science. 2018. Т. 5. №. 3.

УДК 004.932

А.А. Родзевич
магистр кафедры электромеханики и робототехники
В.В. Булатов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФИЛЬТРОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕФЕКТОВ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО МОНОХРОМНОМУ ИЗОБРАЖЕНИЮ

На сегодняшний день системы технического зрения внедрены во многие сферы жизни: медицину, системы безопасности, промышленность и т.д. Несмотря на распространённость технологии, разработанный программный продукт не всегда правильно определяет объект. При использовании машинного зрения на производстве создание идеальных условий для получения качественного изображения практически невозможно. Для распознания и классификации объекта требуется предобработка изображения. С этой целью наиболее часто используются фильтры, определяющие контур объекта, такие как Sobel, Roberts, Prewitt и др. [1,2,3,4].

Целью данной работы является подбор фильтров, для обработки изображения, позволяющих наиболее точно определить геометрические параметры дефектов листовых материалов.

Предположим, что мы имеем стекло размером 15х10 см с дефектами толщиной 1мм. Исследование проводиться с использованием программного обеспечения специализированного на работе с изображениями Image Pro Plus 4.5 [5]. Для проведения исследования из исходного изображения выберем фрагмент 20 х 20 пикселей (рисунок 1) .

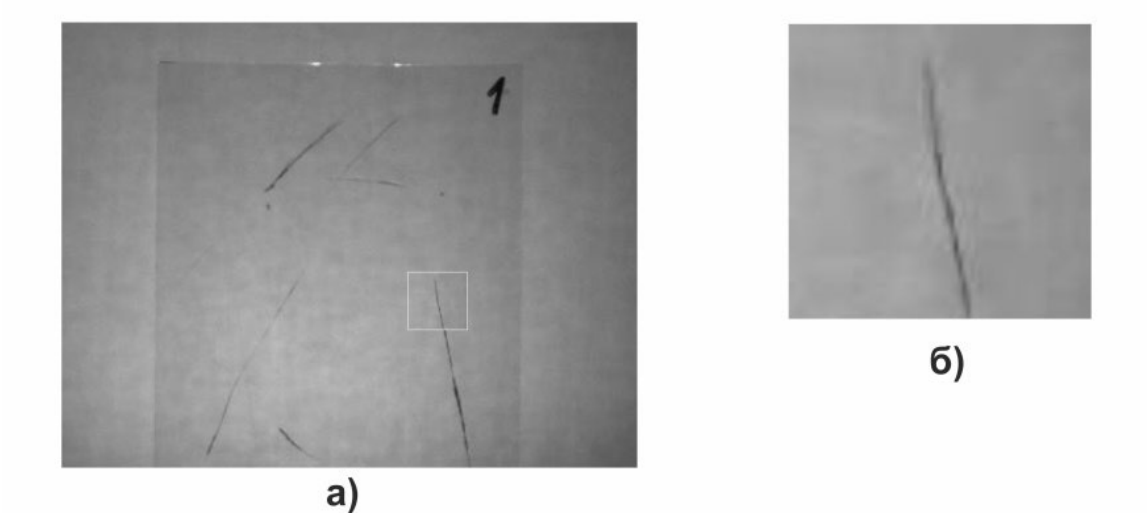


Рис. 1. а – исходное изображение стекла с дефектом,
б – область исследования.

Для определения границ имеющегося дефекта мы используем наиболее распространенные фильтры: Laplace, Sobel, Roberts. Данные фильтры позволяют выделить контур объекта на изображении. Для исследования выбираем диапазон значений размером 13 px из значений яркости исходного изображения.

Для проверки результатов возьмём показатели яркости Line 1, Line 2 и Line 3 и определим среднее значение яркости пикселей в выбранных диапазонах (рис. 2).

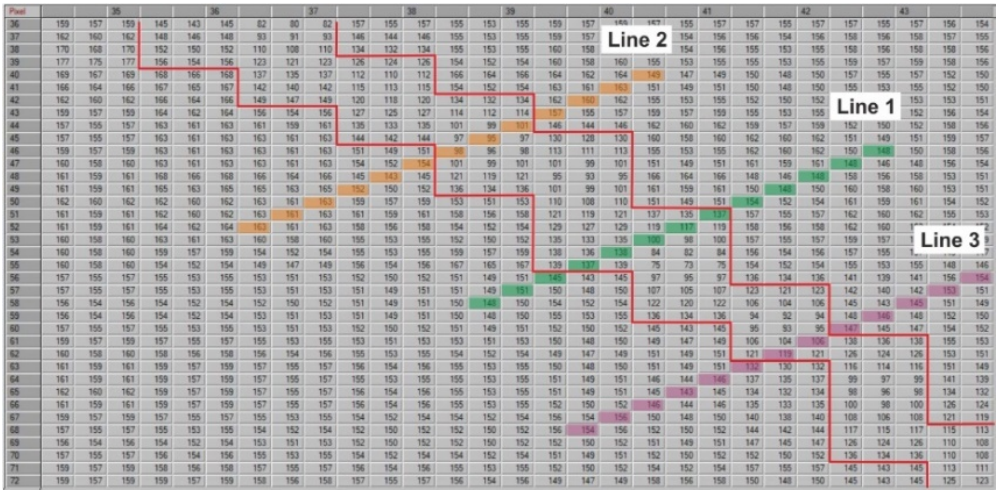


Рис. 2. Выборка значений пикселей
для определения среднего показателя яркости.

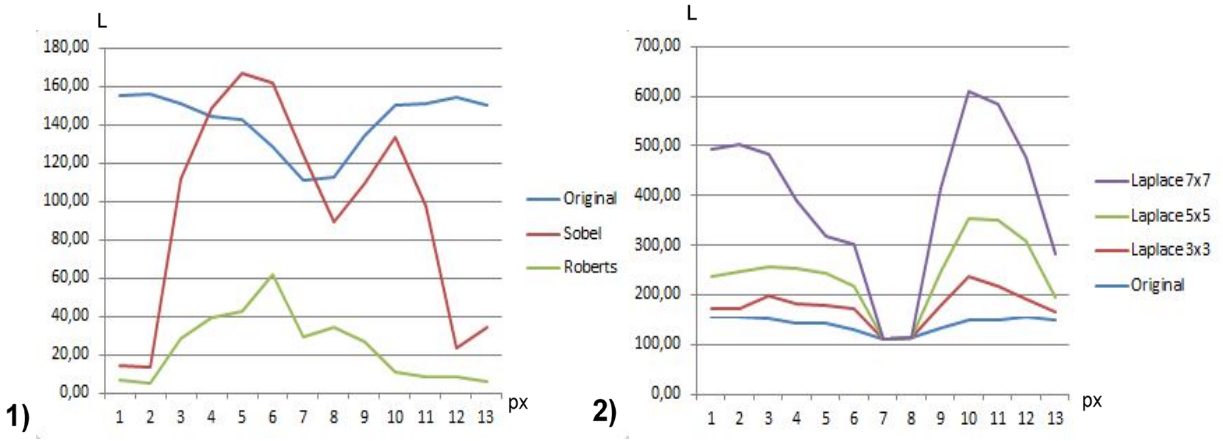


Рис. 3. Графики изменения показателей яркости после применения фильтров.

На основании полученных средних показателей, графическим методом определим, как изменяются показатели яркости после применения фильтров Sobel, Roberts и Laplace (рис. 3).

На первом графике (рис. 3.1) видно, что при применении методов Sobel и Roberts происходит смещение центра масс дефекта относительно оригинального изображения. Правый и левый контура дефекта различаются по количеству пикселей. Показатели яркости правого и левого контуров увеличивается неравномерно.

На втором графике (рис. 3.2) видно, что при применении метода Laplace положение дефекта не изменяется. Значения яркости контуров увеличиваются в зависимости от размера матрицы. Количество пикселей правого и левого контуров так же различаются.

Так как после применения фильтров наблюдается смещение границ дефекта, для измерения вносимых искажений, определим максимальные значение ширины дефекта h. Результат представлен на рис. 4.

Таким образом, определяем, что на обработанном изображении контур дефекта «съедает» от 1 до 10 px, в зависимости от фильтра и выбранной матрицы, на оригинальном изображении имеющих значение фона $L_ф$. Методы, основанные на определении контура градиента, вносят меньше искажений в геометрическую характеристику дефекта.

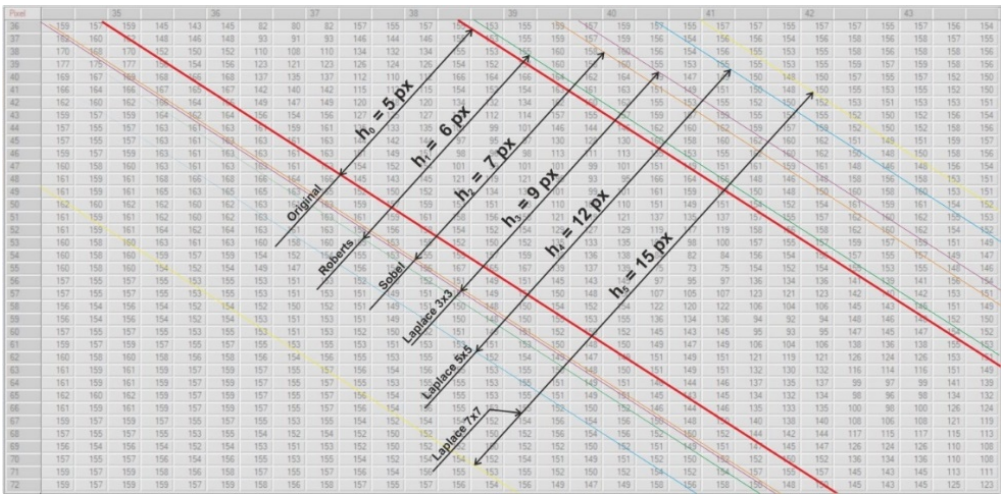


Рис. 4. Изменение максимальной ширины дефекта h
после применения фильтров

На основании проведённого исследования делаем вывод, что применяемые сегодня методы предобработки изображения дают искажения следующих геометрических параметров: ширина и положение дефекта на изображении. При использовании метода Laplace на изображении образуются шумы, которые также вносят ошибки в определение контура объекта.

Из исследуемых фильтров наименьшее искажение даёт Laplace с использованием матрицы 3x3. При его использовании смещения объекта не происходит, изменение яркостных характеристик позволяет определять контур дефекта, а появляющиеся шумы не значительно влияют на распознавание объекта. Тем не менее, стоит учитывать, что Laplace 3x3 влияет на ширину контуров объекта. В случае необходимости максимально точно определить ширину объекта рекомендуется использовать метод Roberts, который практически сохраняет исходное значение h.

Библиографический список

1. Анисимов Б.В., Курганов В.Д., Злобин В.К. Распознавание и обработка изображений: Учеб. студентов вузов. – М.: Высш. шк., 1983 – 295 с

2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005 – 1072 с.

3. Красильников Н. Н. К78 Цифровая обработка 2D- и 3D -изображений: учеб. пособие. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011 —608 с.

4. Хуанг Т., Эндрюс Г., Фиасконаро Д. Обработка изображений и цифровая фильтрация – М.: Мир, 1979 – 318 с.

5. Справочник Image Pro Plus v.7. RL: http://www.mediacy.com/images/ipplus/3DSurfaceInspector7UG.pdf

УДК 621.039

М.С. Романова
магистрант кафедры электромеханики и робототехники
Е.А.Комарова
магистрант кафедры электромеханики и робототехники
А.И.Соколова
магистрант кафедры электромеханики и робототехники
Б. Э.Фридман – профессор, доктор технических наук – научный руководитель

МАГНИТНАЯ СИСТЕМА ITER

ITER (Международный термоядерный экспериментальный реактор) – это проект по исследованию и разработке управляемого ядерного синтеза. Общая программная цель ИТЭР – продемонстрировать научно-техническую осуществимость термоядерной энергии.

В основе ITER – установка токамак – тороидальная камера с магнитными катушками, которая считается наиболее перспективным устройством для осуществления управляемого термоядерного синтеза. В токамаке реализуется концепция магнитного удержания плазмы, в которой плазма, несущая электрический ток, содержится в реакторе тороидальной формы. Токамаки были первоначально разработаны в СССР и интенсивно исследовались во многих странах.

Магнитная система реактора ITER превосходит все предыдущие магнитные системы по величине запасаемой энергии − 55 гигаджоулей (12 тонн тротилового эквивалента). В случае потери сверхпроводящего состояния эту энергию необходимо быстро отвести от катушек и сбросить в резисторы, пока катушки не разрушилась. Поэтому в состав устройств защитного вывода энергии входит резисторные сборки мощностью 2,5 гигаватта, способные поглотить энергию до 55 гигаджоулей.

Магнитные системы установки ITER включают в себя следующее: 6 модулей центрального соленоида (CS); 18 катушек тороидального поля (TF); 6 катушек полоидального поля (PF); 18 корректирующих (CC).

С точки зрения блоков питания этих катушек они делятся на катушки постоянного тока, изменяющегося тока и относительно слаботочные коррекционные катушки, в которых ток может меняться относительно быстро. Скорость изменения тока в катушках напрямую влияет на мощность блока питания конкретной цепи.

Блоки питания и катушки соединены через систему токопроводов, коммутационных блоков SNU (Switching Network Unit) и каждая из катушек подключена к системе FDU (Fast Discharge Unit). В цепь катушек PF и CS встроено комплексное коммутирующее устройство (SNU), задача которого состоит в изменении токов катушек при старте токамака путем ступенчатой перекоммутации цепи на последовательный резистор – при этом происходит индуктивно-резистивный скачок напряжения на катушке.

В системе питания катушек, кроме резисторов SNU есть еще разрядные резисторы, которые принимают энергию катушек при потере катушками сверхпроводящего состояния. Принятая продолжительность выделения энергии в резисторе 11 сек.

Защита сверхпроводящих магнитных систем обеспечивается блоками быстрого разряда (FDU). В случае отказа, быстрый и безопасный энергетический разряд из магнитной системы обеспечивается FDU, который разъединяет контур подачи катушки и обеспечивает рассеивание энергии в разрядных резисторах. Блок ITER FDU должен прерывать токи до 70 кА при напряжении до 10 кВ.

FDU включает двухступенчатый переключатель, состоящий из переключателя *By-Pass Switch* (BPS, контактора с пневматическим приводом) и быстрого вакуумного выключателя (VCB). Другая важная часть FDU − это конденсаторный банк для генерирования импульса противотока. В замкнутом BPS протекает стационарный ток до 70 кА. Как только BPS откроется, ток переходит в замкнутые контакты VCB. После этого VCB открывается, и батарея конденсаторов генерирует импульс противотока, который компенсирует ток в VCB. Таким образом, в FDU обеспечивается коммутация без дугового тока.

Существует два варианта силовых цепей FDU. Первый вариант для катушек с постоянным током (система тороидального поля, TF система) представлен на рис. 1. Второй вариант для катушек с меняющимся по величине и направлению током представлен на рис. 2.

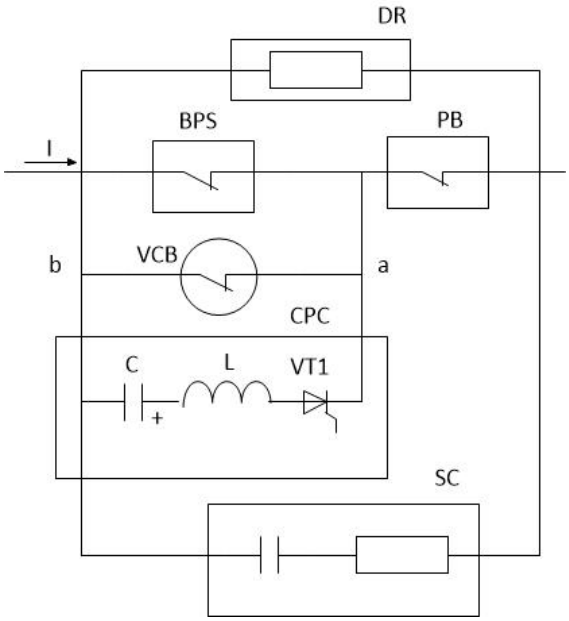


Рис. 1. Цепь питания FDU для тока однонаправленной катушки

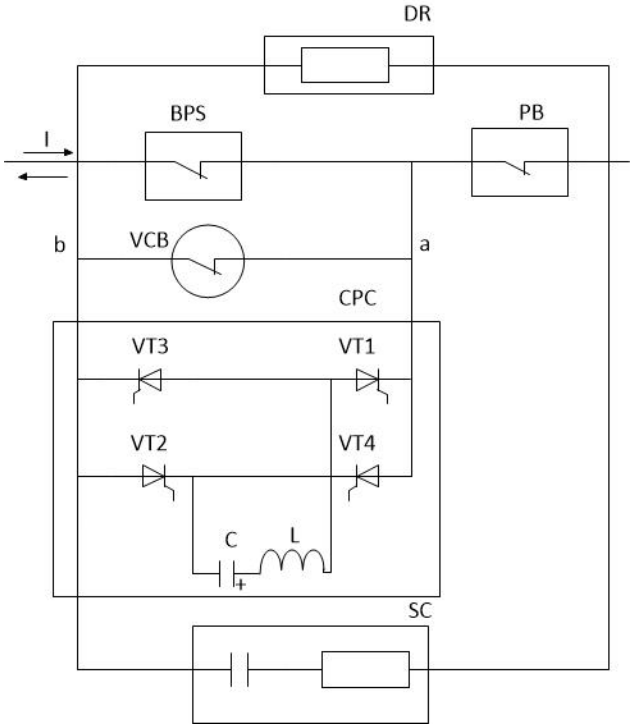


Рис. 2. Цепь питания FDU для тока двунаправленной катушки

FDU состоит из BPS, вакуумного выключателя VCB и параллельной конденсаторной батареи CPC, а также резервного взрывного размыкателя (pyrobreaker, PB). Для предотвращения перенапряжения на клеммах катушки предусмотрена снабберная цепь SC. BPS и VCB собраны в установке формы Siemens,SWG.

FDU должен обеспечивать быстрый разряд (в несколько секунд) энергии магнитного поля сверхпроводящей катушки (до 4,5 ГДж). Для этой цели FDU размыкает схему и направляет ток от сверхпроводящей катушки через разрядные резисторы DR. В исходном (начальном) состоянии BPS и VCB закрыты, а установившийся ток 70 kA протекает через массивные контакты BPS; заряжается конденсаторная батарея (CPC). В случае гашения система защиты реактора инициирует в FDU цикл быстрого защитного разряда. Сначала выполняется медленный процесс открытия контакта BPS, и ток I течет в замкнутые контакты VCB. Затем, через 0,28 с, приводится в действие пружинный привод VCB. Затем, через 22 мс запускаются тиристоры CPC, и ток разряда CPC (импульс противотока) проходит через контакты VCB в направлении, противоположном току катушки. В TF FDU используют нереверсивный тиристорный ключ VT1 (рисунок 1), в то время как в PF/CS FDU используют тиристорные ключи, собранные в мостовую схему, где VT1, VT2 или VT3, VT4 запускаются в зависимости от направления тока катушки *I*. Когда ток в контактах VCB уменьшается до 0, дуга между контактами VCB гаснет. В результате контактные устройства FDU переходят в открытое состояние, и ток от сверхпроводящей катушки проходит через DR. Таким образом, осуществляется довольно быстрый разряд энергии катушки.

Конденсаторные ячейки представлены схемами разряда для нереверсивной конденсаторной ячейки (рис. 3) и для реверсивной (рис. 4).

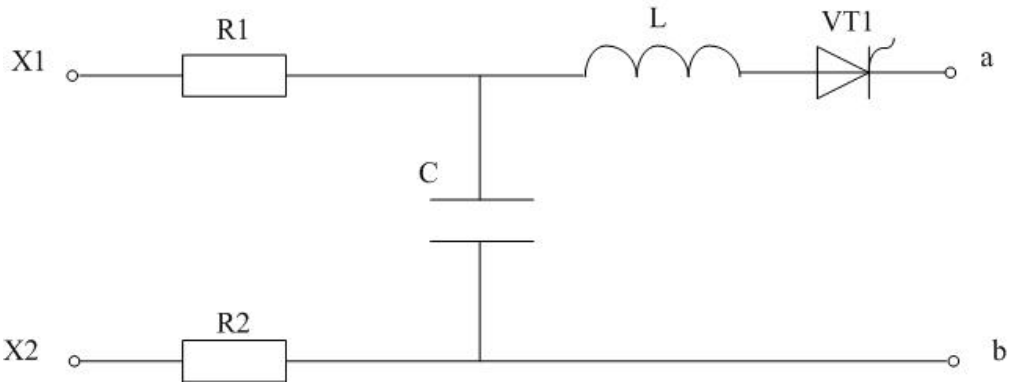


Рис. 3. Нереверсивная конденсаторная ячейка

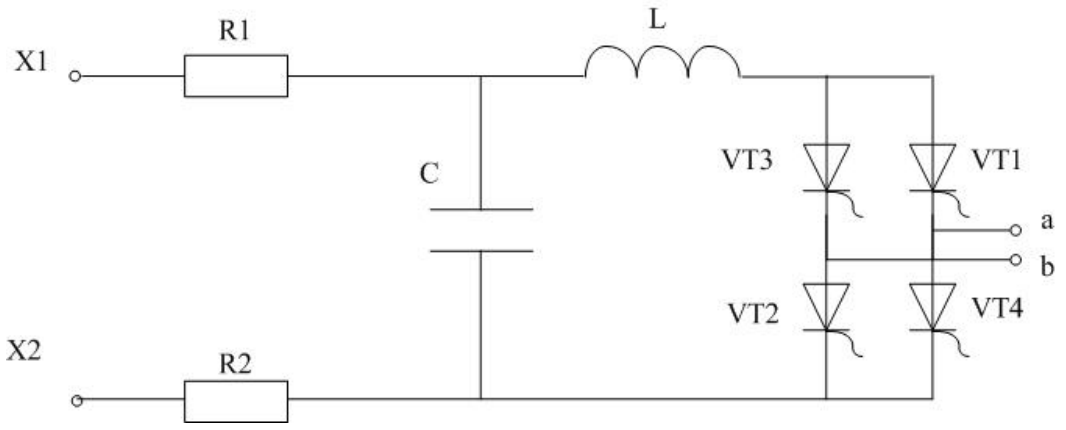


Рис. 4. Реверсивная конденсаторная ячейка

Конденсаторный банк имеет особенности, отличающие его от стандартного: разрядный выключатель для реверсивной конденсаторной ячейки спроектирован как тиристорный мост; высоковольтная схема изоляции выдерживает испытательное напряжение 28 кВ, 50 Гц; конденсаторы, полупроводниковые переключатели и изоляция должны быть спроектированы так, чтобы выдерживать высокое напряжение в течение длительного периода времени (до 100 000 часов); конденсаторные элементы могут быть подключены в параллельном или последовательном, для увеличения тока и напряжения на выходе батареи противотока.

Конденсаторный банк управляется системой управления FDU. Эта система заряжает конденсаторы и подготавливает конденсаторную батарею для генерации встречных импульсов. Система управления также диагностирует все устройства и переводит конденсаторную батарею в обесточенное состояние после завершения работы реактора. Система управления ITER имеет подсистему безопасности, обеспечивающую надежную работу реактора, а также блокирующую подсистему, обеспечивающую защиту оборудования, включая сверхпроводящие катушки.

Библиографический список

1. B. Fridman, et al. Capacitor bank for fast discharge unit of ITER facility. 2013 IEEE Pulsed Power Conference. Digest of Technical Papers, San Francisco, June 16–22, 2013, p. 784 – 789.

2. ITER – the way to new energy. URL: https://www.iter.org/ (дата обращения 1.12.2018).

УДК 69.002.5

Е.В. Савельева
аспирант кафедры механики, мехатроники и робототехники
А.А. Постольный
аспирант кафедры механики, мехатроники и робототехники
А.Е. Карлов
аспирант кафедры механики, мехатроники и робототехники
П. А. Безмен – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель
Юго-Западный государственный университет, г. Курск

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ЭКЗОСКЕЛЕТ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Введение

В настоящее время робототехника успешно применяется в массовом производстве в машиностроении, а также на опасных производствах: в химической промышленности, металлургии и т.п. Набирает актуальность применение робототехнических устройств при проведении строительных работ.

Строительные (или строительно-монтажные) работы представляют собой комплекс действий и процессов, необходимых для возведения объекта.

Работы, проводимые на строительных площадках, включают в себя общестроительные работы: земляные, каменные, свайные, бетонные и железобетонные, монтажные, кровельные, отделочные; транспортные; погрузочно-разгрузочные, а так же специальные и иные работы. Несмотря на многообразие строительной техники, призванной облегчить, ускорить, упорядочить строительные процессы, центральным звеном при выполнении любых операций на площадке остается человек.

1.Классификация технологических операций

Рассматривая многообразие человеческого труда на строительной площадке с точки зрения энергозатратности, можно выделить следующие категории работ:

– ручные – задействуется только мускульная сила работника (каменная кладка, окраска поверхностей и т.п.);

– полумеханизированные – работая вручную, работник использует механизированные инструменты (вибратор, краскопульт, отбойный молоток, сварочный аппарат и т.п.);

– механизированные – основные операции процесса выполняются механизмами, однако часть операций (выверка, подгонка, заделка и т.п.) выполняются вручную (возведение земляных сооружений, монтаж строительных конструкций);

– комплексно-механизированный процесс – все операции процесса выполняются комплектом техники, взаимно дополняющей друг друга (монтаж конструкций с использованием системы РШИ, погружение свай);

– автоматизированный процесс – комплект машин работает по заданной программе под контролем оператора;

– роботизированный процесс – механические устройства-манипуляторы (роботы) выполняют строительный процесс по заданной программе автономно, без участия оператора или с его помощью в рамках подготовительных операций.

В последние 20-30 лет исследования и разработки ведутся по созданию роботизированной строительной техники для отделочных процессов, а так же для строительства с использованием мелкоштучных элементов.

Одним из путей, позволяющим создать комфортные условия труда, обеспечивающие оптимальную работоспособность человека и сохранение его здоровья, является применение экзоскелетов.

В настоящее время робототехническая компания Sarcos Robotics занимается разработкой экзоскелета, который мог бы применяться рабочими при выполнении строительных операций. Американский прототип Guardian XO усиливает не часть тела (например, только руки, спину или ноги), а весь корпус работника. По заявлению производителя [1], базовая версия позволит оператору без труда поднимать грузы массой до 35 килограммов, а усиленная — до 90 килограммов. Соотношение усиления составляет 20 к 1, то есть 90-килограммовый груз будет ощущаться работником как четыре с половиной килограмма в руках.

В России также ведутся разработки экзоскелетов [3-9]. Благодаря их применению, в том числе в строительной отрасли, открывается возможность существенно расширить возможности рабочего при выполнении задач, которые человек в обычном состоянии выполнить не может.

Экзоскелет также позволяет снизить нагрузку на ноги в вертикальном положении за счет использования базового модуля нижних конечностей, а так же разгрузить поясничный отдел, верхний плечевой пояс и руки, при применении модулей навесного оборудования.

2. Описание экзоскелета

Конструктивно экзоскелет повторяет скелет человека. Металлические звенья аппарата соединяются посредством шарниров, каждый из которых имеет разное число степеней подвижности. Шарнирное соединение бедра с корпусом, как и у человека, имеет три степени свободы. Оно может вращаться вокруг двух горизонтальных осей: «вперед-назад» и «отведение-приведение», а также – вокруг вертикальной оси. Общий вид человека в экзоскелете приведен на рис.1.

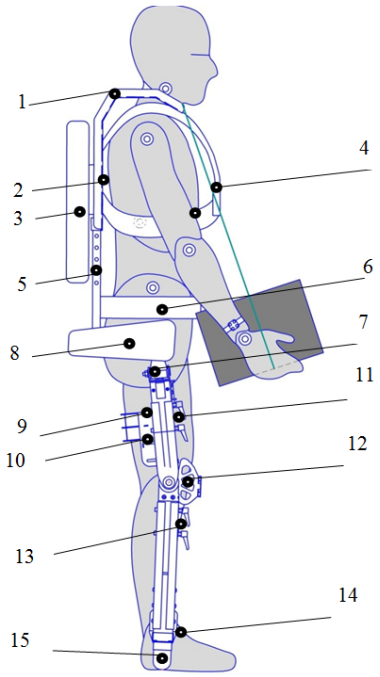


Рис. 1. Общий вид человека в экзоскелете

Приняты следующие обозначения основных узлов и модулей: 1) модуль «защита плеч»; 2) мягкий упор спины; 3) модуль подъема груза; 4) грудные фиксирующие крепления; 5) спинной каркас; 6) крепления поясничного отдела;

7) бедренный шарнирный узел; 8) привод бедренного модуля; 9) упоры для сидения; 10) бедренные манжеты; 11) зажимы для регулировки длины бедра; 12) защита коленей; 13) зажимы для регулировки длины голени; 14) зажим для крепления стопы; 15) упругие опоры.

Голень соединяется с бедром цилиндрическим шарниром с единственной осью вращения. Стопа заменена на гибкий упор, принимающий всю нагрузку, при этом снижая риск получения человеком травм голеностопа.

Экзоскелет состоит из модулей силового каркаса, снабженного рядом регулировок, необходимых для обеспечения комфортной эксплуатации и возможности легко настроить его в соответствии с параметрами различных пользователей.

3. Структура силового каркаса

Структура силового каркаса состоит из ряда конструкционных частей:

1. Базовый модуль экзоскелета. Представляет собой экзоскелет нижних конечностей с кронштейнами крепления навесного оборудования (рис. 1). Позволяет перенести нагрузку навесного оборудования на опорную поверхность посредством силового каркаса.

2. «Защита плеч». Модуль навесного оборудования «защита плеч» позволяет удерживать и переносить грузы, располагая их на металлическом каркасе защиты плеч. Таким образом, осуществляется разгрузка позвоночника, так как нагрузка через каркас передается сразу на опорную поверхность. Оператору необходимо лишь удерживать равновесие. Также на защиту плеч можно установить дополнительное навесное оборудование, такое как дополнительное освещение, радиостанция, лебедка и т.д.

4. Обоснование применения экзоскелета

При обосновании применения экзоскелетов, немаловажную роль играют условия труда, в которых их планируется применять. Исходя из степени отклонения фактических уровней факторов рабочей среды и трудового процесса от гигиенических нормативов, условия труда по степени вредности и опасности условно подразделяются на 4 класса: оптимальные, допустимые, вредные и опасные [2]. Вредные факторы среды, такие как тяжесть труда и его напряженность, могут вызывать профессиональные заболевания и другие нарушения состояния здоровья.

Тяжесть труда характеризуется физической динамической нагрузкой и отражает преимущественную нагрузку на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма (сердечно-сосудистую, дыхательную и др.), обеспечивающие его деятельность.

Физическая динамическая нагрузка (ФДН) измеряется в единицах внешней механической работы за смену (кг/м) [2]. Для определения физической динамической нагрузки (внешней механической работы), определяется масса груза, перемещаемого вручную в каждой операции, и путь его перемещения в метрах. Подсчитывается общее количество операций по переносу груза за смену, и суммируется величина внешней механической работы (кг/м) за смену в целом. По величине внешней механической работы за смену в зависимости от вида нагрузки (общая или региональная) и расстояния перемещения груза определяют, к какому классу условий труда относится данная работа.

Расчеты, проведенные в соответствии с [2] показывают, что без экзоскелета Работа осуществляется при общей нагрузке, расстояние перемещения груза до 5 м, следовательно, по показателю 1.2.1 (табл. 1.1) 1.2 [2] При общей нагрузке (с участием мышц рук, корпуса, ног): относится к разделу вредный (тяжелый труд).

С экзоскелетом: относится к разделу оптимальный (легкая физическая нагрузка) класс 1 [2].

Выводы

Применение экзоскелетов позволяет сократить величину внешней механической нагрузки за смену на рабочего, что снижает класс опасности условий труда и положительно влияет на общефизическое состояние рабочего. Это показывает целесообразность применения экзоскелетов в строительной отрасли, а так же актуальность данного направления исследований.

Библиографический список

1. Воронцов Н. Американцы выпустят универсальный полноразмерный экзоскелет N+1, 2019. URL: https://nplus1.ru/news/2019/01/03/guardian-xo (дата обращения: 12.03.2019).

2. Р 2.2.2006-05. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Приложение 15. Методика оценки тяжести трудового процесса.

3. Савин С.И., Яцун А.С., Яцун С.Ф. Энергоэффективный алгоритм управления вертикализацией экзоскелета // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2017. № 5. С. 108-113.

4. Савельева Е.В. Роботизированные системы для укладки мелкоштучных элементов при возведении стен малоэтажных жилых зданий / Наука молодых - будущее России: Сб. научных статей II Междунар. науч. конф. перспективных разработок молодых ученых. 2017. С. 160-163.

5. Экзоскелеты: анализ конструкций, принципы создания, основы моделирования / С.Ф. Яцун, В.Е. Павловский, Б.В. Лушников, О.В. Емельянова, А.С. Яцун, С.И. Савин, А.В. Ворочаев // Курск: ЮГЗУ, 2014. 149 с.

6. Экзоскелеты: анализ конструкций, принципы создания, основы моделирования: монография / С.Ф. Яцун, С.И. Савин, О.В. Емельянова, А.С. Яцун, Р.Н. Турлапов // Курск: Университетская книга, 2015. 179 с.

7. Яцун С.Ф. Ворочаева Л.Ю. Походки пятизвенного робота, перемещающегося по горизонтальной поверхности, их классификации Вибрационные технологии, мехатроника и управляемые машины. Курск: ЮГЗУ, 2016. С. 288-301.

8. Яцун С.Ф. Экзоскелеты: управление движением экзоскелета нижних конечностей при ходьбе/ Яцун С.Ф., Ворочаева Л.Ю., Яцун А.С., Мальчиков А.В., Тарасов О.С., Климов Г.В. Курск: ЮЗГУ, 2016. 190 с.

9. Яцун С.Ф. Кинематический анализ экзоскелета в процессе подъема груза / С.Ф. Яцун, С.И. Савин, А.С. Яцун, Г.В. Климов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия «Техника и технологии». 2015. №3 (16). С. 24-30.

УДК 676.012.43

Е.А. Романова
студентка кафедры инноватики и интегрированных систем качества
Е.А. Кривчун – кандидат химических наук, доцент – научный руководитель

ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОЛОКА

Оценка качества продукции включает выбор номенклатуры показателей качества оцениваемой продукции, определение значений этих показателей и сопоставление их с базовыми (эталонными значениями). Рассматриваются физико-химические и органолептические показатели.

Целью данной научно-исследовательской работы студента являлось экспресс определение органолептических показателей качества молока. В качестве объекта исследования выбрано молоко марки «Простоквашино» 2,5% жирности фирмы Danone.

Экспериментальная часть.

Органолептическая оценка показателей молока.

Определение внешнего вида и консистенции молока, вкуса, запаха и цвета.

Методика: Определение цвета молока.

Оборудование: мерный цилиндр на 250 мл, белый лист бумаги.

Ход работы:

1. Нальем в цилиндр 60 мл молока.
2. Поднесем к цилиндру белый лист бумаги и сравним цвет.
3. Полученные данные запишем в сводную таблицу.

Определение консистенции молока.

Консистенция молока определяется по следу молока, остающемуся на стенках сосуда после его взбалтывания. При нормальной консистенции после стекания молока со стенок сосуда остается равномерный белый след.

Оборудование: большая пробирка с пробкой.

Ход работы:

1. Нальем в пробирку молока до середины объема.
2. Закроем пробирку и слегка встряхнем ее, чтобы намокли стенки.
3. Даем молоку стечь и в течение 1-2 минуты оцениваем результат.
4. Полученные данные записываем в сводную таблицу 1.

Определение запаха молока.

Свежее молоко имеет слабый специфический запах.

Со временем:

– запаха может не быть или он становится слабо ощутимым;

– может появиться запах нефтепродуктов, лекарственных, моющих, дезинфицирующих средств и других химикатов;

– может появиться запах кормовой, хлебный, окисленный, прогорклый, затхлый, плесневелый, гнилостный;

– может появиться запах лука, чеснока, полыни и др.

Оборудование: пробирка с пробкой.

Ход работы:

1. Нальем в пробирку молока чуть больше половины ее объема, закроем пробирку (лучше предметным стеклом).
2. Энергично взбалтываем.

3. Откроем пробирку, сразу нюхаем. Запах определяется многократными короткими вдыханиями.

4. Полученные данные записываем в сводную таблицу.

Определение вкуса молока.

Молоко должно быть комнатной температуры. Полость рта ополаскивается небольшим количеством молока (5-10 мл). Вкус доброкачественного молока слегка сладковатый. Молоко может иметь:

– недостаточно выраженный, простой вкус;

– кормовой, хлебный, кислый, прогорклый, горький, плесневелый, гнилостный вкус;

– вкус нефтепродуктов, лекарственный, моющих, дезинфицирующих средств и других химикатов;

– вкус лука, чеснока, полыни и др.

Оборудование: стеклянный или пластиковый стакан.

Ход работы:

1. Нальем в стакан 10-20 мл молока.

2. Возьмем глоток молока в рот, стараясь распределить его по всей поверхности ротовой полости и держать его некоторое время. Определим его вкус.

3. После каждой пробы молока следует прополоскать рот водой и между отдельными определениями делать небольшие перерывы.

4. Полученные данные запишем в сводную таблицу.

Результаты:

Сравниваем органолептические показатели исследованного молока с показателями ГОСТ31450-2013

Таблица

Наименование показателя	Характеристика	
	Результат	Норма
а) цвет	белый, слабо-желтоватый	белый со светло-кремовым оттенком
б) консистенция	жидкая, однородная, нетягучая; Без хлопьев белка и сбившихся комочков жира	жидкая, однородная нетягучая, слегка вязкая. Без хлопьев белка и сбившихся комочков жира
в) вкус и запах	в) ощутимый, приятный слегка сладковатый	характерные для молока, без посторонних привкусов и запахов, с легким привкусом кипячения.

Вывод: данный образец (молоко 2,5% жирности «Простоквашино») соответствует органолептическим показателям, приведенным в ГОСТ 31450-2013.

Библиографический список

1. Личко Н.М. Стандартизация и подтверждение соответствия сельскохозяйственной продукции. М.: ДеЛи плюс, 2013. 512 с.

2. ГОСТ 31450-2013 Молоко питьевое. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014.

3. ГОСТ Р 52054-2003 Молоко коровье сырое. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2008.

4. ГОСТ 28283-2015 Молоко коровье. Метод органолептической оценки вкуса и запаха. М.: Стандартинформ, 2015.

УДК 332

Е.Н. Савченко
магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении
М.В. Канавцев – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

ПРИМЕНЕНИЕ STEAM-ПОДХОДА ПРИ ИННОВАЦИОННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ КАК КОНКУРЕНТНОЕ ПРЕИМУЩЕСТВО

В настоящее время и каждое отдельное предприятие, и экономика страны в целом нуждаются в инновационных передовых технических и технологических объектах. Такие объекты нельзя заимствовать у других стран, нельзя обменивать на сырье, их нужно создавать в своей стране, силами отечественных инженеров и ученых. Каждой организации необходимо развиваться и совершенствовать свою продукцию, работы, услуги. Иначе, она не сможет быть конкурентоспособной по отношению к другим предприятиям. При создании эффективных инновационных проектов, руководству важно правильно выбрать подход, используемый при инновационном проектировании.

Эффективность некоторых технических решений может быть значительно увеличена с использованием системного STEAM подхода к задаче проектирования. Аббревиатура STEAM означает: S – science, T – technology, E – engineering, A – art и M – mathematics. В переводе с английского это будет звучать так: естественные науки, технология, инженерное искусство, творчество, математика. Все данные дисциплины становятся самыми востребованными в современном мире. Данный подход учитывает постоянное взаимодействие различных систем (например, система электроснабжения, система управления, система контроля и т.д.), одни из которых активно развиваются, вторые стабильно работают, а третьи развиваются. Также этот подход позволяет проанализировать последствия от внедрения в практику результатов научных открытий.

Кроме того, STEAM технология способствует развитию и приобретению надпрофессиональных навыков у работников. Чем больше связей способен увидеть и опробовать специалист, владеющий системным мышлением, тем выше вероятность того, что он сумеет найти творческие и полезные идеи, сумеет увидеть мир со всеми присутствующими в нем возможностями и перспективами. Разносторонний взгляд на проектирование новой технологии позволяет увидеть картину в целом, выявить комплекс проблем и возможностей, которые могут возникнуть в будущем. Такое системное мышление позволяет учесть все необходимые требования современного мира к инновационному проектированию: как изменения отдельной части оказывают влияние на систему в целом, и как привнести их так, чтобы они сочетались с уже существующим порядком, решали возникающих на пути проблем и в то же время направляли организацию к успешному развитию.

Проектируемая система должна способствовать повышению эффективности производства, поэтому при расчете эффективности нужно учитывать затраты и доходы на этапах проектирования, организации производства, производства, распределения и эксплуатации. Процесс проектирования систем нужно согласовывать с планом развития конкретной отрасли (например, схемы развития электрических сетей региона в энергетике и др.)

Таким образом, STEAM-подход предусматривает широкое рассмотрение проблемы принятия решений с обоснованием целей, более высокий уровень про-

ектирования и планирования по сравнению с традиционными методами. Он позволяет рассмотреть объект исследования с учетом большого количества его разнообразных свойств и неопределенности имеющейся информации.

Электроэнергетические установки, например, электрические станции, подстанции, линии электропередачи, системы электроснабжения, системы электрификации сельскохозяйственных объектов – являются элементами больших электроэнергетических систем. С помощью системного STEAM-подхода, например, систему электроснабжения можно спроектировать так, чтобы она имела высокие технико-экономические показатели, чтобы при минимальных денежных средствах, оборудовании и материалов она обеспечивала бы требуемые надежность и качество распределяемой электроэнергии.

Использование STEAM-технологии при проектировании инноваций позволяет сделать продукцию более конкурентоспособной. Главными качествами таких продуктов являются экологичность, надежность, удобство, безопасность, энергоэффективность и прочие. В качестве примера подобных инноваций можно привести изобретение светодиодов. Светодиоды обладают множеством преимуществ и выгодно выделяются на фоне других источников освещения:

1. Энергоэффективность. Светопередача у светодиодов составляет 120-150 люмен/ватт, что является максимальным показателем.
2. Экологичность. Подобные источники освещения не выделяют вредных веществ.
3. Срок службы. Показатель составляет 50 тысяч часов.
4. Удобство использования. Работу светодиодного освещения можно контролировать с помощью мобильных приложений, изменять цвет испускаемого излучения и вносить другие настройки.

Из современных инноваций в этой области можно выделить следующие:

1. GaN-светодиоды (нитрид галлия) на подложках из кремния. Данная технология обеспечивает хорошую светоотдачу, что снижает расходы в энергетике.
2. LED-освещение (light-emitting diode) на GaN-подложках. Обеспечивает самую качественную цветопередачу и улучшает интенсивность светового потока (по сравнению с предыдущей технологией).
3. LED SlimStyle. Особенность этих источников освещения заключается в наличии множества мелких светодиодов. Стоимость подобных ламп составляет около 10 долларов.

Современные источники освещения работают от постоянного тока, благодаря этому отсутствует мерцание света. Сейчас ведутся разнообразные исследования по использованию переменного тока, что позволит снизить потребляемую мощность. Размер инвестиций, которые получила эта сфера энергетики, по мнению аналитиков, в 2018 г.объем рынка LED-освещения достиг 25,9 млрд долл.

Светодиодные лампы не настолько опасны, как лампы дневного света – они не содержат никаких вредных веществ, которые могут попасть в атмосферу, если вы разобьете лампу, не имеют очень вредного низкочастотного мерцания, которое влияет на глаза. Кроме того, светодиоды служат дольше, и более удобны в использовании. И даже учитывая, что они стоят дороже ламп накаливания, за счет своей энергоэффективности и долговечности они окупаются.

Подводя итоги, можно сказать, что выбор подхода, используемого при инновационном проектировании, как и при подготовке специалистов, оказывает неоспоримое влияние на результат, которого стремится добиться то или иное предприятие. На сегодняшний день, именно STEAM-технология является самой востребованной в мировом масштабе. Она еще не получила широкой известности и не так популярна, как другие подходы и методы. Но именно такая технически-

творческая, системная технология будет способствовать реализации новых, неординарных решений, необходимых как в целом при проектировании проектов в любой отрасли, так и конкретно в электроэнергетике.

Библиографический список

1. Аспекты системного подхода URL: https://studfiles.net/preview/3537576/page:4/ (дата обращения: 15.02.2019).

2. Армашова-Тельник Г.С., Канавцев М.В., Сердитов В.А. Новые знания и компетенции, востребованные на технологических предприятиях / Завалишинские чтения'18: сб. докл. СПб.: ГУАП, 2018. С. 217-221.

3. Принципы проектирования элекрических станций и подстанций электроэнергетике URL:https://studfiles.net/preview/1867376/page:5/ (дата обращения: 15.02.2019).

4. Перспективные инновации в электроэнергетике URL: https://viafuture.ru/katalog-idej/innovatsii-v-energetike (дата обращения: 15.02.2019).

5. STEAM-образование как универсальный предмет преподавания. URL: https://www.digis.ru/news/market_news/steam_obrazovanie_kak_universalnyy_instrument_prepodavaniya/ (дата обращения: 15.02.2019).

УДК 65.03

Ю.С. Садикова
магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении
В.А. Сердитов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПРИНЦИП ФОРМИРОВАНИЯ ТАРИФОВ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ В РОССИИ

Существующая тарифная политика представляет собой базу экономического механизма рынка электроэнергии и мощности.

Услуги, которые относятся к передаче электроэнергии, представляют собой сферу естественной монополии. В связи с этим фактом, тарифы, установленные на передачу электрической энергии сетевыми компаниями, регулируются либо государством, либо установленными региональными энергетическими комиссиями. При расчете тарифов на электрическую энергию, включая ее передачу по энергосетям, используются те принципы и методы, которые утверждены Постановлением Правительства РФ от 29.12.2011 №1178. Размер ставки тарифного плана на электроэнергию нацелен на то, чтобы способствовать восполнению издержек производства и получению прибыли, достаточной для налоговых выплат и формирования фондов энергокомпаний.

При установлении тарифов на электроэнергию применяют долгосрочные методы тарифного регулирования такие, как метод доходности инвестированного капитала и метод долгосрочной индексации.

Срок установления тарифов – пять лет (для первого долгосрочного периода регулирования – от трех лет).

Итоговая цена на электрическую энергию и услуги по ее передаче состоит из следующих слагаемых:

– цена электроэнергии (стоимость электроэнергии на оптовом рынке);
– цена мощности (стоимость приобретаемой энергосбытовой компанией мощности на оптовом рынке);
– общая стоимость всех составляющих по передаче электрической энергии по сетям в зависимости от уровня напряжения (тарифы ФСК на передачу по магистральным сетям, тарифы МРСК на передачу по сетям среднего напряжения и тариф ТСО на передачу по сетям низкого напряжения);
– различные инфраструктурные платежи;
– сбытовая надбавка.

Если рассматривать структуру тарифа на электроэнергию для конечного потребителя, то можно сделать следующие выводы.

1. Приблизительно 68% занимает непосредственно стоимость самой электроэнергии и мощности.
2. Далее, 28.4% составляют услуги по передаче электрической энергии.
3. В среднем 3.7% составляет сбытовая надбавка.
4. Только 0.1% составляют инфраструктурные платежи. К данному виду платежей относятся: стоимость услуг системного оператора и коммерческого оператора.

Сбытовая надбавка – это определенная плата, которую устанавливают на свои услуги энергосбытовые организации. Размер сбытовой надбавки устанавливается и регулируется государством на основе соответствующих нормативно-правовых актов.

Сбытовые надбавки устанавливаются для следующих групп потребителей:

1) население и приравненные к нему категории потребителей;

2) сетевые организации, ведущие закупку электрической энергии;

3) иная группа потребителей (в эту группу относят категории потребителей в зависимости от потребляемой мощности).

Существует Федеральный закон от 14.04.1995 №41-ФЗ «О государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации», в котором определены особенности расчета тарифов для отдельных категорий потребителей.

При расчете цен на электроэнергию двухставочные тарифы используются в качестве базы для установления тарифов для всех групп потребителей (вне зависимости от того, какой тариф, одноставочный или двухставочный, использует потребитель).

Одноставочный тариф, в свою очередь, рассчитывается исходя из ставок за электрическую энергию и мощность и дифференциируется в зависимости от числа часов использования заявленной мощности.

Также, формирование конечной цены для потребителя зависит от региона, так как территория России представляет собой ценовые зоны. Структура ценовых зон следующая:

– европейская часть России и Урала входят в первую ценовую зону;

– Сибирь входит во вторую ценовую зону;

– Архангельская и Калининградская области, Республика Коми, регионы Дальнего Востока представляют собой неценовые зоны.

Это связано с тем, что в данных регионах, по некоторым технологическим причинам, организация рыночных отношений затруднена и реализация электроэнергетических ресурсов происходит по особым правилам, а тарифы регулируются.

В заключение нужно отметить, что на формирование конечных цен для потребителя оказывает влияние множество факторов. Вопросы ценовой политики достаточно актуальны в настоящее время, так как последствия корректировок тарифов на электроэнергию болезненно сказывается на больших экономических системах и экономике страны.

Библиографический список

1. Айзенберг Н.И. Теоретические основы регулирования цен и тарифов в электроэнергетике // Теория и методы принятия решений. Новосибирск: Наука, 2009.

2. Богачкова Л.Ю., Зайцева Ю.В. О развитии системы цен в электроэнергетике: моделирование тарифного меню для населения // Управление большими системами: Сб. тр. Вып. 12-13. М.: ИПУ РАН, 2006. С. 32-45.

3. Королькова Е.И. Естественная монополия: регулирование и конкуренция: Лекция 1. Регулирование и естественная монополия // Экономический журнал ВШЭ. 2000. Т.4. №2. С. 235-273.

УДК 004.032.26

И. В. Салов
студент кафедры технологий защиты информации
А. К. Попов
студент кафедры управления в технических системах
О. Я. Соленая – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СОВМЕСТНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ БАЗ ДАННЫХ И НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРАКТИКЕ

«Мы слишком долго засиделись в эпохе сверхспециализации, интеграция стала еще одной специализацией. Мы достигли колоссального прогресса во всех областях вычислений, кроме одной, которая ставит своей целью научиться управлять сложностями, порожденными всеми этими процессами, где во главу становится формула "Быстрее, меньше, дешевле"» – утверждалось в меморандуме IBM [1].

Данная цитата не просто размещена в начале, ведь человечество в действительности достигло многого, но не все его достижения облегчили жизнь. В последнее время человек стал «утопать» в нагроможденной на него информации и множестве задач, которые все труднее становится выполнить в одиночку. Поэтому со временем назревает острая необходимость в том, чтобы автоматизировать и интеллектуализировать процессы управления и обработки информации. Цель данной статьи – показать значимость грамотного взаимодействия нейронных сетей и баз данных при решении различных задач. Теперь следует ознакомиться с главными понятиями, используемыми в данной статье, а после рассмотреть взаимодействие технологий.

Для начала определимся с терминологией. Что из себя представляют нейронные сети (ИНС)? Это система соединенных простых процессоров (искусственных нейронов), имитирующая нервную систему человека. Можно сказать, что это одно из направлений в разработке систем искусственного интеллекта. Нейросети можно использовать при решении задач, которые требуют сложных аналитических вычислений, отдаленно напоминающие те, что обрабатывает мозг человека [2]. Данная технология развивается уже около 70 лет – наиболее часто за ее начало принимают 1943 год, когда была разработана модель нейронной сети, названная «пороговой логикой». Однако ИНС имеют очень сложную структуру, что приводит к огромному количеству вычислений в небольшой промежуток времени. Из-за этого развиваться нейронные сети стали недавно, когда стали появляться производительные процессоры и мощные видеокарты. Одно из важных преимуществ нейронных сетей состоит в том, что, по сравнению с другими методами машинного обучения, они могут обнаруживать порой довольно неожиданные закономерности в данных. Задачами нейросети можно назвать прогнозирование событий, распознавание образов, анализ скрытых закономерностей и множество других. Поэтому сейчас эта технология применяется в довольно большом количестве сфер жизни общества, начиная с относительно бесполезных сервисов по обработке фотографий, заканчивая медициной, авиацией и даже политикой. Так, например, ИНС может решить, стоит ли выдавать клиенту банка кредит или нет (рис. 1).

Но есть у искусственных нейронных сетей и отрицательные стороны. Одна из основных частей разработки такой сети – ее обучение, являющееся трудоемким и длительным процессом. Для того чтобы ИНС могла справляться с постав-

ленными перед ней задачами, необходимо обучить ее, подав на вход большое количество наборов данных, и чем их будет больше, тем лучше будет функционировать нейронная сеть. Однако существует проблема переобучения нейросети, связанная с тем, что построенная модель хорошо объясняет примеры из обучающей выборки, но не так хорошо работает на примерах, не участвующих в обучении. Проблема в том, что в процессе тренировки могут обнаружиться случайные закономерности. Для предотвращения этой проблемы существует некоторое количество методов, например, перекрестная проверка, априорная вероятность или ранняя остановка. Они помогают указать момент, когда дальнейшее обучение перестает вести к улучшению результатов работы.

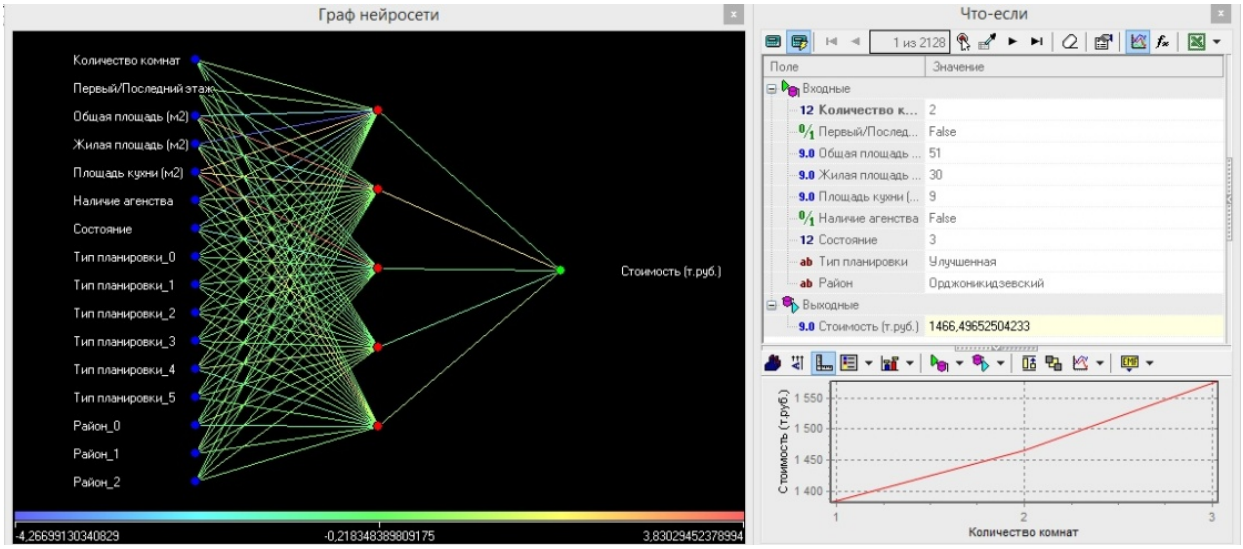


Рис. 1. Анализ кредитоспособности клиента

Нейросети способны облегчить сортировку, хранение и другие операции, проводимые с информацией, что немаловажно для удобства обращения с базами данных (БД). Следует также понимать точное значение термина. БД – совокупность данных, хранимых согласно структуре, манипулирование которыми выполняют в соответствии с правилами моделирования данных [3]. Стоит отметить, что БД, в свою очередь, помогают хранить информацию, необходимую для обучающей и тестовой выборок для нейронных сетей, т.е. для классификатора. Если целью является построение качественного классификатора, то необходимо иметь и качественные данные. Никакой из методов построения классификаторов, основанный на нейронных сетях или статистический, никогда не даст необходимого результата, если имеющийся набор примеров не будет достаточно полным и представительным для той задачи, с которой придется работать системе [4].

То есть не только нейросетевые технологии могут оказывать положительное влияние для баз данных, но и наоборот, качественные базы данных способны помогать при обучении и работе ИНС [5]. Подтверждением этому служит интересный факт, что до 2010 года для нейросетей было не так уж много подходящих БД с достаточным количеством информации для обучения. Если человек, пишущий свою нейросеть, не мог найти в существующих базах то, что его интересовало, ему приходилось создавать собственную базу. Однако в 2010 г. ситуация сильно изменилась, так как появилась база ImageNet, содержащая около 15 млн изображений, разделенных на 22 тыс. категорий, что решило проблему обучения нейронных сетей в сфере распознавания объектов на фото и видео. В данный момент можно запросить доступ и получить эту базу для тренировки своих ИНС [6].

Большинство организаций давно уже перешли от бумажных отчетов к информационным технологиям, однако очень часто возникают проблемы организации управления данными. Для принятия эффективных решений необходимо научиться получать, накапливать и сохранять поступающую информацию. Для этого нужна БД, которая будет включать в себя информацию, помогать совершенствовать рабочий процесс. Ее значимость в современном мире высока, ведь в отличие от бумажной бухгалтерии, к примеру, ее в любой момент возможно пополнить новой информацией или отредактировать уже существующую. Кроме того, проще работать со структурированной информацией, что также отличает БД. Базы данных классифицируются по характеру хранимой информации, по способу хранения данных, по структуре организации данных. Если рассматривать их по характеру хранимой информации, то все достаточно просто – она бывает либо фактографическая (набор некоторых «фактов», например, биографические данных о сотрудниках), либо документальная (сами документы, поиск которых проводится, например, по дате создания или получения файла). Способ хранения бывает либо централизованный (информация хранится на одном устройстве), либо распределенный (данные могут быть расположены на разных частях ЭВМ, к ним может обратиться несколько пользователей одновременно). Структура организации данных бывает реляционной (представление в виде таблиц, где можно использовать аппарат алгебры отношений и реляционного вычисления), сетевой (произвольный граф) и иерархической (древовидная структура, где элементы связаны по определенным правилам, образует ориентированный граф). Существуют три этапа образования БД: проектирование по данной цели, создание структуры, ввод записей.

Как же в БД могут проводиться операции над данными без участия нейросетей? Принято считать основными объектами БД таблицы, запросы, страницы доступа, формы, отчеты, макросы и модули. Среди них следует выделить запросы. Такие объекты служат для работы с таблицами и предоставления информации в удобном виде для пользователя. С помощью запросов выполняют такие операции, как отбор данных, их сортировку и фильтрацию. Можно осуществлять преобразование информации по заданному алгоритму, создавать новые таблицы, выполнять автоматическое наполнение таблиц данными, импортированными из других источников, выполнять простейшие вычисления в таблицах и многое другое. Однако следует напомнить главное преимущество нейросетей по отношению к классическим методам обращения с БД – это возможность их самообучения, в то время как запросы являются некоторыми заданными заранее алгоритмами. Именно поэтому при отказе от прежнего способа человеку не нужно будет придумывать решения задач, их поиск за него будут осуществлять нейросетевые технологии [7].

Рассмотрим теперь примеры задач и соответствующей им информации, которая может быть структурирована в БД для их совместного использования с нейросетями на практике:

1. Оценка кредитоспособности клиента при выдаче кредитов. На базе алгоритма строятся скоринговые карты (оценка того, стоит ли выдавать клиенту кредит), принципы данного скоринга (на чем и насколько строго он основывается, например, на кредитной истории или поведении клиента). Для операций берутся базы с информацией. Это позволяет проводить выбранную кредитную политику и снижать уровень просроченной задолженности.

2. Медицинская диагностика. Алгоритм, обрабатывая накопленные в БД данные клинических исследований, моделирует сложные зависимости между симптомами и заболеваниями. Это позволяет поставить верный диагноз, произвести мониторинг состояния пациента, оценить эффективность лечения.

3. Анализ миграции клиентов, в котором оценивается перемещение клиентов между поставщиками товаров и услуг. Алгоритм позволяет оценить вероятность ухода клиента и влияние на это факторов, определить то, насколько он является значимым для компании. На основе результатов таких исследований можно разработать методы работы с клиентами, чтобы повысить их лояльность к компании [8].

Для этих и многих других задач необходимо использовать наиболее оптимальное взаимодействие технологий. Существуют разные подходы к применению ИНС при работе с БД, чаще всего они основываются на том, какая задача конкретно требует решения и каким образом будет храниться информация.

Удобнее всего в качестве структуры для хранения данных будет использовать SQL (Structured Query Language) – основной интерфейс работы с реляционными БД, который стал стандартом Национального института стандартов США (ANSI) в 1986 году. Стандарт ANSI SQL поддерживается всеми популярными ядрами реляционных БД. SQL используется для добавления, обновления и удаления строк данных, извлечения наборов данных для обработки транзакций и аналитических приложений, а также для управления всеми аспектами работы базы данных [8].

При определении методики нейросети появляется ряд сложностей, одна из которых – проблема выбора наилучшего вида сети, значений параметров и особенностей структуры, которые бы соответствовали решаемой задаче [9]. В реальных случаях встречаются такие ситуации, когда количество образцов для тренировки нейросети ограничено, вследствие чего определение сложности задачи, которое необходимо для выбора вида сети, становится затруднительным. Возможно выделить три основных уровня сложности. Первый (самый простой) – когда классы можно разделить прямыми линиями (или гиперплоскостями, если пространство входов имеет размерность больше двух), так называемая линейная разделимость. Во втором случае классы невозможно разделить линиями (плоскостями), но их возможно отделить с помощью более сложного деления – нелинейная разделимость. В третьем случае классы пересекаются и можно говорить только о вероятностной разделимости (рис. 2).

В практических задачах зачастую заранее не известно, какой сложности (размера) может потребоваться сеть для достаточно точной реализации отображения. Эта сложность может оказаться чрезмерно высокой, что потребует сложной архитектуры сетей. Исходные данные обязательно должны быть непротиворечивы. Для решения этой проблемы необходимо увеличить количество признаков. Но это преобразование не должно быть чрезмерным, так как может привести к тому, что к некоторым признакам не будут подобраны необходимые образцы. К тому же необходимо определить способ представления входных данных для нейронной сети, т.е. определить способ нормирования.

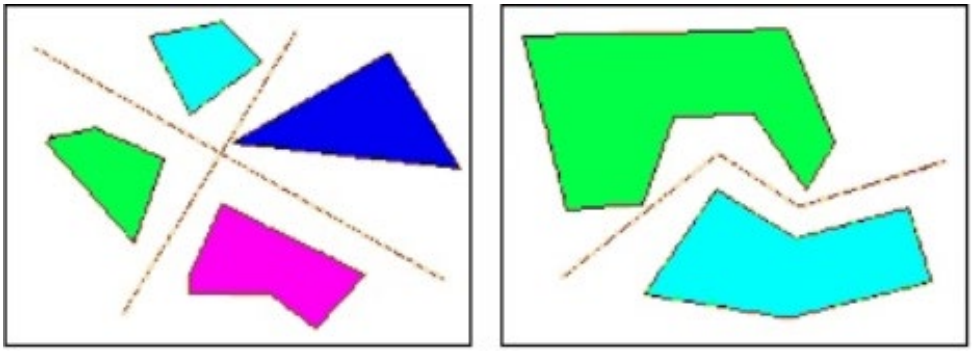


Рис. 2. Линейно и нелинейно разделимые классы

Нейросеть должна грамотно воспринимать информацию, подаваемую на вход в БД, т. е. у каждого нового образца должны быть заданы параметры, по которым последует нормировка. Правильный выбор объема сети имеет большое значение. Существуют два основных подхода к построению сети – конструктивный и деструктивный. При первом из них вначале берется сеть минимального размера, и постепенно увеличивают ее до достижения требуемой точности. При этом на каждом шаге ее заново обучают. При деструктивном подходе вначале берется сеть завышенного объема, и затем из нее удаляются узлы и связи, мало влияющие на решение. Для построения БД более логично будет выбрать конструктивный подход, поскольку информация в активно используемых информационных структурах имеет свойство увеличиваться со временем, следовательно, изначально задать какой-либо максимум размера хранимой информации будет сложно [10].

Учтем также, что бывают версии сетей, сходные по структуре, но несколько различные в функционировании при определении способа обращения с нейронами при обучении нейросети. По способу установки состояний нейронов сети делятся на синхронные и асинхронные. При синхронном функционировании состояние всех нейронов сети устанавливается одновременно. При асинхронном в каждый конкретный момент времени существует возможность изменения значения только одного нейрона. В модели Хопфилда могут быть реализованы детерминированный и/или стохастический алгоритмы. Процесс функционирования нейронной сети является многоитерационным. Каждая итерация включает в себя два шага: выбор нейрона-кандидата, формирование состояния выбранного нейрона-кандидата. Отличие стохастического функционирования от детерминированного заключается в методе выбора нейрона-кандидата (позже будет рассматриваться этот процесс более досконально). При стохастическом кандидатом на переключение является нейрон, выбранный случайно благодаря генерации случайных чисел. Таким образом, возможны такие ситуации, что в процессе функционирования состояние некоторых нейронов не анализировалось. При детерминированном функционировании нейроны становятся кандидатами на изменение своего состояния в порядке следования своих номеров.

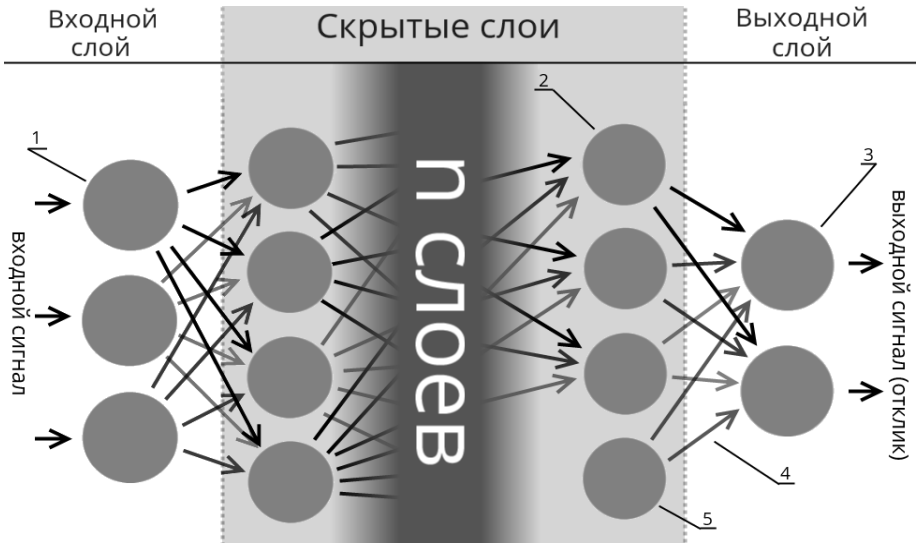


Рис. 3. Пример строения ИНС

Общий способ построения нейросети. ИНС состоит из вычислительных единиц, которые получают информацию, производят над ней простые вычисления и передают ее дальше. Они делятся на несколько типов (рис. 3): входные, скрытые,

выходные и смещения. У каждого из нейронов есть 2 параметра: входные и выходные. У входных нейронов и у нейронов смещения эти параметры равны, но их различие в том, что у нейронов смещения эти параметры всегда равны 1. У всех остальных входными данными будет являться обобщенная информация всех нейронов предыдущего слоя. Если нейронная сеть состоит из большого количества нейронов, то вводится такое понятие, как слои. Таким образом, есть входной слой, который получает информацию, некоторое количество скрытых слоев и выходной слой, который и выводит результат. Нейроны соединены с помощью синапсов, у которых есть один параметр – вес, благодаря которому входная информация обрабатывается и преобразуется в конечный результат. Нужно отметить, что во время инициализации нейронной системы веса синапсов расставляется случайно.

Нейроны работают с числами в диапазоне [0;1] или [-1;1], поэтому если во входных данных нейрон получит значение, не попадающее в этот диапазон, то это число пропускается через функцию активации. Сигмоид – самая распространенная функция активации. Ее диапазон [0;1], поэтому она не может работать с отрицательными значениями

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (1)$$

Использование нейронной сети для анализа базы данных включает в себя следующие этапы. Для начала нужно сформировать SQL-запрос для работы с нейронной сеть (согласно описанному ранее стандарту). Затем сформировать словарь содержимого полей SQL-запроса. Далее необходимо обучить ИНС. Следующим шагом должен стать поиск ассоциаций или прогноз значений полей БД. Последний этап и представляет собой процесс работы нейросети. Рассмотрим пример работы небольшого участка нейронной сети (рис. 4).

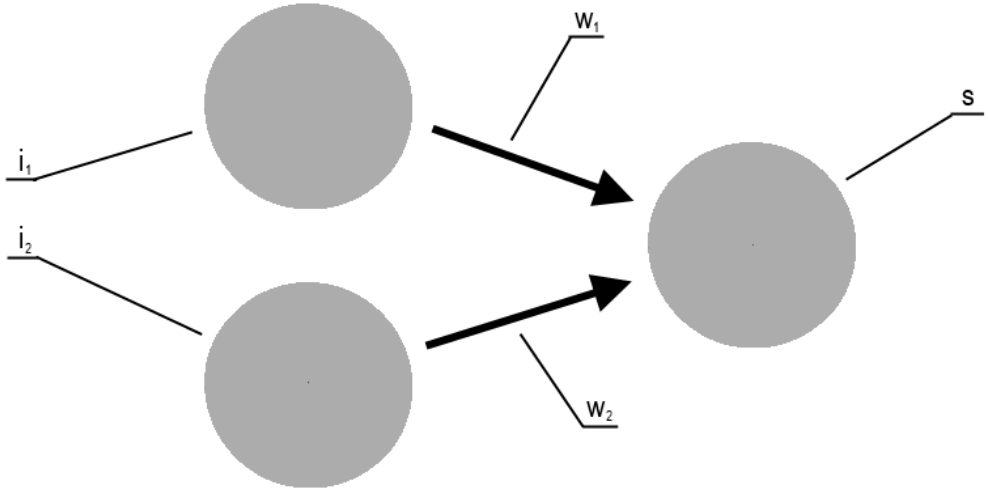


Рис. 4. Небольшой участок ИНС: i_1 и i_2 – входные нейроны, W_1 и W_2 – веса синапсов, S – скрытый нейрон

У S в данном случае есть такие параметры, как $S_{\text{вход}}$ – входная информация и $S_{\text{выход}}$ – выходная информация. В данном случае обобщенной информацией предыдущего слоя будет являться сумма произведений значений входных нейронов и веса их синапсов

$$S_{\text{вход}} = (i_1 W_1) + (i_2 W_2) \quad (2)$$

Теперь получим выходное значение $S_{\text{выход}}$, воспользовавшись функцией активации

$$S_{\text{выход}} = f_{\text{активации}}(S_{\text{вход}}) \quad (3)$$

Далее значение передается следующему нейрону, который проводит те же операции. И таким образом цикл повторяется, пока следующим нейроном не окажется выходной.

Если запустить даже такую простую сеть, то сначала результаты, выдаваемые ею, часто будут ошибочными, так как сеть «не натренирована». Поэтому для улучшения результатов работы сеть нужно обучить. Здесь стоит обозначить некоторые понятия.

Тренировочный сет – последовательность данных, которыми оперирует ИНС. В данном случае существует всего 4 возможных решения: 0xor0=0; 1xor0=1; 0xor1=1; 1xor1=0. Осуществляется итерация, которая в нашем случае является результатом повторного прохождения нейронной сетью одного тренировочного сета, другими словами, происходит его многократное повторение [11].

Эпоха – величина, которая устанавливается в 0 при инициализации ИНС, имеющая задаваемый вручную потолок и увеличивающаяся каждый раз при прохождении сетью всех тренировочных сетов. В данном случае 4 сета или 4 итерации

$$E = \frac{(i_1-a_1)^2+(i_2-a_2)^2+\ldots+(i_n-a_n)^2}{n} \quad (4)$$

$$E = \sqrt{\frac{(i_1-a_1)^2+(i_2-a_2)^2+\ldots+(i_n-a_n)^2}{n}} \quad (5)$$

Ошибка (E) – процентная величина, показывающая расхождение между предполагаемым и полученным результатами. Каждую эпоху эта величина должна становиться меньше. Существует несколько методов выявления ошибок: MSE (4), Root MSE (4) и другие [11].

Здесь i_1, i_2, i_n – идеальные результаты каждого из сетов, a_1, a_2, a_n– полученные результаты каждого из сетов, а n – количество сетов. Существует несколько методов обучения нейросети, среди которых можно отметить метод обратного распространения, использующий алгоритм градиентного спуска. На данном графике зависимости $E(w)$ (рис. 5) глобальным минимумом будет являться точка $(w_2; E_2)$. Это значит, что выбрав вес синапса w_2 можно получить самую маленькую ошибку E_2.

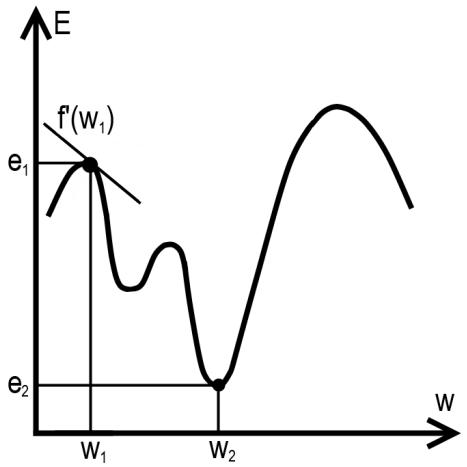


Рис. 5. График зависимости ошибки от веса синапса

Обучение сети методом обратного распространения ошибки представляет собой три этапа: подачу на вход данных с последующим распространением данных в направлении выходов, вычисление, обратное распространение соответствующей ошибки и корректировку весов. Обучение нейросети, как правило, длительный и непростой процесс, однако уже обученная и натренированная ИНС может довольно быстро выполнять свою задачу [12].

Рассмотрим общий подход к построению классификатора на основе нейронных сетей (при этом следует учитывать некоторые ограничения и детали, описанные ранее). Необходимо помнить, что для того, чтобы построить качественный классификатор, необходимо иметь качественные данные.

1. Составить базы данных из примеров, характерных для данной задачи.
2. Разделить данные на два множества: обучающее и тестовое (возможно разбиение на 3 множества: обучающее, тестовое и подтверждающее).
3. Выбрать систему признаков, характерных для данной задачи, и преобразовать данные соответствующим образом для подачи на вход сети.
4. Выбрать систему кодирования выходных значений.
5. Выбрать топологию сети: количество слоев, число нейронов в слоях и т.д.
6. Выбрать функцию активации нейронов.
7. Выбрать алгоритм обучения сети.
8. Оценить качество работы сети на основе подтверждающего множества или другому критерию, оптимизировать архитектуру (уменьшение весов, прореживание пространства признаков).
9. Остановиться на варианте сети, который обеспечивает наилучшую способность к обобщению, и оценить качество работы по тестовому множеству.
10. Выяснить степень влияния различных факторов на принимаемое решение (эвристический подход).
11. Убедиться, что сеть дает требуемую точность классификации (число неправильно распознанных примеров мало).
12. При необходимости вернуться на этап 2, изменив способ представления образцов или изменив базу данных.
13. Практически использовать сеть для решения задачи [13].

Искусственные нейронные сети и системы, основанные на них, например, системы распознавания образов, имитационное моделирование, машинное обучение, прогнозная аналитика – все это можно назвать практической реализацией так называемой прорывной технологией Big Data. Примером использования таких технологий может послужить то, что Big Data достаточно успешно используется такими корпорациями, IBM, VISA, Master Card, Google и многими другими. Также отметим работу технологии при анализе предпочтений пользователей мобильных устройств для размещения таргетированной рекламы. В последнее время различные специалисты в информационной сфере предлагают отказываться от классического термина Big Data, поскольку со временем оно приобрело неординарный характер. Одной из альтернатив, наиболее подходящих для нашей темы оказывается Data Mining. Так следует называть интеллектуальный анализ данных с целью явления закономерностей. В нем используются как технологии, так и процесс обнаружения в «сырых» данных ранее неизвестных и практически полезных знаний, еще следует отметить способность механизма обобщать и извлекать существенные особенности из поступающей информации. Методы Data Mining находятся на стыке баз данных, статистики и искусственного интеллекта [14]. Таким образом, можно сказать, что Big Data работает в сфере человеческих интересов, которые сложно оценить статистически или другими привычными методами [15].

Существуют уже ряд готовых инструментов, построенных на Data Mining. К примеру, на базе Deductor (рис. 6) реализованы сотни проектов в области глубокой аналитики. Доступ к разнородным источникам, например: офисные приложения, 1С:Предприятие, файлы, веб-сервисы, в том числе к системам управления БД. BaseGroup Labs обладает уникальной экспертизой и огромным проектным опытом в различных отраслях: банки, дистрибуция, розничная торговля, государственные органы, медицина [16].

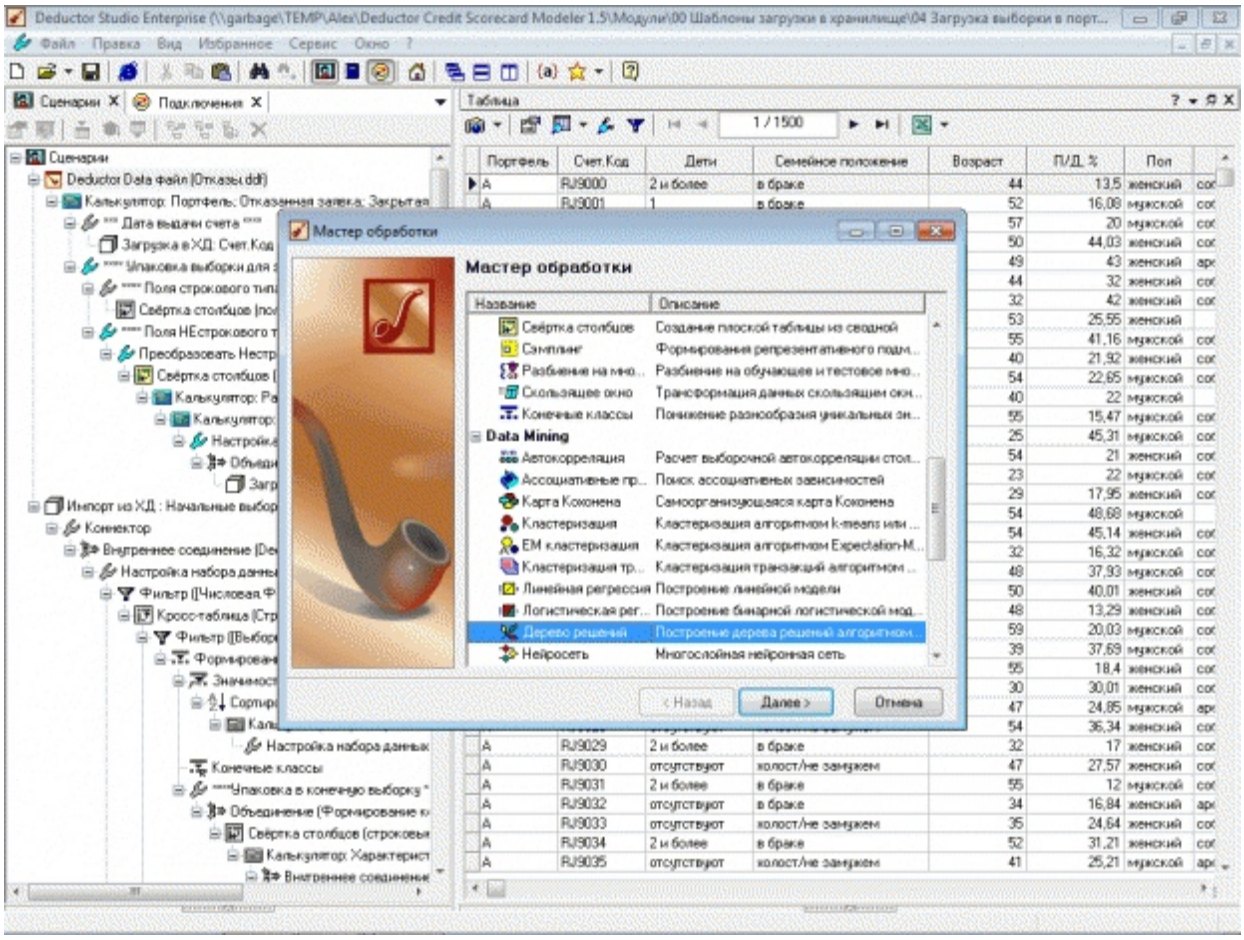


Рис. 6. Среда работы Deductor Studio

В данной программной среде возможны аналитика от простых формул до самообучающихся алгоритмов и разработка сценариев анализа без привлечения программистов. Даны все этапы цикла анализа: подготовка данных, выбор информативных признаков, очистка, моделирование, прогнозирование, постобработка и интерпретация результатов [17]. Готовые прикладные решения и использование лучших практик существенно снижают риски, сокращают сроки внедрения и повышают качество результата, избавляют от рутинных операций по обработке данных, позволяют сосредоточиться на интеллектуальной работе и формализации правил принятия решений. В этом всем можно убедиться наглядно, ведь Deductor не зря имеет большое количество пользователей.

Таким образом, в большинстве случаев совместное использование БД и ИНС при решении самых разных задач дает положительный результат. В результате рассмотрения устройства каждой из технологий и практического построения их взаимодействия, очевидно, что наиболее оптимально использовать БД как хранилище информации для обучения нейросетей, при этом необходимо иметь не просто существование хранилища набора информации, а ее упорядоченность

и достаточность в размере для построения нейросетей. ИНС, в свою очередь, обладают большим потенциалом для автоматизации процессов формирования БД и упорядочивания уже существующих.

Библиографический список

1. Тимофеев А.В. Адаптивное управление и интеллектуальный анализ информационных потоков в компьютерных сетях, 2012. 278 с.
2. Материал из RUSBASE: Мир big data в 8 терминах. URL: https://rb.ru/howto/big-data-in-8-terms (дата обращения 17.03.2019).
3. Голицына О.Л. Базы данных, 2012. 400 с.
4. Материал из GeekBrains: «Зачем нужны big data». URL: https://geekbrains.ru/posts/big_data_2 (дата обращения 17.03.2019).
5. Материал из Toster: Какую БД выбрать для хранения обучающей и тестовой выборок для нейронной сети? URL: https://toster.ru/q/276279 (дата обращения 17.03.2019).
6. Материал из Habrahabr: Нейронные сети: практическое применение. URL: https://habr.com/ru/post/322392/ (дата обращения 18.03.2019).
7. Элькин В.Д. Информационные технологии в юридической деятельности. М., 2018. 352 с.
8. Материал из BaseGroup: «Нейросеть». URL: https://basegroup.ru/deductor/function/algorithm/ neuronet (дата обращения 18.03.2019).
9. Материал из QA.ru: Лучшая практика хранения нейронной сети в базе данных. URL: http://qaru.site/questions/1170588/best-practice-for-storing-a-neural-network-in-a-database (дата обращения 18.03.2019).
10. Материал из BaseGroup: Применение нейронных сетей для задач классификации». URL: https://basegroup.ru/community/articles/classification (дата обращения 18.03.2019).
11. Материал из Habrahabr: Нейронные сети для начинающих. Часть 1. URL: https://habrahabr.ru/post/312450/ (дата обращения 18.03.2019).
12. Материал из Habrahabr: Нейронные сети для начинающих. Часть 2. URL: https://habrahabr.ru/post/313216/ (дата обращения 18.03.2019).
13. Материал из ami.nstu.ru: Использование нейронных сетей в Data Mining. URL: https://ami.nstu.ru/~vms/lecture/data_mining/n_set.htm (дата обращения 18.03.2019).
14. Материал из RUSBASE: Мир big data в 8 терминах. URL: https://rb.ru/howto/big-data-in-8-terms (дата обращения 17.03.2019).
15. Материал из GeekBrains: Зачем нужны big data. URL: https://geekbrains.ru/posts/big_data_2 (дата обращения 17.03.2019).
16. Материал из BaseGroup: Преимущества. URL: https://basegroup.ru/deductor/advantage (дата обращения 18.03.2019).
17. Материал из BaseGroup: Deductor. URL: https://basegroup.ru/deductor/description (дата обращения 18.03.2019).

УДК 621.311

Е.А. Самородова
магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении
В. А. Сердитов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕНЕРАЦИИ ТЕПЛА И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ТЭЦ

Нынешнее состояние электро- и теплоснабжения потребителей в Российской Федерации с существенным увеличением стоимости электроэнергии и тепла за последнее десятилетие характеризуется снижением инвестиционной привлекательности отрасли.

Снижается эффективность централизованного теплоснабжения. Текущее использование тепловой мощности источников тепла в период нагрева составляет менее 30%. Снижается топливная эффективность на тепловых электростанциях. Топливо, сжигаемое по сравнению с 1992 г., оценивается в 40 млрд руб. в год. Ввод в эксплуатацию современных электростанций для реализации обязательной инвестиционной программы в рамках реформы РАО «ЕЭС России» (программа DPM) и восстановление Саяно-Шушенской ГЭС не обеспечил ожидаемого эффекта на повышение эффективности мощности системы [1].

План снятия с эксплуатации невостребованного оборудования не выполняется, что приводит к необоснованному увеличению стоимости электроэнергии и тепла для конечных пользователей. Объем невостребованной электрической мощности в настоящее время превышает 20 000 МВт, а в ближайшие несколько лет достигнет 30 000 МВт. Дополнительное финансовое бремя для потребителей электрической энергии (мощности) превышает 30 млрд руб. в год и продолжает расти. Ресурс повышения эффективности отрасли не используется.

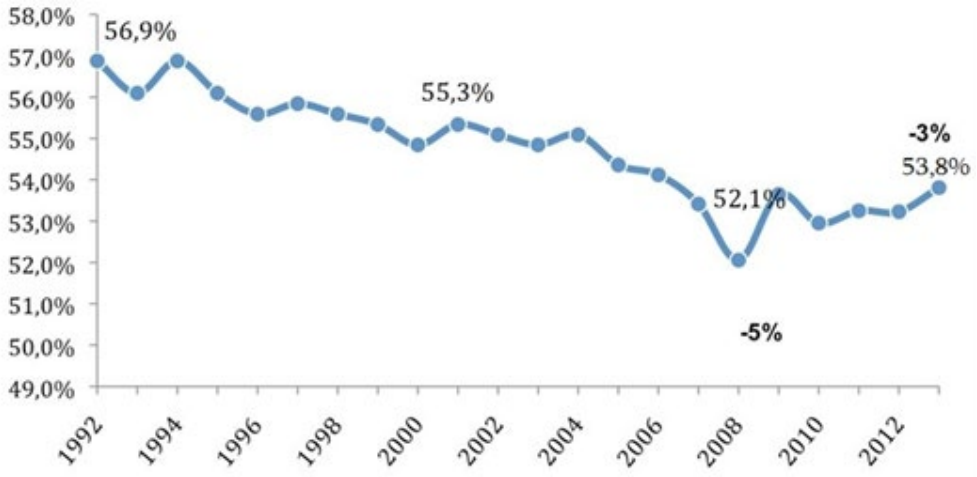


Рис. 1. Динамика коэффициента полезного использования топлива на тепловых электростанциях с 1992 по 2013 гг. [1]

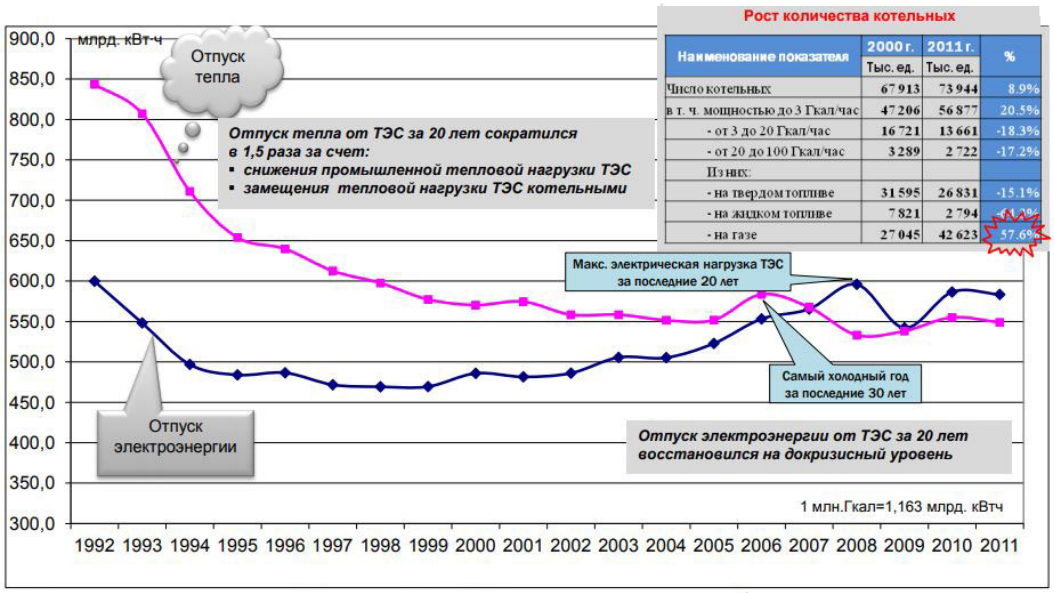
Электрическая и тепловая энергетика Российской Федерации ориентирована на внутренний эффективный спрос со стороны промышленных потребителей и населения. Рост стоимости электрической и тепловой энергии, не обеспеченный реальным ростом экономики и доходов домашних хозяйств, в парадигме рынка приводит к снижению эффективного спроса, в том числе в результате прекращения деятельности предприятий, снижения уровня благосостояния населения и,

как следствие, увеличение неуплаты [1]. Таким образом, решение проблем в отрасли исключительно за счет повышения стоимости электрической энергии и тепла является неприемлемым.

Одной из основных причин нынешней ситуации является искусственное разделение энергетической системы Российской Федерации на оптовые и розничные рынки электроэнергии (мощности) и рынок тепла, а также разделение полномочий и ответственность за регулирование отдельных частей системы. Необходимо создать интегрированную систему управления отраслью, создать систему согласованных целей и контрольных показателей в рамках выполнения поручений Президента Российской Федерации по развитию и диверсификации экономики страны, а также создание квалифицированных рабочих мест [2].

Сегодня в России около трети используемой тепловой энергии производится на ТЭЦ. То есть, в когенерации есть место для роста. По расчетам специалистов McKinsey & Company, которые год назад проводили исследование в России в рамках глобального проекта по количественной оценке мер, направленных на повышение энергоэффективности и сокращение выбросов парниковых газов, увеличение доли ТЭЦ путем постепенного замещения 16% существующих мощностей котельных позволит России сэкономить около 12 млн т топлива. Согласно альтернативным расчетам, мощность нынешних ТЭЦ позволяет сэкономить 35 млн т стандартного топлива [3].

В целях сохранения конкурентоспособности ТЭЦ регулирующий орган, представленный Министерством топлива и энергетики Российской Федерации, представил в 1996 г. новую методологию (РД 34.08.552-95), которая по-прежнему действует. Этот метод можно назвать «компромиссом». Это позволило снизить удельный расход топлива ТЭЦ на тепловую энергию и увеличить его на электроэнергию, доведя их до уровней, которые получаются путем генерирования такого же количества энергии в отдельной схеме для производства тепла и электричества. В результате изменения метода удельный расход топлива для всех ТЭЦ для тепловой энергии снизился на 18,5%, а для электроэнергии – на 10,9%. Темпы снижения теплоотдачи от ТЭЦ замедлились. Если с 1992 по 1996 гг. ежегодное снижение теплоснабжения ТЭЦ составило 5%, то с 1996 по 2007 гг. оно составляло 1,74% [4]. Снижение теплоснабжения тепловых электростанций и котельной представлено на рис. 2.



Рост количества котельных

Наименование показателя	2000 г. Тыс. ед.	2011 г. Тыс. ед.	%
Число котельных	67 913	73 944	8.9%
в т. ч. мощностью до 3 Гкал/час	47 206	56 877	20.5%
- от 3 до 20 Гкал/час	16 721	13 661	-18.3%
- от 20 до 100 Гкал/час	3 289	2 722	-17.2%
Из них:			
- на твердом топливе	31 595	26 831	-15.1%
- на жидком топливе	7 821	2 794	-64.2%
- на газе	27 045	42 623	57.6%

Рис. 2. Снижение объемов отпуска тепловой энергии тепловыми электростанциями и котельнизация

Доля электроэнергии, производимой коммунальными предприятиями в режиме производства тепла и электроэнергии, снизилась с 34% в конце 1980-х годов до 28% в 2011 г. Топливо, сжигаемое на тепловых электростанциях, по сравнению с 1992 г. составляет около 37 млн т в год. Количество небольших котлов с 2000 по 2011 гг. увеличилось на 20%. Количество котлов, сжигающих природный газ, увеличилось более чем в 1,5 раза [5].

Однако новый метод не изменил основной недостаток цен, который полностью связан с порядком разделения топлива между производством обоих видов энергии в объединенном едином производственном цикле, не учитывает различные экономические условия спроса на энергетических рынках и не создает возможности для гибкого поведения ТЭЦ в этом контексте.

Таким образом, игнорируется, что комбинированное производство представляет собой единый технологический, термодинамический цикл, физически неразделимый, и только в этом заключается экономически эффективное совместное производство обоих типов энергии, жестко связанных для каждого режима работы оборудования ТЭЦ.

Библиографический список

1. Некрасов А.С., Воронина С.А. Состояние и перспективы развития теплоснабжения в России // Электрические станции. 2004. № 5. С. 2-8.

2. Денисов В.И. Методические особенности обоснования вариантов обновления объектов электроэнергетики // Электрические станции. 2003. № 5. С. 2-7.

3. Кудинов А.А., Зиганшина С.К. Основы централизованного теплоснабжения. Самара: СамГТУ. 2007. С. 148.

4. Ильин Е.Т. Рынок электрической энергии и проблемы развития теплофикации // ЭнергоРынок. 2009. . № 3. С. 32-34.

5. Семенов В.Г. Анализ возможности работы ТЭЦ на рынке электрической энергии // Новости теплоснабжения. 2007. № 6.

УДК 629.3.01

Д.А. Самофалов
студент кафедры механики, мехатроники и робототехники
А. Безмен – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель
Юго-Западный государственный университет, г. Курск

КИНЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

В наши дни актуален вопрос реабилитации людей с проблемами верхних конечностей. После некоторых заболеваний и травм, не позволяющих осуществлять нормальное движение, требуется сложный и длительный процесс реабилитации. В последние годы активно стало развиваться направление механотерапии. Основной задачей тренажеров данного типа является реабилитация человека и восстановление естественного паттерна движения конечности.

Рассмотрим кинематические характеристики тренажера для верхних конечностей на примере левого плеча устройства. Схема левого плеча мехатронного модуля представлена на рис. 1.

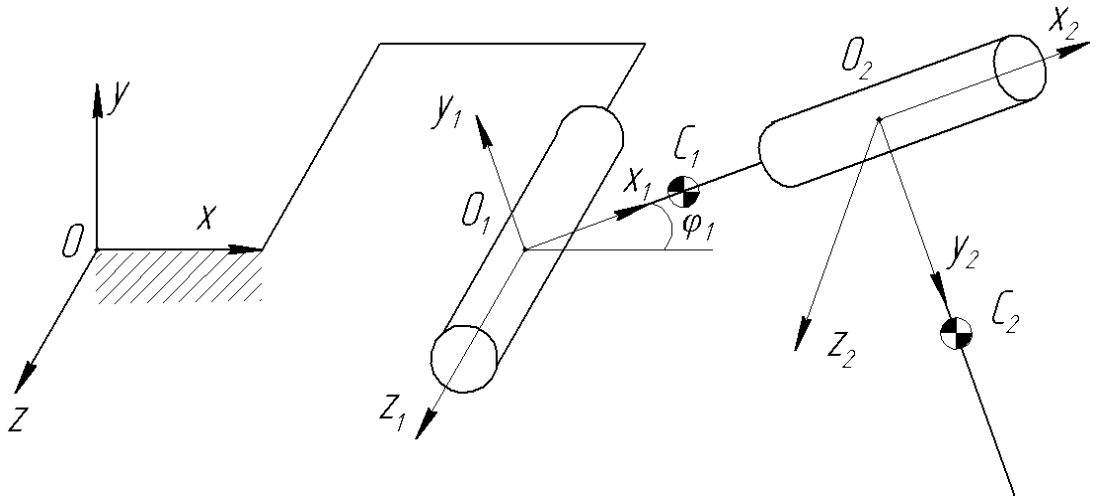


Рис.1. Схема левого плеча тренажера

Пусть расстояние от точки Oдо точки O_1 равноl_1, расстояние от точки O_1до точки O_2 равно l_2, расстояние от точки O_2до точки O_3 равно l_3, расстояние от точки O_3до точки O_4 равно l_4. Считаем, что центры масс электрических приводов C_1 иC_2 совпадают с точками O_1 и O_2 соответственно, а масса третьего звена равномерно распределена по его длине и находится в точке C_3.

Для определения положения точек электроприводов, шарниров и центров масс звеньев механизма введем начальную систему координат $Ox_0y_0z_0$ и системы координат $Ox_1y_1z_1$, $Ox_2y_2z_2$, связанные с первым и вторым электроприводами механизма соответственно.

Составим матрицы перехода между заданными системами координат:

Матрица T_{10} – матрица перехода между системами координат $Ox_0y_0z_0$ и $Ox_1y_1z_1$:

$$T_{10} = \begin{bmatrix} \cos\varphi_1 & -\sin\varphi_1 & 0 \\ \sin\varphi_1 & \cos\varphi_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Матрица T_{21} – матрица перехода между системами координат $Ox_1y_1z_1$ и $Ox_2y_2z_2$:

$$T_{21} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\varphi_2 & -\sin\varphi_2 \\ 0 & \sin\varphi_2 & \cos\varphi_2 \end{bmatrix}.$$

Найдем матрицу перехода T_{20} между системами координат $Ox_0y_0z_0$ и $Ox_2y_2z_2$, путем перемножения матриц перехода T_{10} и T_{21}:

$$T_{20} = \begin{bmatrix} \cos\varphi_1 & -\cos\varphi_2 \cdot \sin\varphi_1 & \sin\varphi_1 \cdot \sin\varphi_2 \\ \sin\varphi_1 & \cos\varphi_1 \cdot \cos\varphi_2 & -\cos\varphi_1 \cdot \sin\varphi_2 \\ 0 & \sin\varphi_2 & \cos\varphi_2 \end{bmatrix}.$$

Определим положение первого электропривода механизма. Расстояние от точки O до точки O_1 в системе координат $Ox_0y_0z_0$ определяется радиус-вектором:

$$\overrightarrow{R_{OO1}^{(0)}} = \begin{bmatrix} l_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Определим положение центра масс первого звена механизма. Расстояние от точки O_1 до точки C_1 в системе координат $Ox_1y_1z_1$ определяется радиус-вектором:

$$\overrightarrow{R_{O1C1}^{(1)}} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} \cdot l_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Определим положение второго электропривода механизма. Расстояние от точки O_1 до точки O_2 в системе координат $Ox_1y_1z_1$ определяется радиус-вектором:

$$\overrightarrow{R_{O1O2}^{(1)}} = \begin{bmatrix} l_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Определим положение центра масс второго звена механизма. Расстояние от точки O_2 до точки C_2 в системе координат $Ox_2y_2z_2$ определяется радиус-вектором:

$$\overrightarrow{R_{O2C2}^{(2)}} = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{2} \cdot l_3 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Положение точки C_1 в системе координат $Ox_0y_0z_0$ определяется радиус-вектором:

$$\overrightarrow{R_{C1}^{(0)}} = \overrightarrow{R_{O1}^{(0)}} + T_{10}.\overrightarrow{R_{O1C1}^{(1)}} = \begin{bmatrix} \frac{cos\varphi_1 \cdot l_2}{2} + l_1 \\ \frac{sin\varphi_1 \cdot l_2}{2} \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Положение точки C_2 в системе координат $Ox_0y_0z_0$ определяется радиус-вектором:

$$\overrightarrow{R_{C2}^{(0)}} = \overrightarrow{R_{O1}^{(0)}} + T_{10}.\overrightarrow{R_{O1O2}^{(1)}} + T_{20}.\overrightarrow{R_{O1C2}^{(2)}} = \begin{bmatrix} cos\varphi_1 \cdot l_2 + l_1 - \frac{cos\varphi_2 \cdot sin\varphi_1 \cdot l_3}{2} \\ sin\varphi_1 \cdot l_2 + \frac{cos\varphi_1 \cdot cos\varphi_2 \cdot l_3}{2} \\ \frac{sin\varphi_2 \cdot l_3}{2} \end{bmatrix}.$$

$$r0C1(q,l) := r0O1(l) + T10(q)\cdot r1O1C1(l)\ \text{simplify} \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{\cos(q_0)\cdot l_1}{2} + l_0 \\ \frac{\sin(q_0)\cdot l_1}{2} \\ 0 \end{pmatrix}$$

Рис. 2. Листинг программы для нахождения вектора $\overrightarrow{R_{C1}^{(0)}}$

$$r0C2(q,l) := r0O1(l) + T10(q)\cdot r1O1O2(l) + T20(q)\cdot r2O2C2(l)\ \text{simplify} \rightarrow \begin{pmatrix} \cos(q_0)\cdot l_1 + l_0 - \frac{\cos(q_1)\cdot\sin(q_0)\cdot l_2}{2} \\ \sin(q_0)\cdot l_1 + \frac{\cos(q_0)\cdot\cos(q_1)\cdot l_2}{2} \\ \frac{\sin(q_1)\cdot l_2}{2} \end{pmatrix}$$

Рис. 3. Листинг программы для нахождения вектора $\overrightarrow{R_{C2}^{(0)}}$

На рис. 2 и 3 представлен листинг программы для нахождения векторов $\overrightarrow{R_{C1}^{(0)}}$ и $\overrightarrow{R_{C2}^{(0)}}$

В данной статье были изучены кинематические характеристики мехатронного модуля реабилитационного тренажера для верхних конечностей. С помощью программного пакета Mathcad разработана математическая модель мехатронного модуля, позволяющая в дальнейшем решать более сложные задачи, такую как динамический анализ объекта.

Библиографический список

1. Самофалов Д.А. Анализ моделей реабилитационных комплексов / Самофалов Д.А., Медведев Д.Ю. // Наука молодых – будущее России: сб. науч. ст. 2-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых (13-14 декабря 2017 г.), в 5-х т. Том 5. Курск: ЗАО Университетская книга, 2017. С. 164-168.

2. Медведев Д.Ю., Абросимов Я.А., Яцун А.С. Исследование управляемого движения руки реабилитационного экзоскелета по заданной траектории / Вибрационные технологии, мехатроника и управляемые машины: сб. науч. ст.: в 2 ч. Ч. 2. Курск: ЮГЗУ 2016. С. 222-228.

3. Jatsun S. et al. Study of controlled motion of exoskeleton moving from sitting to standing position / Advances in Robot Design and Intelligent Control. – Springer, Cham, 2016. С. 165-172.

4. Jatsun S., Savin S., Yatsun A. Parameter optimization for exoskeleton control system using sobol sequences //Symposium on Robot Design, Dynamics and Control. – Springer, Cham, 2016. С. 361-368.

5. Jatsun S. et al. Adaptive control system for exoskeleton performing sit-to-stand motion //2015 10th International Symposium on Mechatronics and its Applications (ISMA). IEEE, 2015. С. 1-6.

6. Jatsun S. et al. Control system parameter optimization for lower limb exoskeleton with integrated elastic elements //Advances in Cooperative Robotics. 2017. С. 797-805.

УДК 338.1

Е. Ф. Сапронова
магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении
Г. С. Армашова-Тельник – кандидат экономических наук, доцент –
научный ру-ководитель

КОНЪЮНКТУРА ОТРАСЛИ ВИЭ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В настоящее время, в связи с прогнозируемым сокращением запасов нефти и угля, все чаще стал появляться вопрос о необходимости развития возобновляемых источников энергии.

Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) не оказывает серьезного негативного воздействия на окружающую среду. Они являются экологически чистыми источниками энергии.

Серьезным недостатком ВИЭ является невысокая вырабатываемая мощность, непостоянство во времени, а также дороговизна оборудования, необходимого для конструирования установок.

К возобновляемым источникам энергии относятся: энергия солнца, геотермальная энергия, энергия ветра и воды, а также энергия приливов.

В структуре топливно-энергетического баланса нашей страны ведущая роль принадлежит таким энергоресурсам как нефть и газ. По данным МИНЭНЕРГО за 2017 г. на возобновляемые источники энергии приходится 0,3% генерируемой мощности от всей единой энергосистемы России.

На рис. 1 приведена диаграмма генерации мощностей единой энергетической системы (ЕЭС) России за 2017 г. [1].

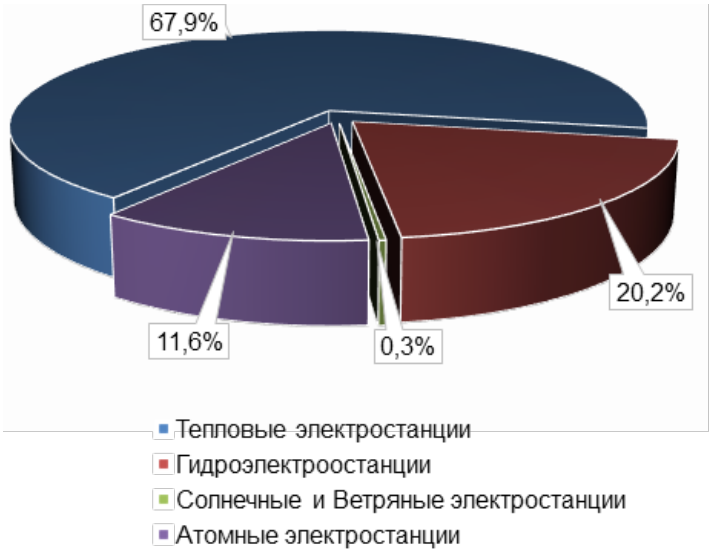


Рис. 1. ЕЭС России за 2017 г.

Потенциал возобновляемых источников энергии зависит от экономической и региональной составляющих. Исходя из вышесказанного можно сделать вывод что, в России приоритетом развития отрасли ВИЭ являются ветряные и солнечные энергосистемы:

1. Солнечная энергетика.

Россия обладает достаточным потенциалом солнечной энергии. На 2018 г. существуют 2 крупные солнечные электростанции: солнечная электростанция (СЭС) «Уран» и СЭС «Нептун».

Сорочинская солнечная электростанция «Уран» занимает площадь в 120 гектар и включает в себя более 200 тысяч фотоэлементов. Мощность электростанции измеряется в 60 МВт.

Новосергиевская солнечная электростанция «Нептун» является вторым объектом в России, обладая мощностью, равной 45 МВт. Площадь электростанции составляет 92 гектара и включает в себя 150 тысяч фотоэлементов.



Рис. 2. Потенциал солнечной энергетики в России [2]

К сожалению, потенциал солнечной энергетики в России возможен лишь только для отдельных регионов, таких как: Дальневосточный округ, Западная и Южная Сибирь, Северный Кавказ.

В то же время происходит реализация проектов возобновляемых источников энергии. До конца 2020 года планируется реализовать проект СЭС-4 В Самарской области с планируемой мощностью 30МВт.

2. Энергия ветра.

На 2017 год в России установленная мощность ветроэлектростанций (далее – ВЭС) составила 134,4 МВт [1].

Основные ветропарки перечислены в табл. 1.

Таблица 1

Ветропарки России*

Название	Регион	Мощность, МВт	Год ввода в эксплуатацию
Ульяновская ВЭС-2	Ульяновская область	50	Январь 2019
Ульяновская ВЭС	Ульяновская область	35	2018
Сакская ВЭС	Крым	20	1998
Тарханкутская ВЭС	Крым, Черноморский район	16	2001

**Таблица составлена автором.*

Основываясь на потенциале ветряной энергетики в России (рис.2) к 2020 году «Росатом» построит ветропарки на юге России: в Республике Адыгея (Шовгеновский, Гиагинский и Кошехбальский районы) и в Краснодарском крае (Тюменский район)[4].

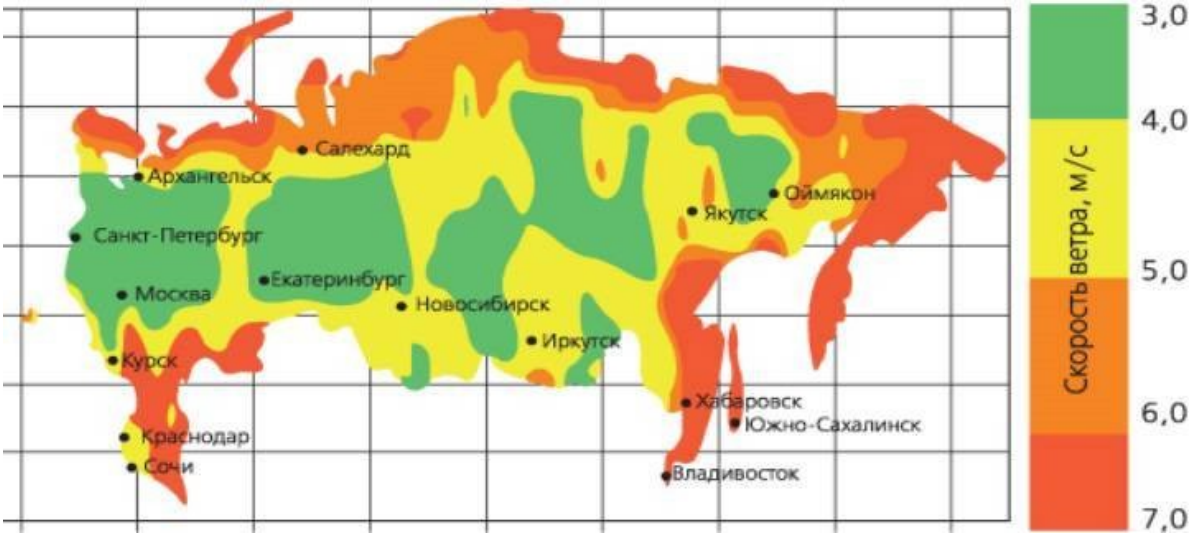


Рис. 3. Потенциал ветряной энергетики в России [3]

Проведенный анализ позволяет выявить несколько проблем.

1. Региональные особенности включают в себя такие моменты, как неразвитость инфраструктуры в условиях крайнего Севера, удаленность поселении друг от друга, перенасыщенность энергетического рынка уже существующими мощностями в Европейской части России.

2. Другая проблема связана с отсутствием требований системных операторов в части резервирования оборудования бесперебойности выдачи электроэнергии. Однако избыточное дублирование возобновляемых источников энергии традиционной генерацией является экономически и технически нецелесообразным [5].

3. Ветряные и солнечные электростанции занимают большие площади земли. Существуют сложности при переводе земель сельскохозяйственного назначения в земли промышленности и энергетики [5].

4. Недостаток квалифицированных кадров. На сегодняшний день профильных кафедр по ВИЭ практически не существуют. С ростом отрасли структура обучения специалистов должна быть улучшена [5].

Несмотря на изложенные проблемы, существует ряд перспектив развития ВИЭ в России:

1. В данный момент темпы роста энергетического рынка в России значительно отстают от стран с развитой ВИЭ. Тем не менее, последние конкурсные отборы можно рассматривать как новый старт, который приведет к строительству в ближайшем будущем. Однако для того, чтобы вывести ВИЭ России на конкурентоспособный мировой уровень, для российского рынка потребуется введение гораздо большего объема мощностей.

2. В настоящее время энергопотребление отдельных регионов составляет 6 ГВт. В течение 15- 20 лет большая часть данных территорий может быть замещена энергокомплексами на основе совместного использования возобновляемых и традиционных источников энергии. Таким образом, полное энергоснабжение в России в отдаленных районах может быть покрыто комбинацией всех технологий на основе ВИЭ. Такая замена позволит сэкономить десятки миллиардов рублей в год за счет экономии дизельного топлива [5].

В регионах России потенциал ВИЭ огромен, но существуют только несколько станций, работающих на их основе. Это связанно с отсутствием знаний о механизмах работы ВИЭ. Одним из основных способов решения этой проблемы является создание первых проектов, финансируемых государством.

Для решения проблем, связанных с системными операторами необходимо создать общий норматив, регулирующий взаимодействие ВИЭ с остальной энергетической системой.

В инновационные проекты необходимо подключать также университеты, на базе которых будет создаваться фонд высококвалифицированных специалистов, способных к обслуживанию и модернизации ВИЭ установок.

До недавнего времени, из-за огромных запасов традиционного энергетического сырья, вопросу развития и использования ВИЭ уделялось крайне мало внимания. На сегодняшний момент ситуация меняется. Необходимость борьбы за экологию и стремление к повышению эффективности экономического развития способствуют продвижению ВИЭ в государственном масштабе.

Библиографический список

1. МИНЭНЕРГО. URL: https://minenergo.gov.ru/node/532 (дата обращения 12.02.2019).

2. Solarhome. URL: http://www.solarhome.ru/biblio/solar/popel2.htm (дата обращения 12.02.2019).

3. Ecology of technology economy. URL: https://ecoteco.ru/library/magazine/zhurnal-9/tehnologii/karta-vetrov-rossii/ (дата обращения 12.02.2019).

4. Росатом. URL: https://rosatom.ru/ (дата обращения 12.02.2019).

5. Worldwindenergyassociation. Перспективы ветроэнергетического рынка в России. URL:http://www.wwindea.org/wp-content/uploads/2017/06/170612-FES-Windenergie-rus-print.pdf (дата обращения 12.02.2019).

УДК 681.515

А.И. Семенов
студент кафедры управления в технических системах
М.В. Бураков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ СЕГВЕЯ В ВЕРТИКАЛЬНОМ ПОЛОЖЕНИИ ПОД УПРАВЛЕНИЕМ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА

При управлении двухколесным транспортным средством возникает проблема обеспечения динамической стабилизации сегвея в вертикальном положении. Решением столь трудной задачи является применение регуляторов, основанных на нечеткой логике. В отличие от ПИД – регуляторов и линейных контроллеров нечеткие регуляторы с точки зрения быстродействия превосходят своих конкурентов, но уступают в энергозатратности.

Многие исследователи работали над управлением сегвея. Методы Эйлера-Лагранжа реализованы в работах [1, 8, 2, 3], метод уравнений Ньютона-Эйлера использован в [4, 5].

В работе [6, 7] моделирование модели сегвея выполняется с использованием метода моделирования Кейна, которое дает лучшее представление модели.

Сегвей представляет собой механическую систему с нелинейной динамикой. Он имеет три степени свободы, а два колеса управляются двумя двигателями для обеспечения движения по всем направлениям. Сегвей имеет особенность разворота на месте [8].

Для получения динамической модели сегвея используется метод Эйлера-Лагранжа. На рис. 1 и в табл. 1 обозначены параметры, необходимые для построения математической модели сегвея, а также обозначены 3 параметра, обозначающие степени свободы сегвея: x – поступательное движение, φ – угол наклона вертикальной оси,ψ – угол рыскания.

Таблица 1

Параметры сегвея

Параметр	Обозначение	Значение
Масса сегвея	M_b	13.3 кг
Масса колеса	M_w	1.89 кг
Центр массы	d	0.13 м
Диаметр колеса	R	0.13 м
Расстояние между колесами	L	0.325 м
Моменты инерции тела относительно оси X	I_x	0.1935 кг·м^2
Моменты инерции тела относительно оси Z	I_z	0.3379 кг·м^2
Моменты инерции колеса относительно центра	I_a	0.1229 кг·м^2
Ускорение свободного падения	g	9.81 м/с^2

Из общей формулы Лагранжа

$$L = T - V, \quad (1)$$

где T – полная кинетическая энергия системы, V–полная потенциальная энергия системы.

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{x}_l}\right) - \frac{\partial L}{\partial x_i} = Q_i, \quad (2)$$

где Q_i – прикладываемый момент.

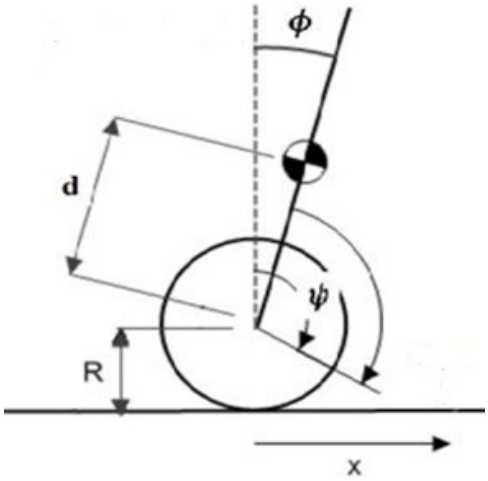


Рис. 1. Модель сегвея

Полная кинетическая энергия тела представлена в формуле (3):

$$T = T_B^T + T_B^R + T_W^T + T_W^R, \tag{3}$$

где T_B^T– кинетическая энергия поступательного движения тела; T_B^R–кинетическая энергия вращательного движения тела; T_W^T – кинетическая энергия поступательного движения колеса,T_W^R–кинетическая энергия вращательного движения колеса.

Кинетическая энергия линейного поступательного движения тела

$$T_B^T = X + L\sin\phi.$$

Из общей формулы крутящего момента представим энергию вращательного движения тела:

$$T_B^R = \frac{1}{2}\left[I_x\dot{\phi}^2 + I_y\dot{\psi}^2(\sin\phi)^2 + I_z\dot{\psi}^2(\cos\phi)^2\right], \tag{4}$$

Кинетическая энергия колеса:

$$T_w = \left(M_w + \frac{I_a}{R^2}\right)\left(\dot{x}^2 + L^2\dot{\psi}^2\right), \tag{5}$$

Полная потенциальная энергия определяется (6):

$$V = M_b g d\cos\phi + M_b g R \tag{6}$$

Из уравнения (1)

$$\begin{aligned} L = {} & \left[\frac{M_b}{2} + M_w + \frac{I_a}{R^2}\right]\dot{x}^2 + \left[M_b d^2 + \frac{1}{2}I_x\right]\dot{\phi}^2 \\ & + \left[\left(M_w + \frac{I_a}{R^2}\right)L^2 \right. \\ & \left. + \frac{1}{2}\left(I_z(\cos\phi)^2 + I_y(\sin\phi)^2 + M_b d(\sin\phi)^2\right)\right]\dot{\psi}^2 + M_b d\cos\phi\,\dot{x}\dot{\phi} \\ & - [M_b g d\cos\phi + M_b g R] \end{aligned} \tag{7}$$

Учитывая ось x:

$$\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{x}}\right) = \left[M_b + 2M_w + \frac{2I_a}{R^2}\right]\dot{x} + M_b d\cos\phi\,\dot{\phi}, \tag{8}$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{x}_l}\right) = \left[M_b + 2M_w + \frac{2I_a}{R^2}\right]\ddot{x} - M_b d\sin\phi\,\dot{\phi}^2 + M_b d\cos\phi\,\ddot{\phi}, \tag{9}$$

Уравнение (2)

$$\left[M_b + 2M_w + \frac{2I_a}{R^2}\right]\ddot{x} - M_b d\sin\phi\,\dot{\phi}^2 + M_b d\cos\phi\,\ddot{\phi} = \frac{\tau_1 + \tau_2}{R}, \tag{10}$$

Выражая из (10) $\ddot{x}$, получим:

$$\ddot{x} = \left[\frac{\tau_1 + \tau_2}{R} - M_b d\cos\phi\,\ddot{\phi} + M_b d\sin\phi\,\dot{\phi}^2\right] \Big/ \left[M_b + 2M_w + \frac{2I_a}{R^2}\right], \tag{11}$$

Тогда, выполнив соответствующие преобразования, получим координату $\ddot{\phi}$

$$\begin{aligned}\ddot{\phi} = {} & \frac{\left(M_b d^2 + I_y - I_z\right)(M_b R^2 + 2M_w R^2 + 2I_a)\sin\phi\cos\phi}{(RM_b d\sin\phi)^2 + [(M_b + 2M_w)R^2 + 2I_a]I_x + 2M_b d^2(M_w R^2 + I_a)}\dot{\psi}^2 \\ & - \frac{M_b^2 d^2 R^2 \sin\phi\cos\phi}{(RM_b d\sin\phi)^2 + [(M_b + 2M_w)R^2 + 2I_a]I_x + 2M_b d^2(M_w R^2 + I_a)}\dot{\phi}^2 \\ & + \frac{(M_b R^2 + 2M_w R^2 + 2I_a)M_b g d\sin\phi}{(RM_b d\sin\phi)^2 + [(M_b + 2M_w)R^2 + 2I_a]I_x + 2M_b d^2(M_w R^2 + I_a)} \\ & - \frac{(M_b R^2 + 2M_w R^2 + 2I_a) + M_b dR\cos\phi}{(RM_b d\sin\phi)^2 + [(M_b + 2M_w)R^2 + 2I_a]I_x + 2M_b d^2(M_w R^2 + I_a)}(\tau_1 + \tau_2)\end{aligned} \tag{12}$$

Для координаты $\ddot{x}$

$$\begin{aligned}\ddot{x} = {} & \frac{M_b dR\cos\phi\left(M_b d^2 + I_y - I_z\right)\sin\phi\cos\phi}{(M_b d^2 + I_x)(M_b R^2 + 2M_w R^2 + 2I_a) - (M_b dR\cos\phi)^2}\dot{\psi}^2 \\ & - \frac{M_b^2 d^2 g R^2 \sin\phi\cos\phi}{(M_b d^2 + I_x)(M_b R^2 + 2M_w R^2 + 2I_a) - (M_b dR\cos\phi)^2} \\ & + \frac{R^2(M_b d^2 + I_x)M_b d\sin\phi}{(M_b d^2 + I_x)(M_b R^2 + 2M_w R^2 + 2I_a) - (M_b dR\cos\phi)^2}\dot{\phi}^2 \\ & + \frac{R(M_b d^2 + I_x + M_b dR\cos\phi)}{(M_b d^2 + I_x)(M_b R^2 + 2M_w R^2 + 2I_a) - (M_b dR\cos\phi)^2}(\tau_1 + \tau_2)\end{aligned} \tag{13}$$

Для координаты $\ddot{\psi}$из уравнения Лагранжа:

$$\begin{aligned}\ddot{\psi} = {} & \frac{L}{R\left[2\left(M_w + \frac{I_a}{R^2}\right)L^2 + I_y(\sin\phi)^2 + M_b d^2\sin\phi\right]}(\tau_1 - \tau_2) \\ & - \frac{2\left[M_b d^2 + I_y - I_z\right]\sin\phi\cos\phi\,\dot{\phi}\dot{\psi}}{\left[2\left(M_w + \frac{I_a}{R^2}\right)L^2 + I_y(\sin\phi)^2 + M_b d^2\sin\phi\right]}\end{aligned} \tag{14}$$

Линеаризуя нелинейную модель, мы полагаем, что рабочая точка находится там, где угол наклона ϕ равен нулю. Тогда, $\sin\phi = \phi$, $\cos\phi = 1$, $\dot{\psi} = 0$, $\dot{\phi} = 0$. Таким образом, уравнения (12), (13) и (14) преобразуются к следующему виду:

$$\begin{aligned}\ddot{\phi} = {} & \frac{(M_b R^2 + 2M_w R^2 + 2I_a)M_b g d}{[(M_b + 2M_w)R^2 + 2I_a]I_x + 2M_b d^2(M_w R^2 + I_a)}\phi \\ & - \frac{(M_b R^2 + 2M_w R^2 + 2I_a) + M_b dR}{[(M_b + 2M_w)R^2 + 2I_a]I_x + 2M_b d^2(M_w R^2 + I_a)}(\tau_1 + \tau_2)\end{aligned} \tag{15}$$

$$\begin{aligned}\ddot{x} = {} & -\frac{M_b^2 d^2 R^2 g}{(M_b d^2 + I_x)(M_b R^2 + 2M_w R^2 + 2I_a) - (M_b dR)^2}\phi \\ & + \frac{R(M_b d^2 + I_x + M_b dR)}{(M_b d^2 + I_x)(M_b R^2 + 2M_w R^2 + 2I_a) - (M_b dR)^2}(\tau_1 + \tau_2)\end{aligned} \tag{16}$$

$$\ddot{\psi} = \frac{L}{R\left[2\left(M_w + \frac{I_a}{R^2}\right)L^2 + I_z\right]}(\tau_1 - \tau_2) \quad (17)$$

Подставив значения из таблицы 1 в уравнения (15) – (17), получим

$$\ddot{\phi} = 68.9659\phi - 4.3006(\tau_1 + \tau_2) \quad (18)$$

$$\ddot{x} = -3.7706\phi + 0.4902(\tau_1 + \tau_2) \quad (19)$$

$$\ddot{\psi} = 1.0812(\tau_1 - \tau_2) \quad (20)$$

Контроллер, базирующийся на нечеткой логике, имеет два входа: угол наклона ϕ с диапазоном [-80 80] и скоростью наклона $\dot{\phi}$ с диапазоном [-200 200]; на выходе нечеткого регулятора формируется сигнал, основанный на решениях базы заданных правил с диапазоном [-100 100]. Для балансировки сегвея в вертикальном положении, необходимо задать семь правил для каждого входа, тогда на выходе система будет иметь 49 возможных вариантов управления.

На рис. 2 изображена схема управления сегвеем.

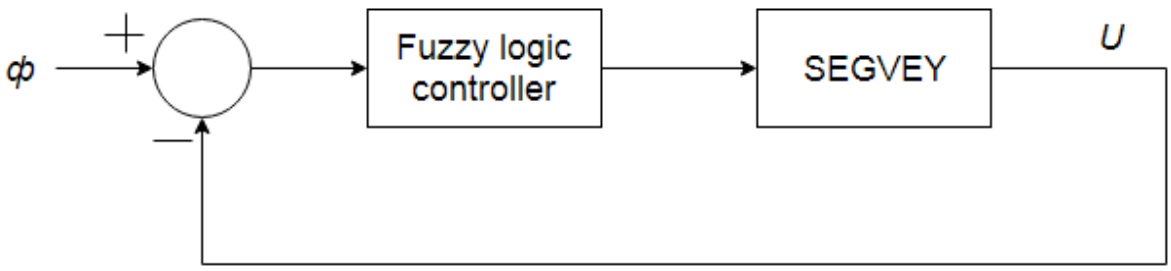


Рис. 2. Схема управления сегвеем
под управлением нечеткого регулятора

На рис. 3 представлен переходный процесс, в котором сегвей реагирует на угол наклона. Как видно, балансировка сегвея достигается быстрее под управлением нечеткого регулятора. На рис. 4 изображен процесс стабилизации сегвея в вертикальном положении в зависимости от пройденного пути.

Сравнение основных параметров трех регуляторов приведены в табл. 2.

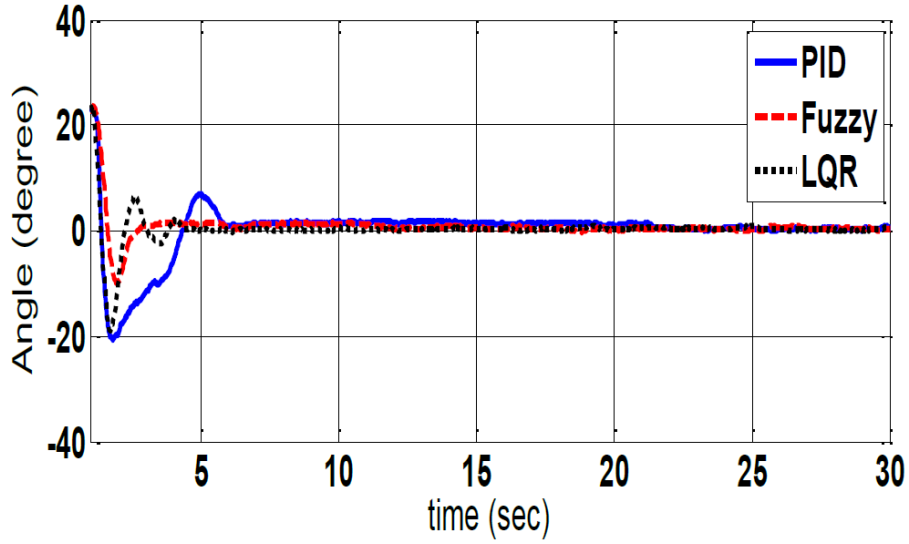


Рис. 3. Положение наклона сегвея

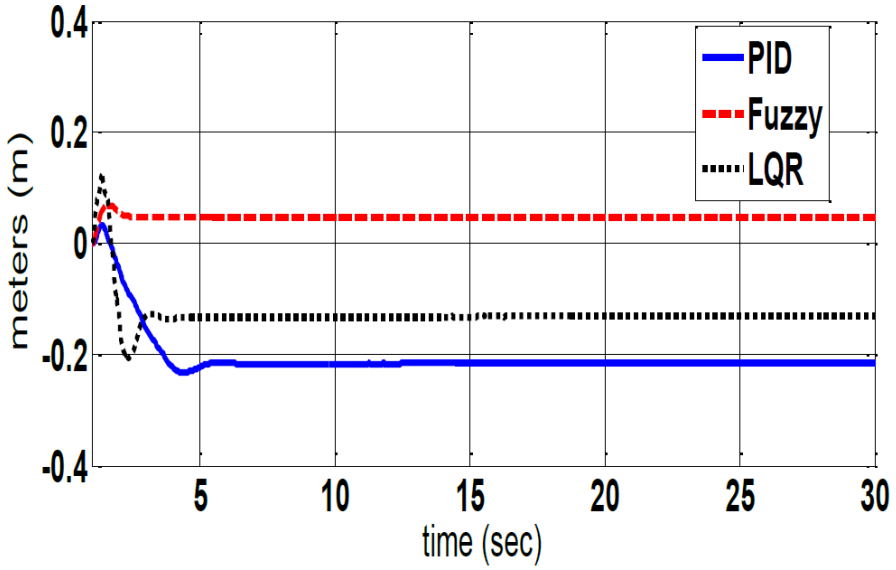


Рис. 4. Горизонтальное положение сегвея

Таблица 2

Параметры регуляторов, полученные в процессе моделирования

Регулятор	Время нарастания	Установившееся время	Перерегулирование	Ток	Горизонтальное положение
Нечеткий	1.25 с	2.5 с	37 %	8.7 А	0.05 м
Линейный	0.8 с	4.2 с	80 %	7.5 А	0.2 м
ПИД	0.8 с	6.5 с	90 %	7.5 А	0.23 м

Заключение

В результате построения динамической модели сегвея и выполнения моделирования в пакете Matlab получены графики переходных процессов, на основании которых можно судить об эффективности выбранных методов регулирования. Сравнительный анализ основных регуляторов из экспериментов показывает, что нечеткий регулятор имеет наиболее быстрый отклик и меньшее перерегулирование, но недостатком является большее потребление электрической энергии.

Библиографический список

1. Kim Y., Kim S., Kwak Y. Dynamic Analysis of aNonholonomic Two-Wheeled Inverted Pendulum Robot// Journalof Intelligent and Robotic Systems. 2005. Vol. 44. Pp. 25-46.

2. HaY.-S., Yuta S.I. Trajectory tracking control for navigationof the inverse pendulum type self-contained mobile robot // Robotics and Autonomous Systems. 1996. Vol. 17. Pp. 65-80.

3. XiaogangR. and JingC. B-2WMR System Model andUnderactuated Property Analysis // In Automation and Logistics. 2007. IEEE International Conference on, 2007. Pp. 580-585.

4. Goher K. M., Tokhi M. O. and SiddiqueN. H. DynamicModeling and Control of a Two Wheeled Robotic Vehicle withVirtual Payload // ARPN Journal of Engineering and AppliedSciences. Vol. 6. Pp. 7-41. 2011.

5. Jingtao L., Gao X., Qiang H., Qinjun D., and Xingguang D. Mechanical Design and Dynamic Modeling of a Two-WheeledInverted Pendulum Mobile Robot// in Automation and Logistics, 2007 / IEEE International Conference on. 2007. Pp. 1614-1619.

6. Thanjavur K. and Rajagopalan R. Ease of dynamic modelling ofwheeled mobile robots (WMRs) using Kane's approach// inRobotics and Automation, 1997. Proceedings. 1997. / IEEE International Conference on. 1997. Vol. 4. Pp. 2926-2931.

7. Muhammad M., Buyamin S., Ahmad M. N., Nawawi S. W., and Ibrahim Z. Velocity Tracking Control of a Two-Wheeled InvertedPendulum Robot: a Comparative Assessment between PartialFeedback Linearization and LQR Control Schemes // InternationalReview on Modelling and Simulations. Vol. 5. Pp. 1038-1048. 2012.

8. Pathak K., Franch J. and Agrawal S.K.Velocity and position control of a wheeled inverted pendulum by partial feedback linearization / Robotics, IEEE Transactions on. 2005. Vol. 21. Pp. 505-513.

УДК 681.532.55

А. И. Семенов
магистрант кафедры управления в технических системах
Е. Р. Терещенко
магистранты кафедры управления в технических системах
М. В. Бураков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

УПРАВЛЕНИЕ ОРИЕНТАЦИЕЙ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Для управления угловым движением космического аппарата (КА) могут использоваться двигатели-маховики, которые за счет разгона или торможения создают управляющие моменты на корпусе аппарата [1, 2].

Цель работы – исследование различных законов управления угловым движением КА методом фазовой плоскости [3].

Рассмотрим упрощенную модель углового движения КА относительно продольной оси *z*. Линеаризованная модель может быть записана в виде:

$$\begin{cases} J_z\ddot{\theta}(t) = M_u(t) + M_в(t), \\ T\dot{M}_u(t) + M_u(t) = k\,u(t), \end{cases} \quad (1)$$

где J_z – момент инерции аппарата по оси *z*; θ – угол поворота корпуса КА по оси *z*; M_u – управляющий момент, создаваемый маховиком; $M_в$ – момент возмущения; T, k – параметры цепи управления приводом маховика, u – сигнал управления на привод.

Пренебрегая инерционностью элементов привода и внешними возмущениями, можно рассмотреть модель в виде:

$$J_z\ddot{\theta}(t) = M_u(t).$$

Релейный закон управления можно описать в виде:

$$\ddot{\theta} = \begin{cases} u, & \left(\theta - \theta^*\right) < 0, \\ -u, & -\left(\theta - \theta^*\right) > 0. \end{cases}$$

где θ* – заданный угол ориентации КА, $u = M_u/J_z$ – нормированный момент инерции.

Будем считать, что сигнал управления является константой, тогда система управления приобретает вид, показанный на рис. 1.

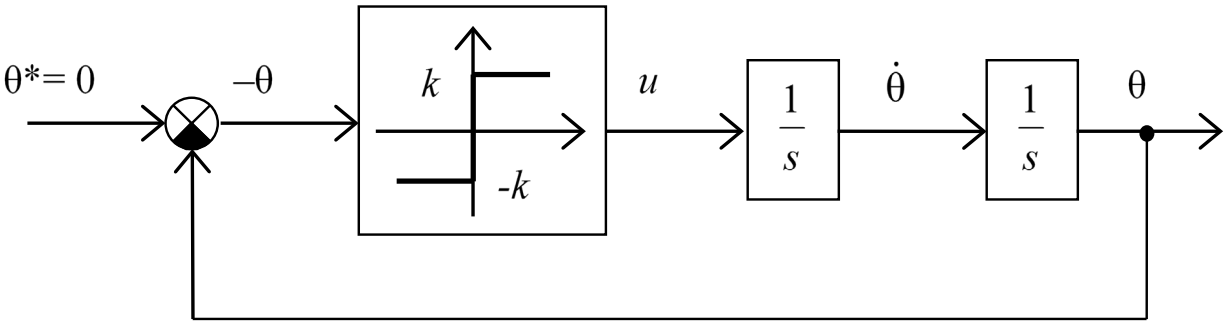


Рис. 1. Структура нелинейной системы управления

Выполним моделирование фазовых траекторий с помощью MatLab-программы:

```
function d=sat1(t,x)
d=[x(2); (2*sign(-x(1)))];

figure(1)
for n1=[-3:0.5:3]
   x0=[n1 n1];
   [t,x]=ode45(@sat1,[0 5],x0);
   plot(x(:,1),x(:,2))
end
axis([-3 3 -3 3])
grid
```

В системе возникают незатухающие колебания (рис. 2).

Для улучшения динамики системы здесь можно использовать обратную связь по скорости (рис. 3, где k_1 – коэффициент усиления датчика скорости).

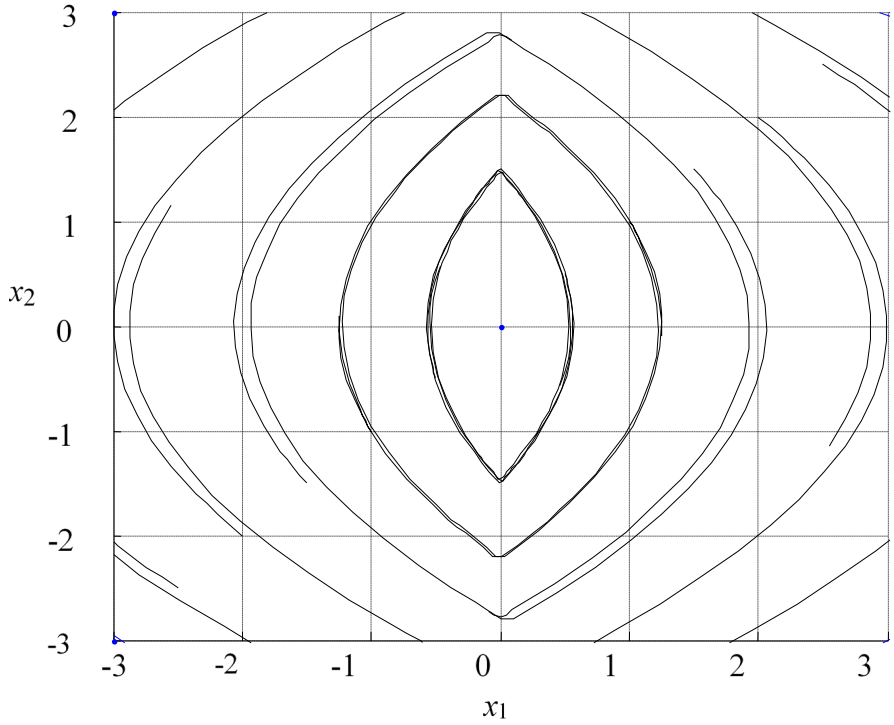


Рис. 2. Фазовые траектории системы управления ориентацией спутника

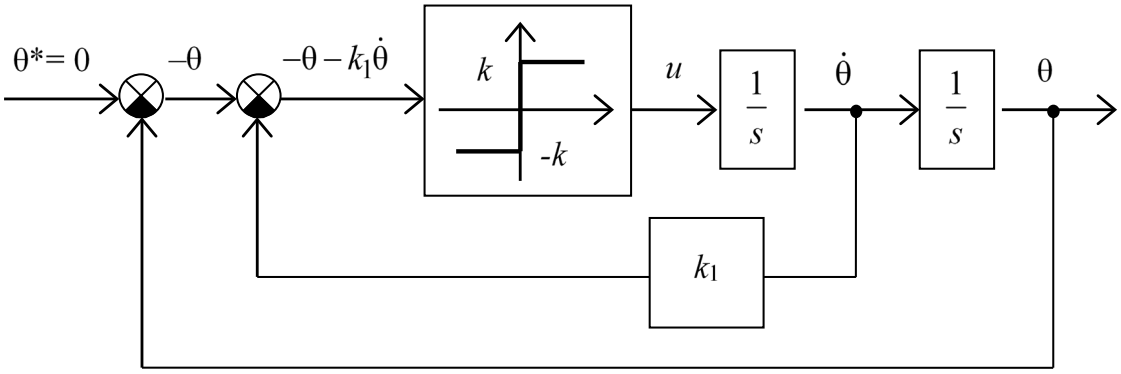


Рис. 3. Система управления с обратной связью по скорости

Описание фазовых траекторий приобретает вид:

$$\ddot{\theta} = u \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = k \cdot \mathrm{sgn}(-x_1 - k_1 x_2). \end{cases}$$

Соответственно меняется *MatLab*-функция:

```
function d=sat2(t,x)
d=[x(2); 2*sign(-x(1)-0.5*x(2))];
```

На рис. 4 представлены фазовые траектории системы при $k_1 = 0{,}5$.

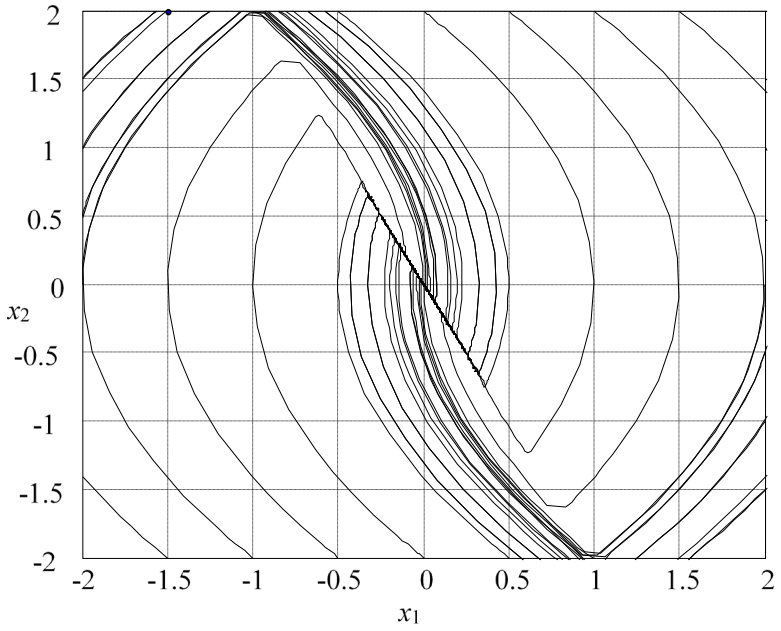


Рис. 4. Фазовые траектории системы с обратной связью по скорости

Переходные процессы в системе имеют два этапа: сначала происходит относительно медленное движение до линии переключения, а затем происходят быстрые изменения знака сигнала управления, так что изображающая точка быстро перемещается в точку равновесия.

Описание линии переключения можно получить из условия:

$$-x_1 - k_1 x_2 = 0 \quad \Rightarrow \quad x_2 = -\frac{1}{k_1} x_1 .$$

Закон управления $u(t) = k\ \mathrm{sgn}(-\theta - k_1 d\theta/dt)$ движение объекта к линии переключения и «скольжение» по этой линии к началу координат. Как показывает моделирование, этот режим управления отличается робастностью, т. е. слабой чувствительностью к внешним возмущениям и неточностям определения параметров модели объекта.

Библиографический список

4. Алексеев К.Б., Бебенин Г.Г. Управление космическими летательными аппаратами. М.: Машиностроение, 1974. 340 с.

5. Якимовский Д. О., Бураков М. В., Коновалов А. С. Управление ускорением двигателя-маховика космического аппарата. СПб.: ГУАП, 2018. 152 с.

6. Бураков М.В. Теория автоматического управления. Нелинейные системы. СПб: ГУАП, 2018. 178 с.

УДК 681.2.088

А.К. Сенкевич
магистр кафедры электромеханики и робототехники
В.П. Платонов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СИСТЕМА КОМПЕНСАЦИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ДЛЯ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ТРАНСФОРМАТОРА

Рассматривается применение законов теории погрешностей к проектированию датчиков угла, а также к анализу результатов измерений, производимых этими устройствами. Рассматривается метод выбора устройства компенсации погрешности. Актуальность работы связана с широким распространением электромеханических датчиков угла и поворота. В различных системах автоматики и контроля часто возникает необходимость синхронного и синфазного вращения или поворота двух и более осей, механически не связанных друг с другом.

Классификация погрешностей измерения

По месту возникновения в процессе измерения погрешности подразделяют на методические, инструментальные и случайные.

Методические погрешности вызваны ошибкой оператора, проводящего измерительный эксперимент. Случайная погрешность обусловлена внешними воздействиями во время проведения эксперимента: электромагнитные помехи, вибрации, расположение измерительного устройства в пространстве. Инструментальная погрешность определяется несовершенством самого средства измерения. Выделяют основную, дополнительную и динамическую.

Влияние технологических погрешностей можно представить, как появление добавочной ЭДС. Она искажает выходные характеристики ВТ, изменяет фазу выходной ЭДС. Одна из ее составляющих, остаточная ЭДС, сдвинута по фазе на 90°. Вследствие этого, в расчетных точках в нулевом положении ЭДС становится отличным от нуля. Остаточная ЭДС не может быть скомпенсирована дополнительным поворотом ротора, поэтому в ВТ выходное напряжение никогда не достигает нуля.

Одним из способов фильтрации добавочной ЭДС является установка полосового фильтра (ПФ) на рабочей частоте устройства.

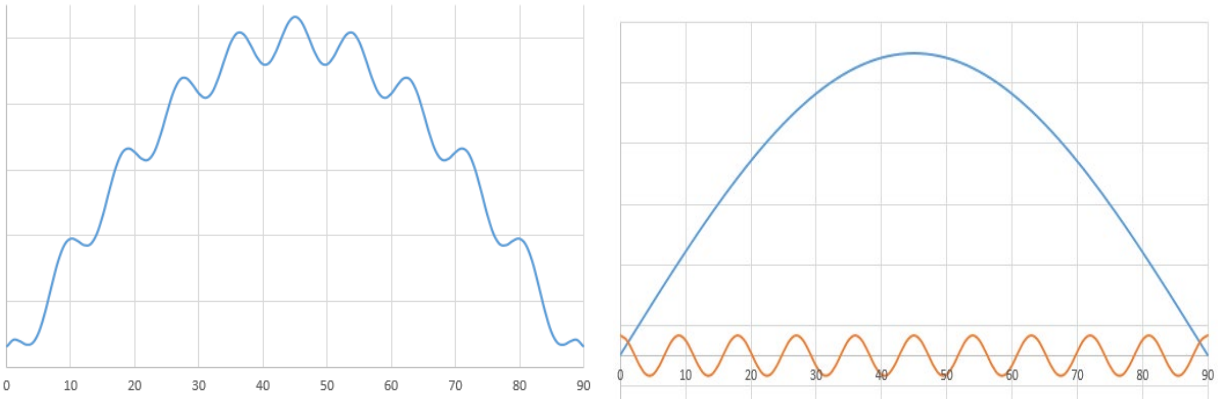


Рис. 1. Выходной сигнал ВТ до и после фильтрации

Выбор параметров фильтра

Электрическим фильтром называется линейный четырёхполюсник, предназначенный для выделения из состава сложного электрического колебания, подведённого к его входу, частотных составляющих, расположенных в заданной полосе частот, и подавления тех составляющих, которые расположены в других, также заданных, полосах частот. Указанные частотные полосы называют полосой пропускания и полосой задерживания.

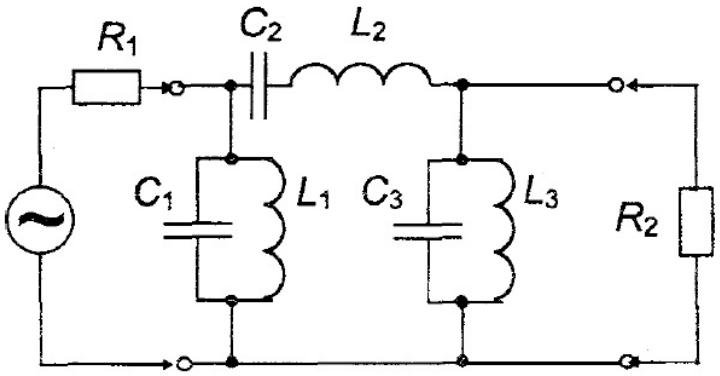


Рис. 2. Схема пассивного полосового фильтра третьего порядка

Требования к амплитудно-частотной характеристике фильтра формулируются обычно в виде требований к частотной зависимости рабочего ослабления фильтра. Последнее нормируется так, чтобы в пределах полосы пропускания минимальное значение ослабления фильтра было равно нулю. Тогда ослабление фильтра в его полосе пропускания не должно превышать некоторой заданной величины a_{max}, называемой максимальным затуханием фильтра в полосе пропускания, а в пределах полосы задерживания фильтра не должно принимать значений, меньших, чем это допускается техническими требованиями к фильтру. Гарантированное значение ослабления в полосе задерживания фильтра называется минимальным затуханием фильтра в полосе задерживания a_{min}.

Синтез частотно-избирательных цепей начинается обычно с формулировки технических требований к частотным характеристикам. Идеальная частотная характеристика заведомо нереализуема. Второй этап синтеза состоит в аппроксимации идеальной характеристики с помощью такой функции, которая может принадлежать физически реализуемой цепи.

Заключительным этапом синтеза является реализация выбранной частотной характеристики и получение принципиальной схемы фильтра вместе с номиналами входящих в неё элементов. Определение вида функции передачи реальной электрической цепи, с достаточной степенью точности, приближающейся к желаемой, называется аппроксимацией.

АЧХ фильтра Чебышева имеет резкий переход от полосы пропускания к полосе задерживания, что является предпочтительным в данном устройстве. Порядок фильтра определяется по формуле:

$$n = \frac{\cosh^{-1}\sqrt{(10^{0,1Amin}-1)/(10^{0,1Amax}-1)}}{\cosh^{-1}(\omega з/\omega п)}$$

где A_{min}, A_{max} – максимальное и минимальное затухание в граничных точках $\omega_з$ и $\omega_п$.

Полученный фильтр рассчитан для частоты 400±10 Гц.

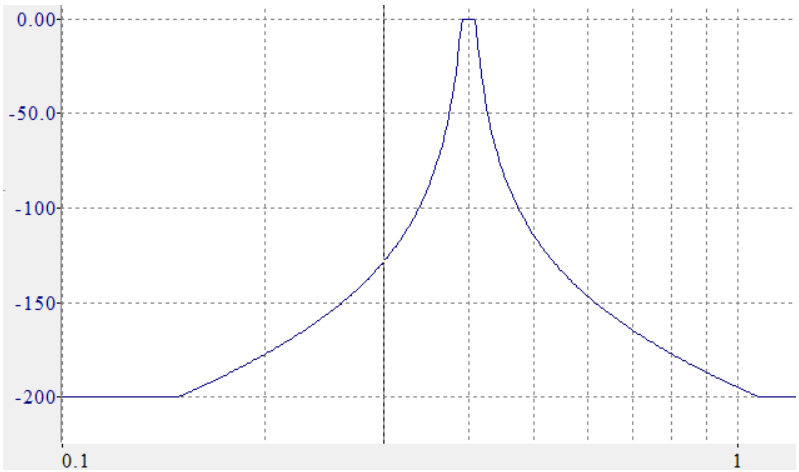


Рис. 3. АЧХ заданного ПФ

Таким образом, остаточная ЭДС значительно сокращается, что снижает угловую погрешность измерения.

Библиографический список

1. Хрущев В.В. Электрические машины систем автоматики,1985. 368 с.
2. Арменский Е.В., Фалк Г.Б. Электрические микромашины: 3-е изд. М.: Высш. шк., 1985. 231 с.
3. Щербина Е.Г., Барышев Ю.А. Расчет пассивных LC-фильтров. 2-е изд. М.: МИИТ. 2003. 36 с.
4. Ханзел Г. Справочник по расчету фильтров. / Под ред. А. Е. Знаменского; пер. с англ. М.: Сов. радио. 1974. 288 с.

УДК 621.865

Н.Е. Скрыльников
студент кафедры механики, мехатроники и робототехники
А.В. Федоров
аспирант кафедры механики, мехатроники и робототехники
С.В. Яцун – доктор технических наук, профессор − научный руководитель,
Юго–Западный государственный университет, Курск

ЭКЗОСКЕЛЕТ ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА ЧЕЛОВЕКА

Голеностопный сустав управляется большим количеством мышц, его рабочие диапазоны задаются сложным взаимодействием костей и связок. В то же время данная система подвергается высоким нагрузкам. Следствием сочетания сложности и нагрузок является высокий травматизм. В зону риска попадают почти все легкоатлеты, так как во время прыжков и бега всегда присутствует фаза полета, заканчивающаяся ударом о поверхность, в результате чего нагрузка многократно возрастает. Следовательно, неудачное приземление может привести к растяжению, вывиху и даже перелому. Спортсмены-любители хоть и не подвергаются таким высоким нагрузкам как профессионалы, но зато часто используют неправильную обувь, бегают по непредназначенным для этого поверхностям, используют неверную технику выполнения различный упражнений, вследствие чего тоже регулярно травмируются.

По статистике более половины травм нижних конечностей и около 40% суставных травм составляют травмы голеностопного сустава. 65% травм люди получают при участии в спортивных играх, по описанным выше причинам [1-3].

Чаще всего для данного вида реабилитации применяются роботизированные тренажеры. Уже существует большое количество образцов, позволяющих в автоматическом режиме проводить механотерапию. Но вместе с развитием робототехники появляются новые возможности для улучшения данного метода лечения. Мощность и относительно небольшие размеры современные приводов позволяют создать устройство, которое сможет не только приводить в движение конечность человека, но и осуществлять роль страховки от получения новых травм при ходьбе в постреабилитационный период, и даже позволить травмированному человеку свободно перемещаться. Вопросам проектирования и расчета экзоскелетов посвящены работы [4-7].

1. Описание голеностопного сустава

На рис. 1 представлен общий вид роботизированного голеностопного сустава.

Нога человека фиксируется с помощью манжет 7, 8 и 9. Вращение стопы 12 вокруг вертикальной оси задается приводом вращательного движения 9 через зубчатую передачу. Линейные приводы 2, 3 и 5 на базе коллекторного двигателя постоянного тока обеспечивают две вращательные степени свободы и одну линейную для индивидуальной настройки аппарата. Приводы с рамой 11 соединены через крестовины 10, а с голенью через вращательные кинематические пары 6.

Рассмотрим устройство приводов линейного перемещения на примере бокового привода (рис. 2).

Мотор-редуктор (1) фиксируется с помощью винтов на раме (3). Вращение с выходного вала мотор-редуктора передается через муфту (4) на винт ШВП (6), который крепится на раме с помощью фиксирующей опоры (5) и вспомогательной опоры (10). Вращение винта обеспечивает линейной перемещение гайки (8)

и гайка-держателя (9). Перемещение гайки измеряется с помощью датчика линейного перемещения (2), зафиксированного на раме. Рабочий орган датчика линейного перемещения крепится к гайка-держателю резьбовым соединением. Рама же крепится к голени с помощью цилиндрической кинематической пары, а к стопе через рулевую крестовину U125.

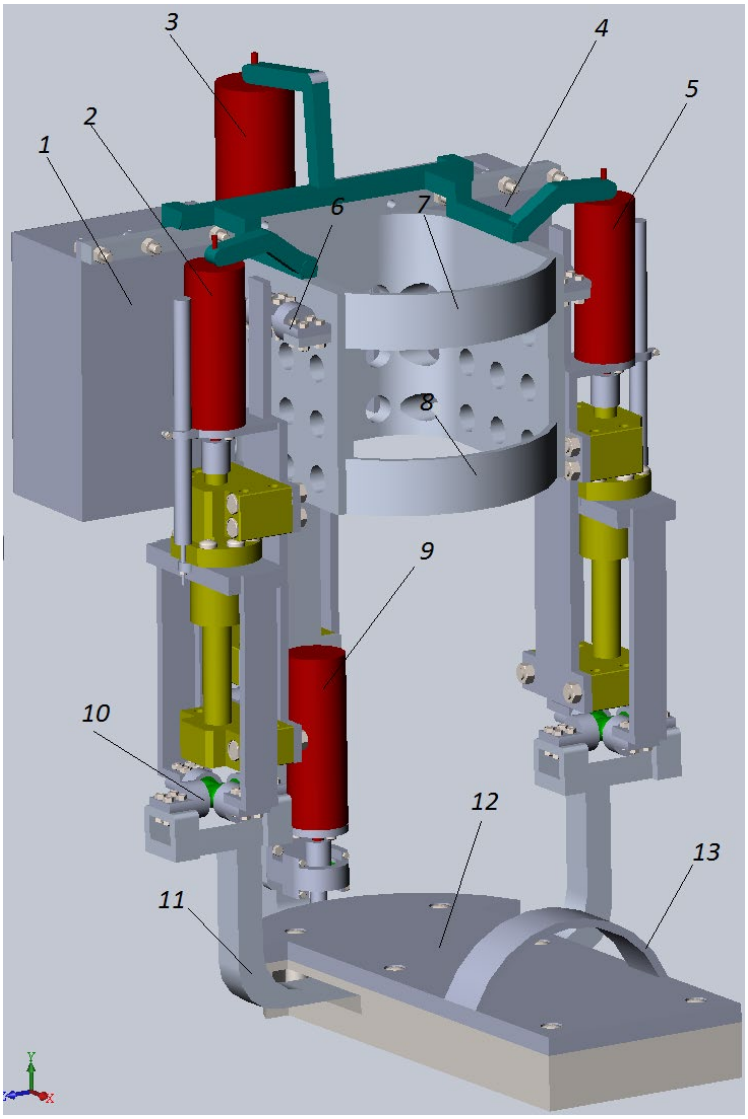


Рис. 1. Общий вид устройства

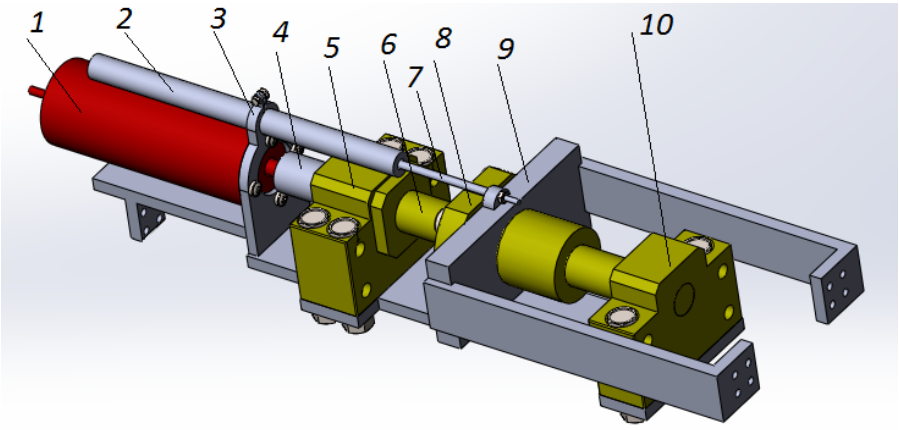


Рис. 2. Устройство бокового привода

Управление происходит по координатам L1, L2, L3 и θ_4. Задача состоит в том, чтобы, зная данные координаты, определить углы поворота стопы вокруг осей неподвижной системы координат, а также координат точки С стопы в данной системе. Для решения данной задачи была разработана программа, моделирующая роботизированный голеностопный сустав, в пакете MATLAB/Simulink/ SimMechanics. Блок-схема верхнего уровня программы представлена на рис. 3.

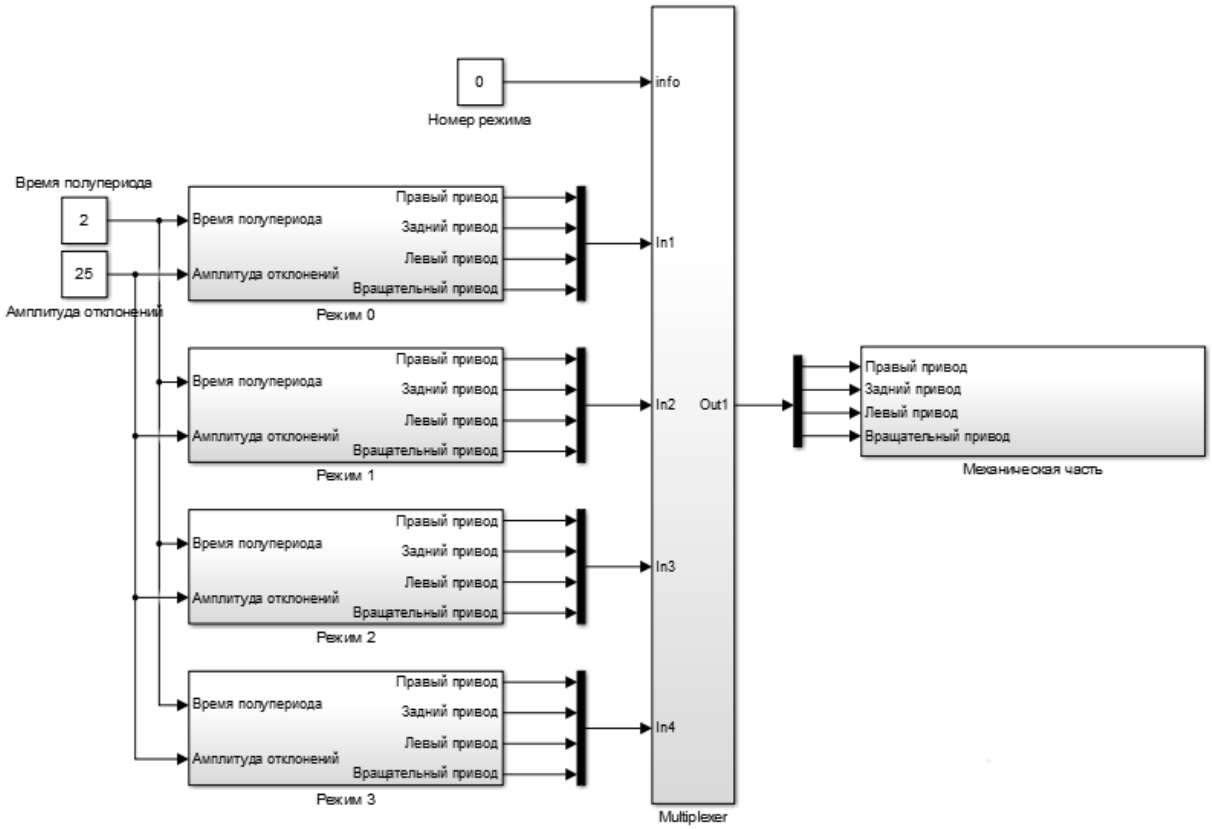


Рис. 3. Блок схема верхнего уровня программы

Предусмотрено 4 режима работы. Соответствующие подсистемы генерируют законы движения для каждого из приводов. В зависимости от указанной величины в блоке «Номер режима», на выход мультиплексора будет подан сигнал с соответствующего входа. Подсистема «Механическая часть» моделирует твердые тела и кинематические связи между ними. Константы «Время полупериода» и «Амплитуда отклонения» используются для вычисления частей синусов, из которых состоит закон движения [5-7].

Заключение

1. Произведен анализ существующих конструкций для осуществления механотерапии голеностопного сустава, в результате которого были выявлены недостатки устройств.
2. Разработана и рассчитана конструкция мобильного устройства, с тремя активными степенями свободы. Выбраны приводы и конструкционные компоненты исходя из технических требований.

Библиографический список

1. Травмы голеностопного сустава. URL: http://spravr.ru/travmy-golenostopnogo-sustava.html (дата обращения: 12.03.2019).

2. Мягкие искусственные мышцы. URL: https://nplus1.ru/news/2017/09/19/soft-robotic-actuator (дата обращения: 12.03.2019).

3. Искусственные мышцы. URL: https://wyss.harvard.edu/artificial-muscles-give-soft-robots-superpowers/ (дата обращения: 12.03.2019).

4. Jatsun S.F., Savin S.I., Yatsun A.S. Parameter Optimization for Exoskeleton Control System Using Sobol Sequences. ROMANSY 21 — Robot Design, Dynamics and Control: Proceedings of the 21st CISM-IFToMM Symposium. Udine. Italy.2016. Pp. 361–368.

5. Jatsun S., Savin S., Yatsun A., Gaponov I. Study on a Two-Staged Control of a Lower-Limb Exoskeleton Performing Standing-Up Motion from a Chair. Robot Intelligence Technology and Applications. 2016. Vol. 4. Pp. 113–122.

6. Jatsun S., Savin S., Bezmen P. Modelling of exoskeleton movement in verticalization process. International Conference on Pure Mathematics – Applied Mathematics (PMAM 2015). Vienna. Austria. 2015. Pp. 83–87.

7. Jatsun S.F. et al. Ekzoskelety: upravleniye dvizheniyem ekzoskeleta nizhnikh konechnostey prikhodbe [Control the movement of the exoskeleton of lower limbs when walking]. Yugo-Zapadnyy universitet: monographiya. Kursk. 2016. 185 p. (In Russ.).

УДК 338.3

Л. В. Соболева
студентка кафедры программно-целевого управления в приборостроении
Г. С. Армашова-Тельник – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

КАДРОВЫЕ РИСКИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

По оценкам экспертов, на долю рисков, связанных с персоналом, приходится от 65 до 80% всех возможных неблагоприятных событий, угрожающих бизнесу. В настоящее время кадровый состав энергетических компаний по различным причинам не соответствует требуемому уровню. Так, статистические исследования Росстата [1] показывают, что 30% специалистов в области энергетики и энергетического машиностроения не имеют специального образования. В тоже время как в таких отраслях: авиационная техника; информатика и вычислительная техника эта цифра значительно меньше (15-20%). Потребность в квалифицированных специалистах в области производства и распределения электроэнергии составляют 34, 8 тыс./человек, что составляет 2,2% от общего количества рабочих мест в отрасли, в то время как в других отраслях таких, как: строительство; добыча полезных ископаемых количество недостающих рабочих мест составляет 1-1,5%. Среди наиболее важных причин такого положения можно выделить: недостаток специализированных высших и средних специальных учебных заведений, которые работают в направлении подготовки эффективных кадров в области электроэнергетики, частый переход специалистов в иные отрасли российской промышленности, которые характеризуются более высоким уровнем заработной платы. Отсутствие или недостаточность социальных пакетов для работников отрасли. Наблюдается также перенос в смежные отрасли наработанной базы знаний и интеллектуального потенциала лиц, получивших образование и опыт работы в энергетических компаниях. Так же, как и в других отраслях, в энергетике значительное влияние имеет демографический фактор, ведь работоспособное население составляет всего около половины граждан России [2].

Рис. 1 показывает, что желательно увеличение доли специалистов с высшим образованием.

Кадровые риски в зависимости от стадии возникновения делятся:

1. На кадровые риски, связанные с формированием персонала. Такого рода кадровые риски имеют следующие виды:

– риск несоответствия количественного состава персонала требуемому;
– риск несоответствия качественного состава (структуры) персонала требуемому;
– риск текучести кадров;
– риск неэффективности процедур подбора и отбора;
– адаптационный риск.

2. Кадровые риски, связанные с использованием персонала. Такие риски включают:

– риск неэффективности использования рабочего времени;
– риск неэффективного использования работников (низкая производительность труда);
– риск невостребованности продукции;
– риск неблагоприятного воздействия производственной среды;
– риск профессиональных заболеваний и травматизма;
– риск низкой мотивации труда;
– риск неэффективной процедуры оценки персонала.



Рис. 1. Распределение занятого населения по уровню образования в РФ в 2017 г. по данным Росстата

3. Риски, связанные с развитием персонала включают:
   – риск неэффективного обучения.
   – риск недооценки аспектов социального развития.
   – риск недооценки управления служебно-профессиональным продвижением персонала.
   – риск неэффективной работы с кадровым резервом
4. Кадровые риски, связанные с высвобождением персонала:
   – риск создания негативного имиджа организации;
   – риск обращения увольняемого работника в суд;
   – риск, связанный с «утечкой» информации;
   – риск ухода высококвалифицированных работников [3].

Кадровые риски при формировании персонала представляют собой вероятность создания предпосылок для формирования кадрового состава, количественные и качественные характеристики которого не соответствуют целям организации и ее потенциалу [4]. Кадровые риски, связанные с использованием персонала, возникают в результате отсутствия действующих технологий и инструментов не только по управлению персоналом, но и в сфере охраны труда и управления безопасностью. Кадровые риски при развитии персонала представляют собой возможность снижения трудового потенциала организации, связанную с ограниченными возможностями или с недооценкой важности, или непродуманными решениями руководства по управлению развитием персонала. Принимая решение об инвестировании любого объекта, работодатель осознает, что подвергает себя риску. При этом риск будет различен при обычных инвестициях и инвестициях в человеческий капитал.

Представленная классификация кадровых рисков, позволяет учесть все опасности и угрозы, которые могут возникать в процессе осуществления производственно-хозяйственной деятельности организации [5].

Предлагаемые конкретные меры уменьшения кадровых рисков в области электроэнергетики включают:

– повышение заработной платы работников;

– предоставление возможности переобучения, повышения квалификации и дополнительного профессионального образования работников;

– улучшение социальных условий для работников.

Так как улучшение демографической обстановки способствует увеличению экономически активного населения и как следствие развития производственной сферы. Улучшение качества образования позволит повысить уровень высококвалифицированных специалистов, тем самым содействуя развитию компании. Повышение мотивации сотрудников благоприятно скажется на их работе и как следствие положительно повлияет на деятельность компании.

Таким образом, в современных российских условиях особое внимание управлению персоналом электроэнергетической компании требуется уделять разработке и реализации стратегий по предупреждению (минимизации) демографических, квалификационно-образовательных и мотивационных кадровых рисков.

Библиографический список

1. Федеральная служба государственной статистики. URL: www.gks.ru (дата обращения: 12.02.2019).

2. Зубеева Е. В. Подготовка кадров в области энергосбережения: опыт, проблемы, перспективы // Вестник ГУУ. 2017. №11.

3. Зернов А., Легчилин А. Страховые механизмы управления рисками в электроэнергетике. Энергорынок. 2008. № 4. 80 с.

4. Колесников А.М., Баранов А.В. Анализ рисков предприятий электроэнергетики // Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. 2013.

5. Конькин Д. А. Управление рисками в энергетических компаниях / Экономика и современный менеджмент: теория и практика. XXXIV междунар. науч.-практ. конф. № 2(34). Новосибирск: СибАК, 2014.

УДК 681.5.017

А.И. Соглаев
студент кафедры механики, мехатроники и робототехники
П.А. Безмен – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель
Юго-Западный государственный университет, г. Курск

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СТОПЫ ДВУНОГОГО ШАГАЮЩЕГО РОБОТА

Математическое моделирование является важным этапом в создании робототехнической системы. Математическая модель используется для получения параметров движения и проверки алгоритмов системы управления.

Для математического описания стопы рассмотрим расчетную схему, показанную на рис. 1.

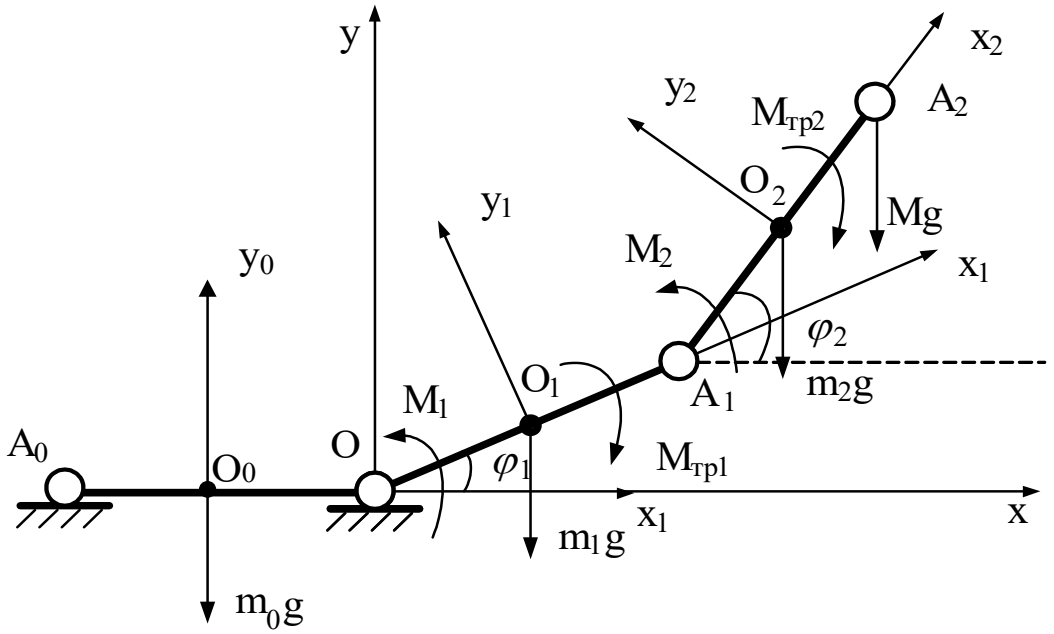


Рис. 1. Расчетная схема стопы

Согласно приведенной схеме: Звенья OA_1 и A_1A_2 осуществляют перемещение рабочего органа, точки A_2, под действием крутящих моментов M_1 и M_2. Примем, что центры масс звеньев OA_1 и A_1A_2 расположены в их геометрических центрах O_1, O_2. Введем подвижные системы координат $X_1Y_1O_1$ и $X_2Y_2O_2$ связанные с центрами масс звеньев. Также в расчетной схеме присутствует неподвижное звено A_1O, соответствующее носовой части стопы.

Рассмотрим частный случай, при котором, на стопу не действуют внешние силы, а нагрузка на приводы определяется силой тяжести робота и звеньев, моментом силы трения, а также инерционными силами, возникающими в системе.

Для исследования динамики движения устройства в качестве обобщенных координат примем абсолютные углы поворота обоих звеньев длинами l1, l2 и массами m1, m2, относительно их центров масс: ϕ_1, ϕ_2. Далее, запишем дифференциальные уравнения, воспользовавшись уравнением Лагранжа 2-го рода, при

этом правые части уравнения найдем методом возможных перемещений. Итоговая система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} \ddot{\phi}_2\left(J_{A_2}+\dfrac{m_2 l_2^2}{4}\right)+\dfrac{1}{2}m_2 l_1 l_2 \ddot{\phi}_1 \cos(\phi_1-\phi_2)-\dfrac{1}{2}m_2 l_1 l_2 \dot{\phi}_1^2 \sin(\phi_1-\phi_2)= \\ = M_2 - M_{fr2} - m_2 g \dfrac{l_2}{2}\cos(\phi_2) \\ \ddot{\phi}_1\left(J_{A_1}+m_1 l_1^2\right)+\dfrac{1}{2}m_2 l_1 l_2 \ddot{\phi}_2 \cos(\phi_1-\phi_2)+\dfrac{1}{2}m_2 l_1 l_2 \dot{\phi}_2^2 \sin(\phi_1-\phi_2)= \\ = M_1 - M_{fr1} - m_2 g l_2 \cos(\phi_1) - m_1 g \dfrac{l_1}{2}\cos(\phi_1) \end{cases}$$

Здесь: J_{A_1}, J_{A_2} - моменты инерции звеньев, а моменты трения определяется как:

$$M_{\text{тр}\,i} = \begin{cases} M^{\text{тр.пред}}\text{sign}(\dot{\phi}_i), \text{ если } \dot{\phi}_i \neq 0; \\ \sum M_i^{\text{внеш}}, \text{ если } \dot{\phi}_i = 0 \text{ и } \left|\sum M_i^{\text{внеш}}\right| \leq M_i^{\text{тр.пред}}; \\ M^{\text{тр.пред}}\text{sign}(\sum M_i^{\text{внеш}}), \text{ если } \dot{\phi}_i = 0 \left|\sum M_i^{\text{внеш}}\right| > M_i^{\text{тр.пред}}, \end{cases}$$

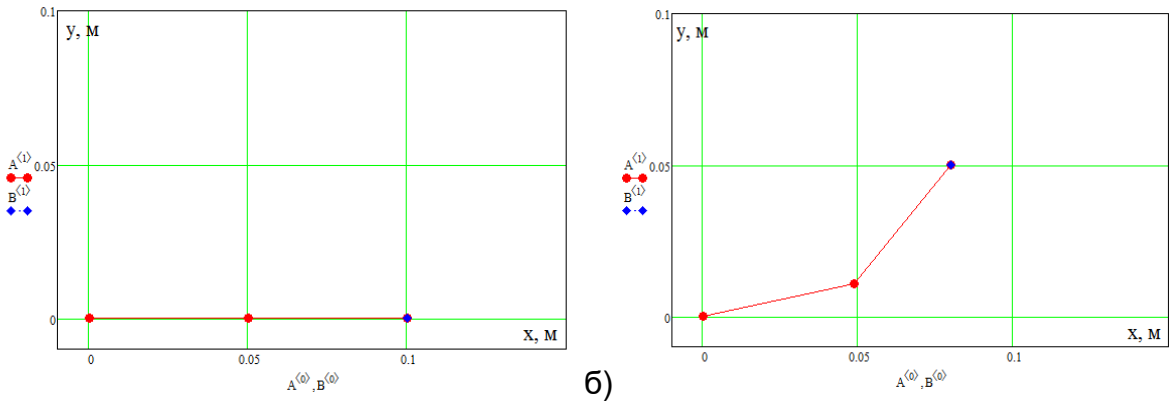
Для электроприводов можно записать следующее уравнение:

$$L_я \frac{dI_я}{dt} + r_я I_я + C_e \dot{\phi}_i^{*} \cdot i_{\text{ред}} = U_i \ ,$$

где $L_я$ – индуктивность обмотки двигателя, $r_я$ - сопротивление обмотки, C_e – электромеханический коэффициент двигателя, $i_{\text{ред}}$ – передаточное отношение редуктора. При этом $I_я$ – ток в цепи якоря определяющий крутящий момент электродвигателя: $M_i = C_M I_я i_{\text{ред}}$. U_i - управляющее напряжение, формируемое системой управления. [1-5]

Покажем результаты моделирования движения стопы при перемещении точки закрепления голени из нижнего положения в верхнее. Важно отметить, что в данном случае верхнее положение задается не углами поворота звеньев, а координатами точки в вертикальной плоскости. Для пояснения задачи рассмотрим рис. 2.

Результаты математического моделирование движения стопы представлены на рис. 3-5.



а) б)

Рис. 2. Постановка задачи моделирования:
а – начальное положение стопы, координаты (0,1; 0),
б – конечное положение стопы, координаты (0,08; 0,05)

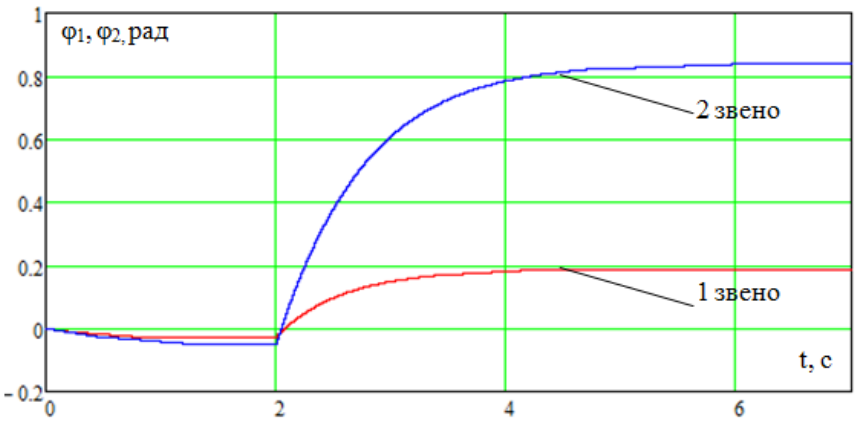


Рис. 3. График углов перемещения звеньев

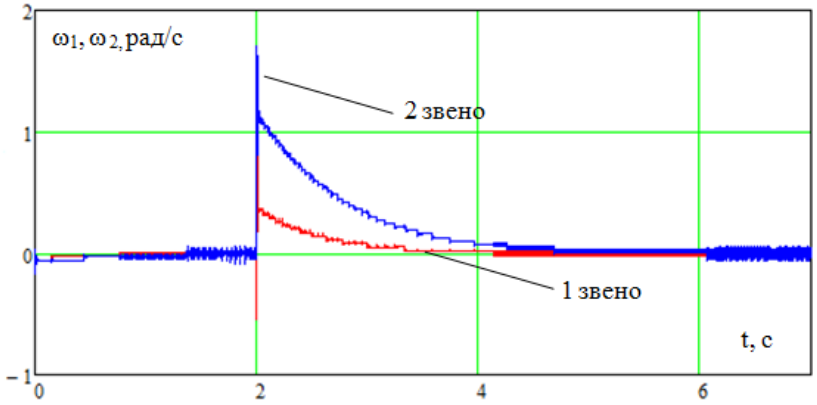


Рис. 4. График угловых скоростей звеньев

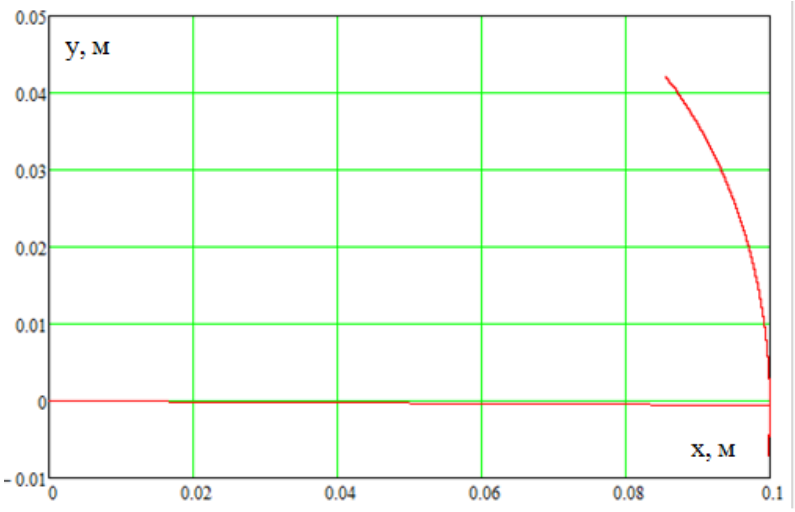


Рис. 5. Траектория движения точки крепления голени

Как показали результаты моделирования предложенный геометрический алгоритм решения обратной задачи кинематики, позволяет осуществлять заданные законы движения робота.

Библиографический список

1. Яцун С.Ф., Ворочаева Л.Ю., Мальчиков А.В., Яцун А.С. Исследование движения трехзвенного ползающего робота по недетерминированной поверхности // Известия Юго-Западного государственного университета. 2018. № 22(4). С. 6-14.

2. Jatsun S. et al. Study of controlled motion of exoskeleton moving from sitting to standing position / Advances in Robot Design and Intelligent Control. Springer, Cham, 2016. С. 165-172.

3. Jatsun S., Savin S., Yatsun A. Parameter optimization for exoskeleton control system using sobol sequences / Symposium on Robot Design, Dynamics and Control. – Springer, Cham, 2016. С. 361-368.

4. Jatsun S. et al. Adaptive control system for exoskeleton performing sit-stand motion //2015 10th International Symposium on Mechatronics and its Applications (ISMA). IEEE, 2015. С. 1-6.

5. Jatsun S. et al. Control system parameter optimization for lower limb exoskeleton with integrated elastic elements //Advances in Cooperative Robotics. – 2017. С. 797-805.

6. Grigor’ev M. A. Synthesis of electric drives realizing limit operating regimes in terms of operation speed and overload capacity // Russian Electrical Engineering. 2015. Т. 86. No. 12. С. 694-696.

УДК 621.643.865

М. Э. Создателева
студентка кафедры эдектромеханики и робототехники
С. В. Солёный – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА

Обеспечение безопасности и надежного функционирования систем магистрального газопровода является необходимым вследствие износа и старения структур транспорта газа. В настоящее время общая протяженность магистральных трубопроводов России превышает 300 тыс. км. При этом около 40% газопроводов находится в эксплуатации более 20 лет.

Для поддержания бесперебойной работы систем магистрального газопровода необходимо проводить диагностические мероприятия. На сегодняшний день существует множество различных видов диагностики, также для выявления дефектов и повреждений используются разного рода робототехнические комплексы. Рассмотрим несколько существующих на сегодняшний день примеров.

Внутритрубное транспортное средство с автономным источником электроэнергии (рис. 1). Данное устройство представляет собой механизм с кольцевым корпусом, располагающийся внутри трубы на шасси. Преимуществами внутритрубного транспортного средства с автономным источником электроэнергии являются: относительно плавное движение, наличие тормозного устройства, наличие манипулятора для ремонта трубопровода.

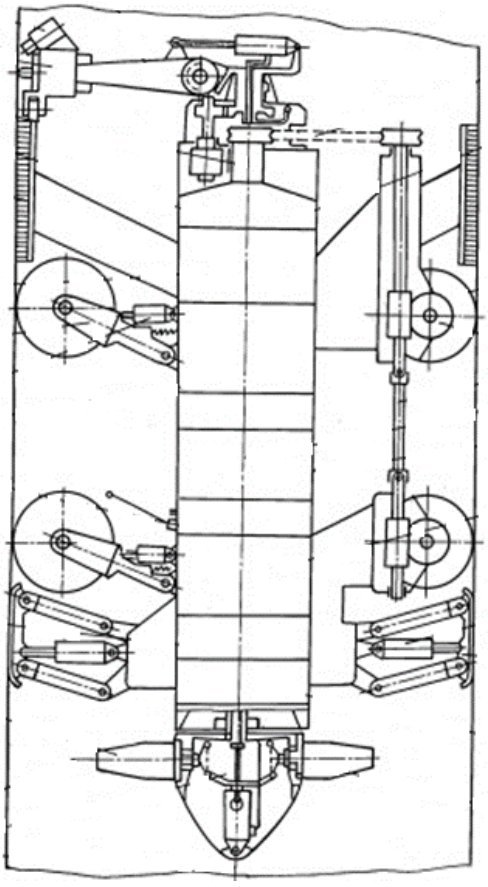


Рис. 1. Продольный разрез внутритрубного транспортного средства

Основным недостатком данного транспортного средства является то, что отсек для оборудования негерметичен, что в свою очередь влияет на достоверность полученных с помощью устройства данных.

Универсальный диагностический снаряд-дефектоскоп (рис. 2). Устройство представляет собой цепочку функциональных модулей с головным транспортирующим средством, содержащим шасси. Недостатком такого механизма является то, что для проведения диагностики состояния стенок газопровода необходимо резко снижать скорость перекачки продукта, что в свою очередь задерживает транспортировку поставляемого продукта. Преимуществом данного устройства является наличие четырех секций контроля – магнитной, ультразвуковой, навигационных и высотно-плановых отметок, энергетической.

Автономный адаптивно шагающий робот для диагностики газопроводов (рис. 3). Данный робот представляет собой аэродинамическое тело с пропеллером. Преимуществом данного устройства является возможность к адаптации обнаруженных дефектов, эксплуатация без снижения производительности газопровода.

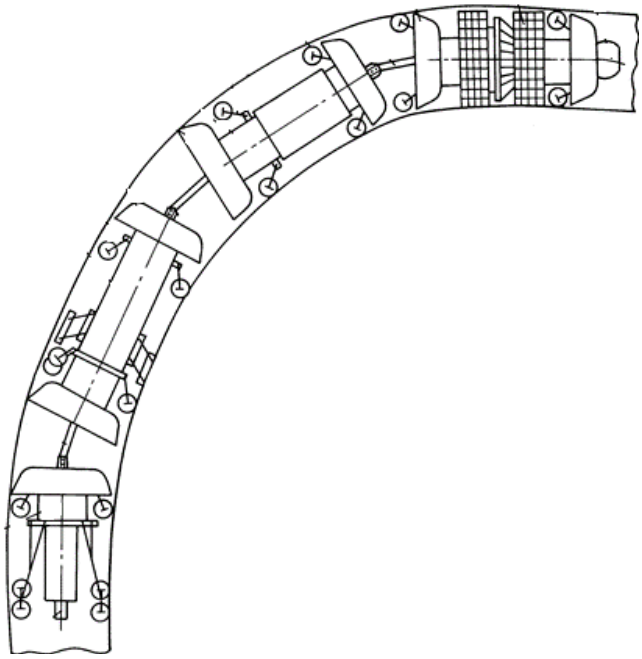


Рис. 2. Общий вид универсального диагностического снаряда

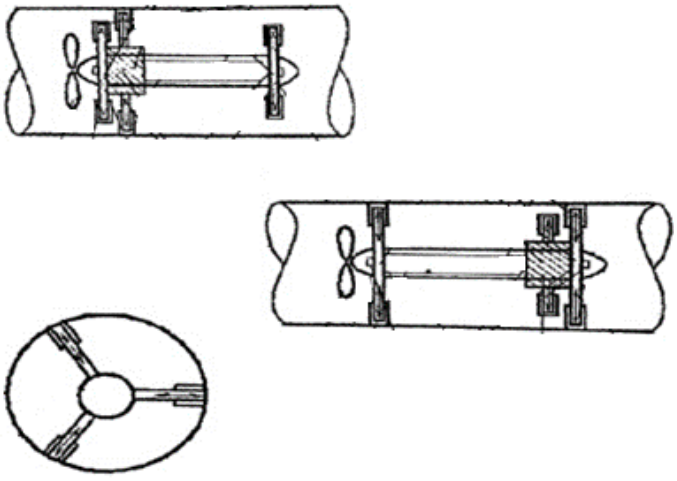


Рис. 3. Общая конструкция шагающего робота

С каждым годом в России и за рубежом появляется все больше новых наработок в области диагностических робототехнических комплексов, поскольку они позволяют получать более точные данные о состоянии и пригодности газопроводов относительно альтернативных видов диагностических работ, одновременно различают несколько видов дефектов и повреждений функционируют в жестких и экстремальных условиях эксплуатации.

Библиографический список

1. Универсальный диагностический снаряд-дефектоскоп для контроля за состоянием трубопровода, патент РФ №2111453, МПК G01B 17/00, F17D 5/00, F16L 57/00, опубл. 20.05.1998.

2. СТО Газпром 2-2.3-066-2006: Положение о внутритрубной диагностике трубопроводов КС и ДКС ОАО «Газпром».

3. СНиП 2.05.06-85* Магистральные трубопроводы.

4. Патент РФ № 2571242. Автономный адаптивно шагающий робот для диагностики газопроводов.

УДК 658.51

П.Н. Соколова
магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении
Г.С. Армашова-Тельник – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

КОНЦЕПТАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЦЕССУ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

Концептуальные подходы представляют собой ориентацию энергоотрасли инновационного процесса на реализацию конкретных задач. В рамках ряда аксиономичных методологических положений значимость и роль инноваций, результаты научно-технических достижений в увеличении производительности социального производства широко освещаются в отечественной и зарубежной литературе, где в том числе популяризируется эффект общественного производства.

Кроме того, для эффективных энергопредприятий, в настоящий период научно-производственных организаций, внедрение инновационных проектов может представлять своего рода опасность. Они имеют все возможности для создания и изучения разнообразных инновационных проектов, и в тоже время имеется определенная сложность в прогнозировании результатов реализации научно-технических достижений, потенциала конкурентоспособности инновационных проектов. Все это приводит, к попыткам обеспечения эффективности (в т.ч. прибыльность) работы, которая основывается на результатах инновационных решений, к снижению финансово-экономических показателей, потере захватываемой доли рынка и порой к банкротству [1].

Автор полагает, что осложнение финансово-экономического состояния энергопредприятий не считается результатом отсутствия инновационных внедрений. Проблема заключается в недостаточно эффективном управлении инновационными внедрениями, направленными на конкретный коэффициент (например, на доход), либо показатели. Из диаграммы рисунка 1 видно, что в 2018 году только 10% инновационных внедрений достигают коммерческого успеха, а доля неудачных внедрений составляет 90%.

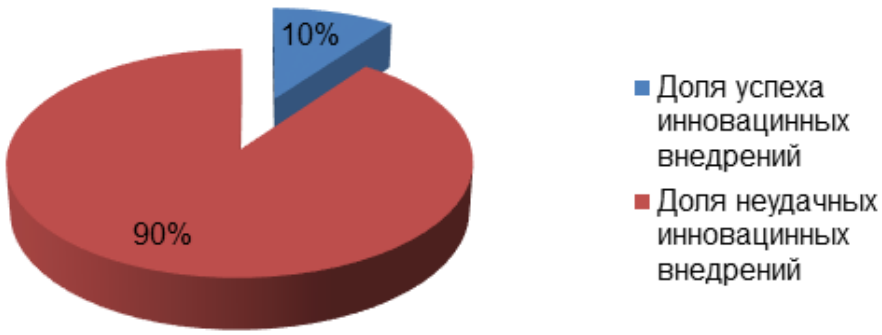


Рис. 1. Соотношение успешных/неуспешных инновационных внедрений в промышленной отрасли России [2]

Перед энергопредприятиями внедряющими инновации в свою деятельность, появляется ряд вопросов, предопределяющих формирование инновационных процессов. К таким вопросам принято относить [3]:

1) могут ли все задачи и этапы инновационного внедрения быть решены и выполнены на энергопредприятии;

2) какая доля инновационных проектов может быть выполнена сторонними энергетическими организациями;

3) нельзя ли поставленную цель выполнить более эффективно путем приобретения лицензий;

4) обеспечат ли затраты на инновационные проекты более высокую эффективность по сравнению с общими затратами на производство или маркетинг;

5) могут ли затраты на производство и маркетинг гарантировать эффективность работы энергопредприятия в долгосрочном плане, если они оказались более эффективными в краткосрочном плане.

Решение данных вопросов усложняется, принимая во внимание типы инновационных внедрений (продуктовые, процессные, маркетинговые, организационные). При рассмотрении данных вопросов необходимо определить концепцию, которая ориентирована на приоритетные направления развития. При этом на всех уровнях управления инновациями, доминирует продуктовая ориентация инноваций, т.е. ориентация на производство инновационных проектов (рис. 2).

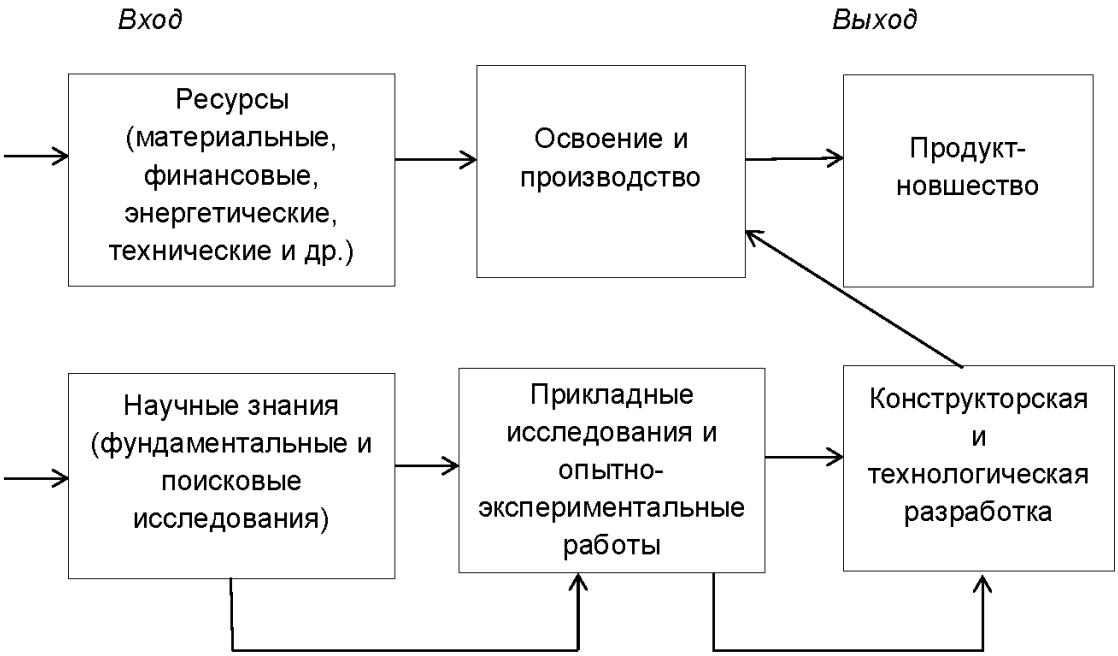


Рис. 2. Концепция ориентаций на нововведения [4]

Согласно данной концепции процесс инноваций отображает продуктовую ориентацию, когда позиции потребителя по отношению к производителю недостаточно сильны. В данном случае все требования, связанные с формированием, освоением и распространением инновационных проектов, определяет производитель.

Таким образом, внедрение инновационных проектов необходимо рассматривать как передачу знаний (научных, технических) в сферу удовлетворения потребностей потребителей. Инновационный проект при этом преобразуется только в носителя технологии, и модель, которую он принимает, эффективно функционирует после увязки технологий и удовлетворяемой потребности, в соответствии с принятым подходом при внедрении проекта. Что, в свою очередь создает благоприятные условия для повышения темпов роста деятельности энергопредприя-

тия, внедряющего инновационный продукт, повышает уровень его (энергопредприятия) конкурентоспособности, расширяет спектр предпринимательских возможностей на отраслевом рынке.

Библиографический список

1. Медынский В.Г. Инновационный менеджмент. М.: ИНФРА-М, 2017.. 295 с.
2. Инновационная стратегия. URL: https://studref.com/366943/menedzhment/innovatsionnaya_strategiya (дата обращения 11.02.19).
3. Демакова Е.А. Повышение эффективности закупок для государственных нужд на основе мониторинга и оценки качества продукции. М.: ИНФРА-М, 2017. 288 с.
4. Мухамедьяров А.М. Инновационный менеджмент. 3-е изд. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. 191 с.

УДК 621.431.75

С.И. Соловьев
магистрант кафедры управления в технических системах
В.С. Акопов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРЕДПОМПАЖНЫХ СОСТОЯНИЙ АВИАДВИГАТЕЛЯ

Помпаж газотурбинного двигателя – это сложный многофакторный и процесс, который сопровождается: сильными низкочастотными колебаниями, повышением температуры, падением тяги авиадвигателя. В результате помпаж может привести к повреждению авиадвигателя, пожару и даже к катастрофическим последствиям.

В настоящий момент работа системы ликвидации помпажных явлений, рассмотренной ранее [1], ограничивается началом помпажного режима и заброса температуры соответственно.

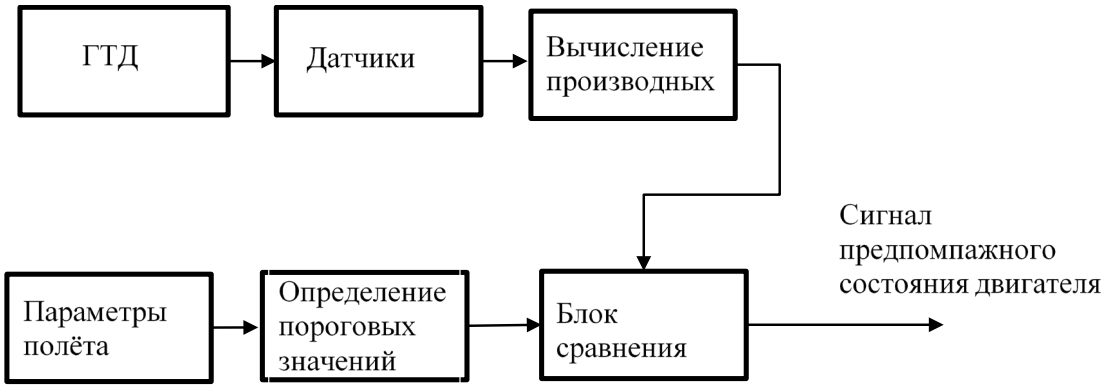
Данная система требует дополнения алгоритмом диагностики предпомпажных состояний для более полной и комплексной защиты двигателя и снижения вероятности появления помпажа, что в свою очередь может исключить необходимость ликвидации помпажа.

Предсказание помпажа, возникшего неожиданно при поломке или резком внешнем возмущении, теряет необходимость, так как быстродействия исполнительных механизмов не хватит для его предотвращения.

Система предупреждения помпажа применяется в случаях, когда можно прогнозировать возникновение неустойчивой работы двигателя. Система состоит из датчиков, регистрирующих возмущения, логические устройства, сравнивающего действующие возмущения с допустимыми, и устройства, вырабатывающего командные сигналы на изменения положения регулируемых элементов компрессора и двигателя в целом для кратковременного (на время действия возмущений) увеличения запасов устойчивости компрессора и последующего восстановления режима работы двигателя. Иногда датчики и логическое устройство заменяются временным механизмом [2].

Известны методы диагностики помпажа при которых за измеряемые параметры принимают: температуру газа перед турбиной, оцениваемую по показаниям пирометра, измеряющего температуру рабочих лопаток турбины, давления на входе и выходе компрессора, частоту вращения ротора турбины. Как известно, при возникновении помпажа возрастает температура газа за турбиной, падает скорость вращения ротора турбины, резко уменьшается давление воздуха за компрессором относительно давления па входе в воздухозаборник [3].

Работа системы происходит следующим образом. Логическое устройство сравнивает значения производных температуры газа dT/dt за турбиной (Т4), разницы давлений на входе и выходе компрессора $d\Delta P/dt$ и оборотов двигателя $d\omega/dt$ с пороговыми значениями этих производных, переменных в зависимости от расхода топлива двигателя G, высоты L и скорости V летательного аппарата. Результатом работы системы является подача сигнала о возможности возникновения эффекта помпажа. Для определения предпомпажного состояния достаточно, чтобы два параметра вышли за пороговые значения. Также, поскольку данная система является системой с избыточной структурой (так как для определения предпомпажного состояния достаточно сигналов по 2-м каналам из 3-х), она будет иметь повышенную отказоустойчивость.



Структурная схема системы выявления
предпомпажных состояний авиадвигателя

Структурная схема системы представлена на рисунке.

В системе применяется блок определения влияния параметров полёта на работу системы, коэффициенты которого определяются с помощью экспертной оценки.

Результатом работы системы является формирование сигнала о возможности возникновения помпажа. Данный сигнал может использоваться противопомпажной системой авиадвигателя для устранения косвенного признака, способного привести к помажу (например, к началу работы механизации мотогандолы) или, например, сигналу пилоту о возможности возникновения помпажа или необходимости вывода самолёта из критического для работы двигателя угла атаки.

Библиографический список

1. Ольштейн Л. Е. Помпаж двигателя // Авиация: Энциклопедия / Под ред. Г. П. Свищёва. М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. 440с.

2. Рудаченко А.В., Чухарева Н.В., Байкин С.С. Газотурбинные установки. Томск: ТПУ, 2008. 139 с.

3. Кудашов Д.Д., Токарев В.П. Диагностирование помпажа газотурбинного двигателя. / Решетниевские чтения. Красноярск: СибГУ им. Решетнева, 2013.

УДК 621.311.22

Е.В. Степаненко
магистрант кафедры электромеханики и робототехники
М.А. Волохов — кандидат технических наук, доцент — научный руководитель

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

В настоящее время в России энергетика является фундаментальной областью экономики и стратегически значимой областью для всего государства. От ее состояния и темпов модернизации зависят соответствующие темпы роста других отраслей хозяйства. Энергетика даёт различные возможности для использования современных технологий, а также обеспечивает совместно с другими факторами современный уровень жизни населения.

В настоящий момент в составе генерирующих мощностей электростанций России преобладают тепловые электростанции, доля которых в установленной мощности составляет 67 %, доля атомных электростанций — 11%, гидравлических станций — 21%, доля ветроэнергетических станций составляет около 1% [1].

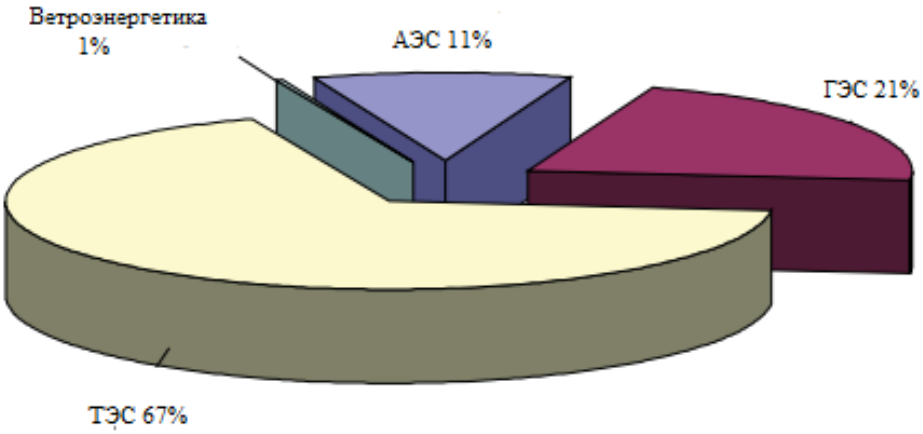


Рис. 1. Доля источников электрической энергии в Российской Федерации

На данный момент основу Российской энергетики составляют паротурбинные установки тепловых электростанций. В будущем уже использующиеся в работе паротурбинные установки могут быть заменены современными парогазовыми установками, которые характеризуются улучшенными энергетическими, экономическими и экологическими показателями. Вследствие этого возникает необходимость рассмотрения отличительных особенности паротурбинных и парогазовых установок.

Паротурбинная установка — это непрерывно действующий тепловой агрегат, рабочими телами которого являются вода и водяной пар [2]. Паротурбинная установка является агрегатом для преобразования энергии сжатого и разогретого до высокой температуры пара в энергию для вращения ротора паровой турбины. Паротурбинная установка состоит из паровой турбины и необходимого дополнительного оборудования. Паротурбинные установки применяются для привода турбогенератора на тепловых и атомных электростанциях. Коэффициент полезного действия паротурбинной установки находится в пределах от 8 до 40%.

К преимуществам паротурбинной установки относятся:

1. Возможность применения различных видов топлива (газообразное, жидкое, твердое).

2. Высокая единичная мощность.

3. Большой выбор теплоносителя.

4. Большой диапазон мощностей.

5. Внушительный ресурс паровых турбин.

Но также присутствуют недостатки.

1. Довольно низкая термическая и энергетическая эффективность.

2. Достаточно большое количество вредных выбросов в окружающую среду при использовании твёрдого топлива.

3. Сложность капитального ремонта и необходимость больших капиталовложений для его проведения.

4. Высокая стоимость производства.

В связи с продолжительным ростом цен на органическое топливо, стоимость электрической и тепловой энергии, которая производится с помощью паротурбинных установок электрических станций, неуклонно растет. На данный момент одним из самых перспективных и современных способов реконструкции тепловых электростанции является замена паротурбинной установки на парогазовую установку.

Парогазовая установка — сравнительно новый тип генерирующих станций, которая работает на газе или на жидком топливе [2]. Парогазовая установка включает в себя две составляющие: газотурбинную и паровую установки.

В газотурбинной установке вращение вала турбины обеспечивается продуктами сжигания топлива (в качестве топлива используется природный газ, но также возможно использование дизельного топлива). Образовавшиеся в камере сгорания газотурбинной установки продукты сжигания топлива вращают ротор турбины, а ротор турбины вращает вал первого генератора. В газотурбинном цикле коэффициент полезного действия не превышает 40%. Отработавшие в газотурбинной установке продукты сжигания топлива, имеющие высокую температуру, попадают в котел-утилизатор. В котле-утилизаторе продукты сжигания топлива нагревают пар до температуры, необходимой для работы паровой турбины, к которой присоединён еще один генератор. В паровом цикле используется примерно 20% энергии топлива, сгоревшего в газотурбинной установке. Таким образом, суммарный коэффициент полезного действия установки в целом достигает 60% , что намного выше, чем коэффициент полезного действия паротурбинной установки.

Парогазовая установка имеет следующие преимущества.

1. Высокий коэффициент полезного действия (достигает 60 %);

2. Низкая стоимость единицы установленной мощности;

3. Меньшее потребление воды на единицу вырабатываемой энергии, чем в п аросиловых установках;

4. Достаточно малые сроки постройки (среднее время постройки составляет 9-12 месяцев);

5. Меньшее, по сравнению с паротурбинными установками, воздействие на окружающую среду.

Но также присутствуют недостатки.

1. Необходимость в фильтровании воздуха, применяемого для сжигания топлива;

2. Ограниченность вида используемого топлива. Основным топливом является природный газ, а резервным топливом является дизельное.

Вопреки имеющимся недостаткам, замена или реконструкция паротурбинных установок на парогазовые позволит увеличить общий коэффициент полезного действия производства электрической и тепловой энергии, а также сократить

количество используемого газа. По проведённым расчётам, средняя годовая экономия газа в энергетической отрасли к 2030 году составит около 35 млрд. $м^3$ в год[3]. Использование парогазовых установок рационально в газовой промышленности, поскольку использование природного газа как основного вида топлива позволит достаточно эффективно развивать конструкции газовых турбин, что позволит повысить коэффициент полезного действия газовых турбин.

Использование парогазовых установок, на данный момент, является одним из главных путей развития теплоэнергетики в России и за рубежом, также применение парогазовых установок более выгодно по экологическим и энергетическим показателям. Необходимо развивать данное направление в энергетике и стараться увеличивать процент использования парогазовых установок на тепловых электростанциях.

Библиографический список

1. Андрей Метельников. Энергетика России: между прошлым и будущим. URL: https://novostienergetiki.ru/energetika-rossii-mezhdu-proshlym-i-budushhim/. (дата обращения 16.12.2018).

2. Цанев С.В., Буров Д.В., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. М.: МЭИ, 2002. 584 с.

3. Энергетическая программа России за период до 2030 г. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. URL: https://minenergo.gov.ru/node/1026 (дата обращения 16.12.2018).

УДК 621.3.051

Н. С. Тарасов
магистрант кафедры электромеханики и робототехники
Р. Ш. Еникеев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОПОГЛОЩАЮЩЕГО РЕЗИСТОРА FDR ДЛЯ БЫСТРОГО ВЫВОДА ЭНЕРГИИ

Международный экспериментальный термоядерный реактор (International Thermonuclear Experimental Reactor, или ITER) представляет собой установку, создающую условия для реализации реакции синтеза легких водородоподобных ядер (изотопов водорода), которая сопровождается значительным выделением энергии. В этом проекте для защиты сверхпроводящих катушек при возникновении аварийной ситуации (потеря сверхпроводимости) используется система быстрого аварийного вывода энергии, состоящая из сильноточного выключателя и энергопоглощающего резистора FDR.

Резисторы быстрого вывода энергии FDR изготавливаются из стали с высоким температурным коэффициентом для уменьшения максимального тока на катушках во время быстрой разрядки. Для этого была выбрана мягкая сталь с температурным коэффициентом $\beta \approx 4.6 \cdot 10^{-3}$ 1/°C.

В данной работе приведено описание конструкции, даны основные технические характеристики и предлагается программа исследования направленная на подтверждение работоспособности резистора FDR.

Конструкция

Модульная конструкция реализуется при изготовлении резисторов FDR, используемых для разряда катушек тороидального поля TF, полоидального поля PF и центрального соленоида CS. Резисторы FDR спроектированы с использованием унифицированной резисторной секции.

Секция резистора включает в себя резистивный элемент с токоподводами, приваренными к его концам, который помещен в металлический корпус. Резистивный элемент изготавливается из ленты мягкой холоднокатаной стали толщиной 1мм и формируется в зигзагообразные пакеты, как показано на рисунке 1.

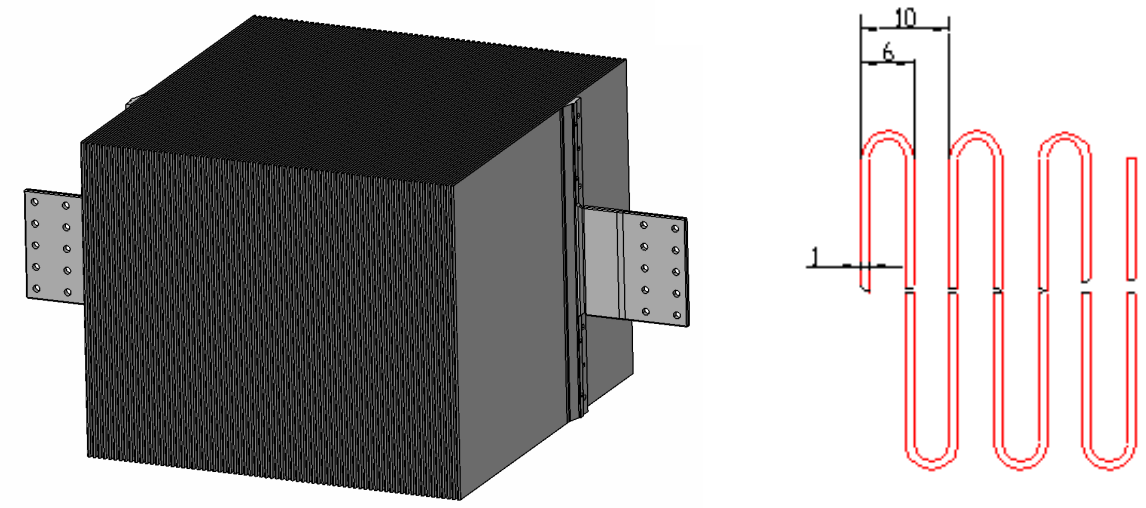


Рис. 1. Резистивный элемент (слева) и зигзагообразная форма пакетов (справа)

Основные параметры секции резистора представлены в табл. 1.

Защита от коррозии обеспечивается покрытием резистивного элемента термостойкой эмалью, предназначенной для длительной эксплуатации при температуре 300°С.

Таблица 1

Основные параметры секции резистора

Параметры	Единицы измерения	Значения
Номинальная энергия	МДж	220
Амплитуда тока	кА	17
Сопротивление при 20°С	Ом	0.025
Ширина проводящей ленты	мм	580
Длина проводящей ленты	м	111
Масса проводника	кг	517
Общая массая секции	кг	1000

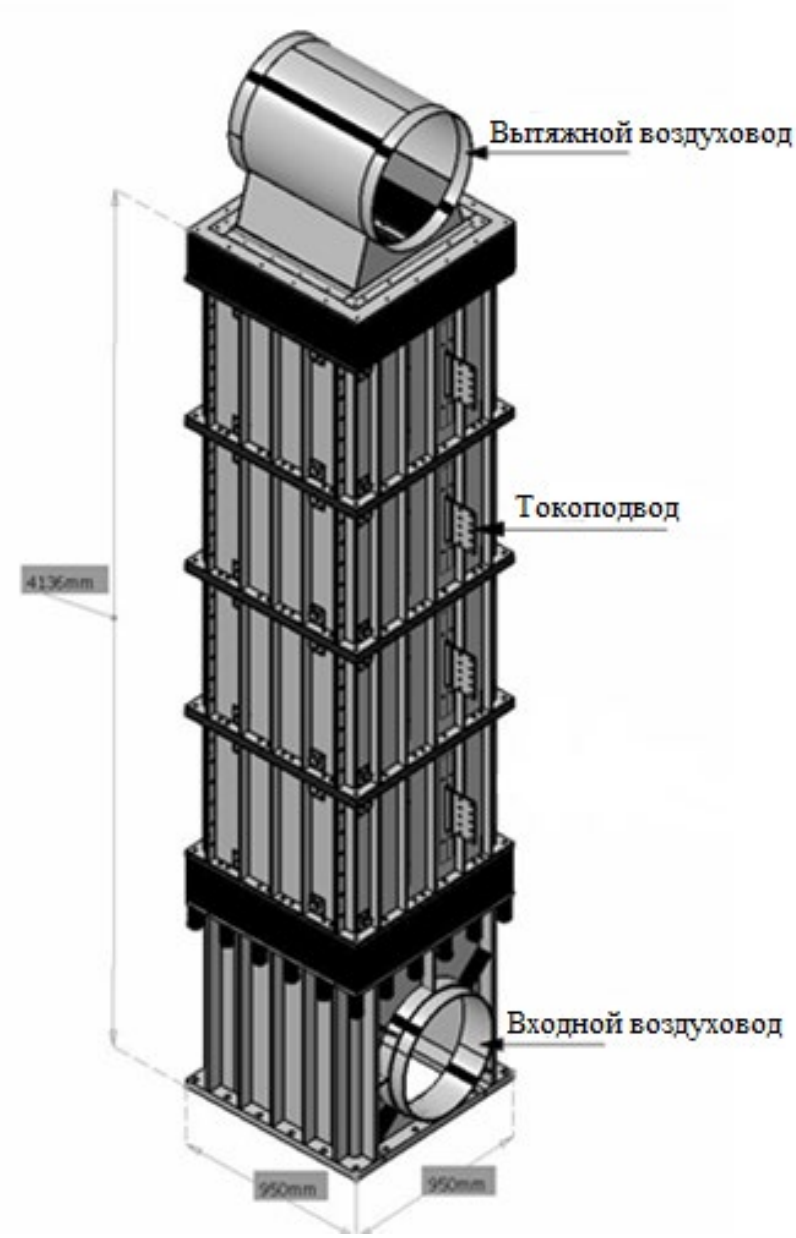


Рис. 2. Модуль резистора FDR

Резистивный элемент электрически изолирован от кожуха при помощи четырех керамических втулок, каждая из которых рассчитана на испытательное напряжение переменного тока 6 кВ. Втулки крепятся к корпусу через амортизаторы на основе дисковых пружин с целью обеспечения равномерного растяжения резистивного элемента во всех направлениях при нагреве и снижения механических нагрузок, вызванных сейсмическими явлениями.

Базовые секции собираются в вертикальные модули: четыре секции, соединенные параллельно, располагаются одна над другой, как показано на рисунке 2. Каждый модуль оборудован одним узлом подачи охлаждающего воздушного потока (входной воздуховод) внизу и один узел вытяжки воздуха (вытяжной воздуховод) расположенный в верхней части модуля. Эти узлы подачи и вытяжки воздуха изолированы от корпусов резистивных секций на напряжение переменного тока 28 кВ.

Основные технические характеристики

Основные расчетные данные резистора FDR, приведенные в таблице 2, которые были получены на основе экспериментального анализа. Для анализа использовались следующие критерии:

– максимальная температура резистора во время вывода энергии не должна превышать 300°С;

– начальная температура резистора (стали) в начале быстрого вывода энергии должна варьироваться от 5°С до 40°С.

– интеграл действия тока в течении быстрого вывода энергии должен быть ограничен $2{,}54 \cdot 10^{10}$ $А^2 \cdot с$ (т=11 с.)

Таблица 2.

Основные параметры резистора FDR

Параметры	Величина	Значения		
		при 5°С	при 20°С	при 40°С
Максимальная рассеиваемая энергия	ГДж	3.84	3.81	3.77
Максимальный начальный ток	кА	68		
Сопротивление модуля	Ом	0.104	0.111	0.120
Относительное увеличение сопротивления во время разрядки	Ом	2.25	2.34	2.48
Максимальное напряжение	кВ	7.1	7.5	8.2
Масса проводникового материала	т	36		
Температура резистора в конце вывода энергии	°С	223	236	254
Время охлаждения при естественной вентиляции	ч	4-13		
$\int i^2(t)dt$	$МА^2с$	0.025	0.024	0.022
Номинальный уровень изоляции в соответствии с IEC 60071	кВ ~	4-13		

Испытания на температуру

Для проведения испытания все секции модуля должны быть соединены последовательно. Перед испытанием четыре термопары необходимо поместить на слюдяную основу и закрепить внутри верхнего резистивного элемента. Перед ис-

пытанием отверстия воздухозаборников и блоков подачи воздуха должны быть закрыты временными пластинами из жаропрочного материала для обеспечения равномерного нагрева модуля FDR.

Требуемое оборудование:

– преобразователь тока NXCT-F3;
– цифровой осциллограф Tektronix MSO-4104 (B);
– прибор для измерения температуры Центр 314;
– термопары типа K подключенные к монитору SR 630.

Основным параметром, который должен измеряться во время испытания, является температура верхнего резистивного элемента.

Кроме того, для правильного управления источником питания будут измерены следующие параметры:

– температура внешней поверхности корпуса модуля;
– температура окружающей среды;
– температура верхнего резистивного элемента при охлаждении модуля.

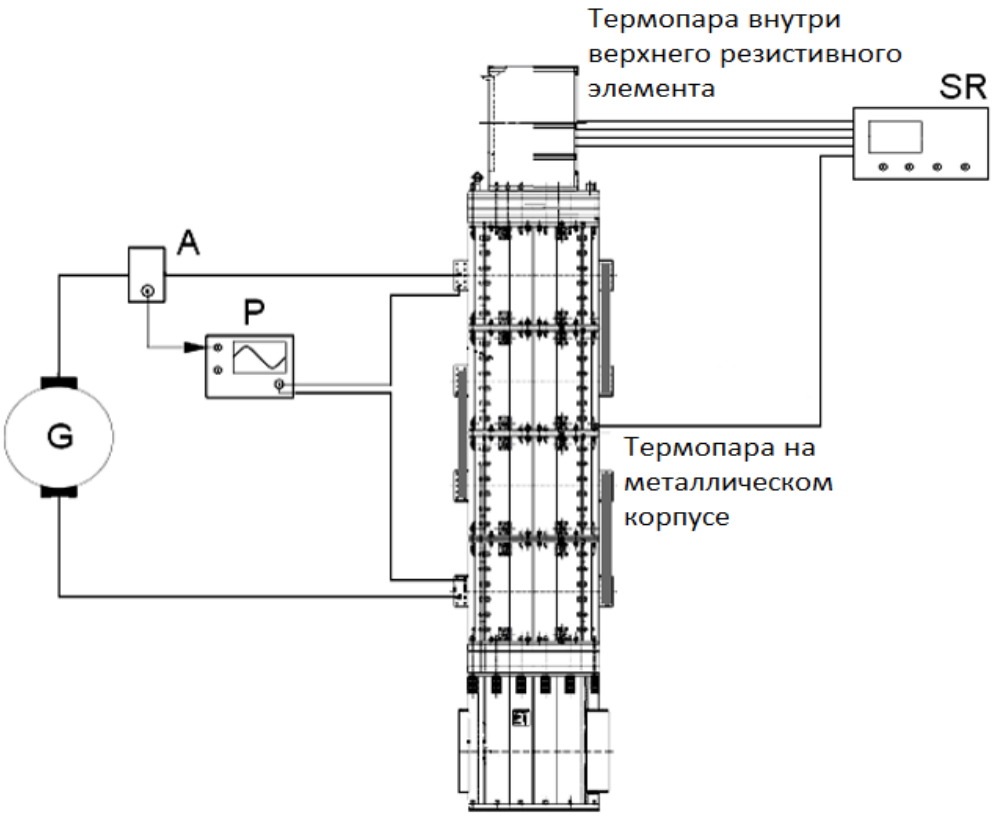


Рис. 3. Электрическая схема для испытания на повышение температуры модуля FDR: A - преобразователь тока NXCT-F3; P – Осциллограф Tektronix MSO 4104; G - генератор постоянного тока; SR - термопарный монитор SR 630

Испытание на повышение температуры для модуля TF FDR должно проводиться при постоянном токе 3 ± 0,5 кА. Температура окружающей среды должна измеряться на расстоянии 2-4 м от модуля FDR. Для проведения испытания:

– свободные (верхний и нижний) токоподводы модуля FDR должны быть подключены к генератору постоянного тока (G);
– измерительные приборы и оборудование должны быть подключены согласно схеме, показанной на рисунке 3;

Испытание будет продолжаться до тех пор, пока температура верхнего резистивного элемента модуля FDR не достигнет 300 °C.

После испытания, когда модуль FDR остынет до температуры, равной температуре окружающей среды, должны быть проведены следующие испытания:

– Испытание сопротивления изоляции;
– Испытание на выдерживаемое напряжение;
– Измерение сопротивления секций TF FDR.

Модуль FDR будет считаться прошедшим тест, если:

– Не будет никаких признаков механического повреждения или повреждения изоляции после цикла прогрева и охлаждения;
– Будет пройдено испытание на стойкость к напряжению, выполненное после успешного завершения испытания на повышение температуры;
– Сопротивление изоляции будет иметь значения, соответствующие необходимым критериям.

Библиографический список:

1. УТС-Центр 2005 г. Энергетика будущего. Международный проект ИТЭР / Под ред. акад. Е.П. Велихова.
2. Термоядерный реактор ITER ауг. 28. 2012. URL: https://masterok.livejournal.com/207862.html (дата обращения: 12.03.2019).

УДК 255.621

Е. Р. Терещенко
студентка кафедры управления в технических системах
М. В. Бураков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ШИН ШИНОПРОВОДОВ ИТЭР

При описании шинопроводов постоянного тока ИТЭР, наиболее серьезной неисправностью которых является потеря охлаждающей воды, а также затронем описание системы контроля сборных шин (BBMS), которая обеспечивает непрерывный мониторинг о тепловом состоянии шин. Далее рассмотрим описание архитектура BBMS, ее компоненты и результаты их тестирования, принятые организацией ИТЭР и признанные соответствующими первоначальным требованиям к разработке и эксплуатации BBMS.

Система контроля сборных шин предназначена для постоянного контроля теплового состояния шин постоянного тока ИТЭР.

Система контроля сборных шин измеряет расход воды и температуру воды на выходах каналов системы охлаждения сборных шин, а также измеряет температуру поверхности медных вставок между сборными шинами с помощью оптоволоконных датчиков температуры.

Система мониторинга состояния шинопроводов ИТЭР обеспечивает контроль за температурой шинопроводов и своевременное предупреждение возникновения аварийных ситуаций (локальный перегрев, повреждение изоляции на участке шинопровода, потеря воды в охлаждающем канале).

Для соединения двух участков шинопровода, а также для компенсации тепловых расширений, вызываемых нагревом из-за протекающего тока, между смежными секциями устанавливаются гибкие компенсаторы или жесткие вставки.

Система мониторинга состояния шинопроводов ИТЭР относится к классу безопасности non-PIC, классу качества 2, классу сейсмостойкости SC2 [1].

Общие сведения о высоковольтных шинопроводах ИТЭР

Система шинопроводов ИТЭР, трехмерная модель которой показана на рисунке 1, обеспечивает подведение мощности от преобразователей, расположенных в зданиях B32 и B33, через здание коммутирующей аппаратуры B74 к сверхпроводящим обмоткам магнитной системы токамака, которые располагаются в здании B11. Суммарная длина шинопроводов в ИТЭР составляет более 5000 м.

Шинопроводы ИТЭР разделены на три группы, в соответствии с назначением сверхпроводящих обмоток, к которым они подключены:

– PF/CS – шинопроводы обмоток полоидального поля и центрального соленоида;

– TF – шинопроводы обмоток тороидального поля;

– CC – шинопроводы корректирующих обмоток.

Элементы шинопроводов, показанные на рисунке 2, представляют собой алюминиевые проводники большого сечения длиной по 8 – 12 метров, собранные в компактную бифилярную конфигурацию. Каждый проводник имеет поперечное сечение 20000 мм^2 (100×200 мм) [2].

Соседние отрезки шинопроводов соединяются друг с другом посредством компенсаторов тепловых расширений (термокомпенсаторов), показанных на рисунке 3, или жестких вставок.

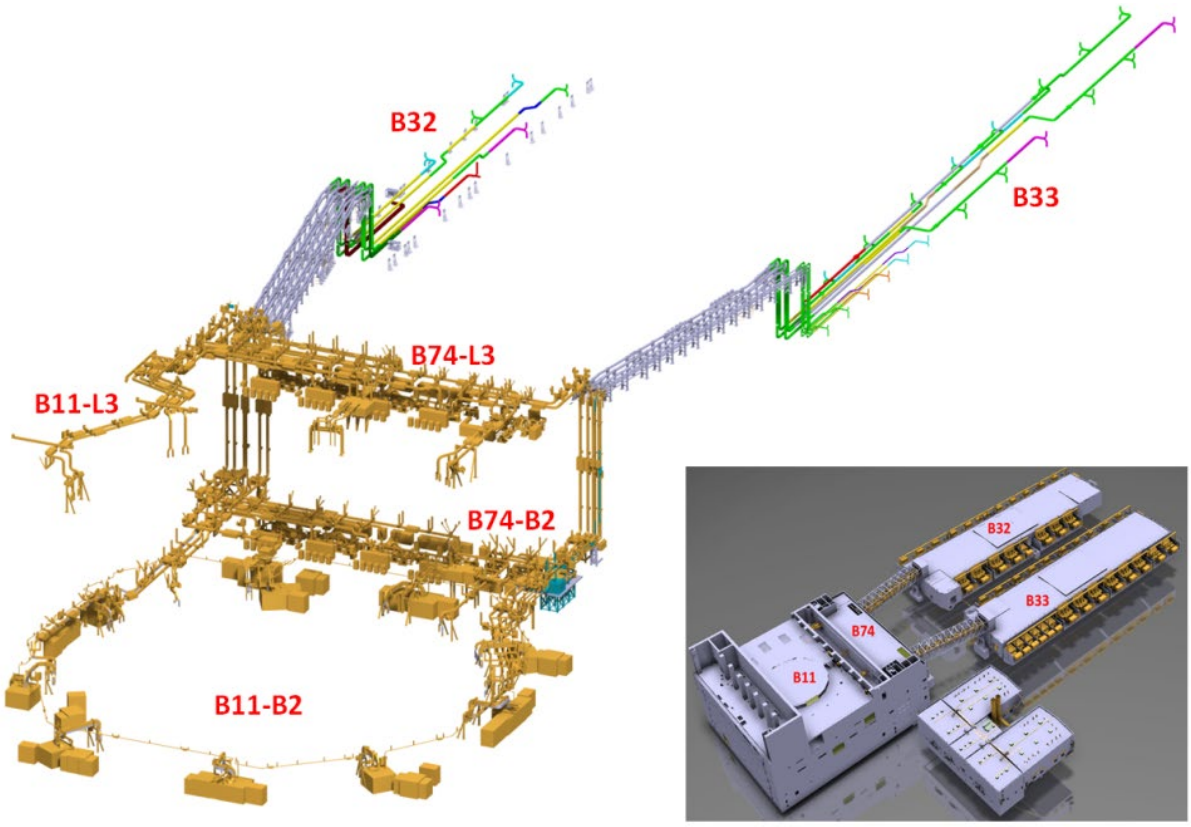


Рис. 1. Трехмерная модель системы шинопроводов ИТЭР

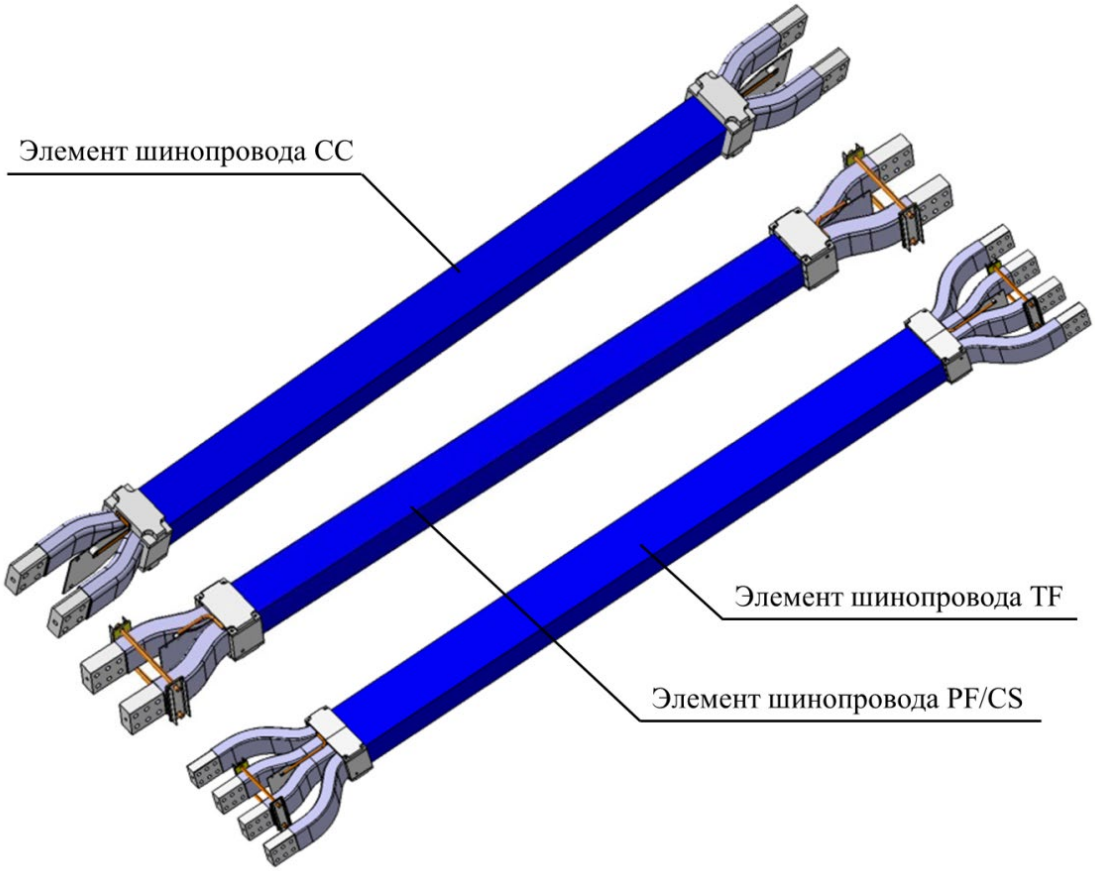


Рис. 2. Элементы шинопроводов ИТЭР



Рис. 3. Соединение двух элементов шинопровода
при помощи компенсаторов тепловых расширений

Для контроля температуры шинопроводов на поверхности термокомпенсаторов / жестких вставок необходимо установитьволоконно-оптические датчики температуры.

Волоконно-оптический датчик представляет собой набор сенсорных элементов (16 / 8 / 4 сенсорных элемента в датчике в зависимости от системы), установленных на термокомпенсаторах в одном боксе.

Датчики подключаются магистральными волоконно-оптическими кабелями к устройствам опроса и обработки данных, которые размещены в стойках управления в здании B74.

Таким образом**,** BBMS - это распределенная система сбора данных, отвечающая за сбор передачу данных о состоянии алюминиевых шин и их системы охлаждения в соответствующую систему (TF, PF / CS или CC). Тепловое состояние сборных шин контролируется двумя методами, основанными на разных физических принципах, что обеспечивает приемлемый уровень резервирования. BBMS обеспечивает измерение расхода воды в каждом канале и измерение температуры воды на выходе каждого канала системы охлаждения сборных шин. Датчики расхода воды и температуры подключаются к удаленным станциям ввода-вывода, расположенным в ячейках формирования сигнала на выходе. Такой подход позволяет BBMS напрямую обнаруживать неисправность в контуре охлаждающей воды. Кроме того, температура поверхности каждой медной вставки измеряется оптоволоконным датчиком температуры; резкое повышение температуры медной вставки также может указывать на неисправность системы охлаждения винопровода. Таким образом, BBMS состоит из двух независимых подсистем: одна подсистема собирает данные из CWC, вторая - из FOTS.

Подсистема сбора данных CWC связана с блокировкой, и в случае сбоя в системе водяного охлаждения автоматически генерируется событие для управляемого прерывания плазменного импульса. Конструктивно он состоит из контроллера локальной блокировки (LIC), подключенного к набору удаленных станций ввода-вывода, расположенных в CWC. Группы CCC SWC объединены в сеть с «кольцевой» топологией, в зависимости от местоположения в зданиях ITER и принадлежности к одной и той же катушке (рисунок 4), и их связь организована с использованием протокола MediaRedundancyProtocol (MRP), таким образом, обрыв кабеля делает не вызывает потерю данных [3].

FOTS являются непроводящими, электрически пассивными датчиками температуры, принцип действия которых основан на технологии FibreBraggGratings (FBG). FOTS невосприимчивы к электромагнитным помехам и позволяют передавать сигнал на большие расстояния (до 10 км) без потери точности сигнала, по-

скольку они выполняют прямое преобразование температуры объекта в оптическое смещение длины волны, которое не зависит от уровня освещенности. FOTS состоят из нескольких последовательно соединенных чувствительных элементов (SE), количество которых равно количеству медных вставок в распределительной коробке (рис. 5) [3].

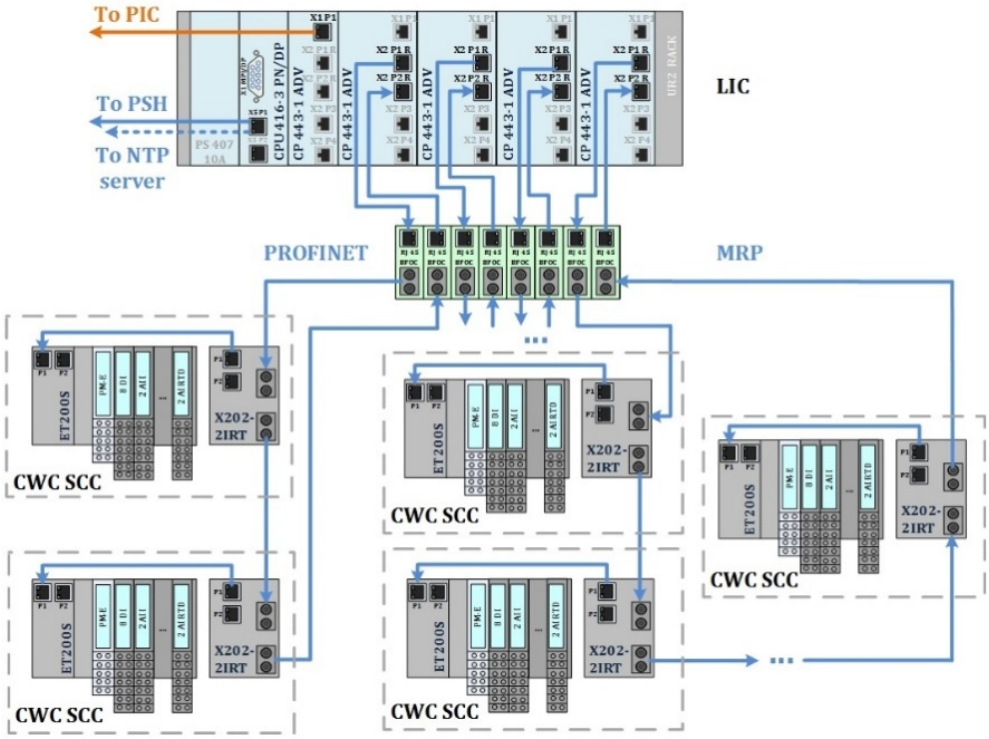


Рис. 4. Подсистема сбора данных CWC для катушек CC

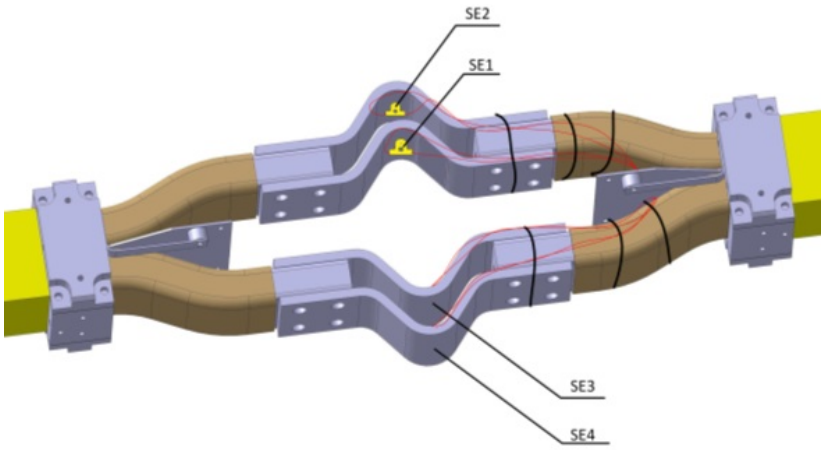


Рис. 5. Расположение SE в распределительной коробке CC

Библиографический список

1. Ф. Милани «Шины постоянного тока для системы электропитания ITER:особенности и проблемы» / XXVI симпозиум по технологиям Fusion (SOFT). Порту. Португалия. 27 сентября-1 октября 2010 г.

2. Протопопов В.Н. Датчик температуры на основе волоконной брэгговской решетки / Proc. SPIE. Достижения в волоконной оптике. 1–10 марта 2000 г. С. 224-228.

3. Леонтьева А. Б. Система контроля сборных шин ITER DC / XXX симпозиум по фузионным технологиям. 16-21 сентября 2018 г. Джардини Накос, Италия.

УДК 629.735.33

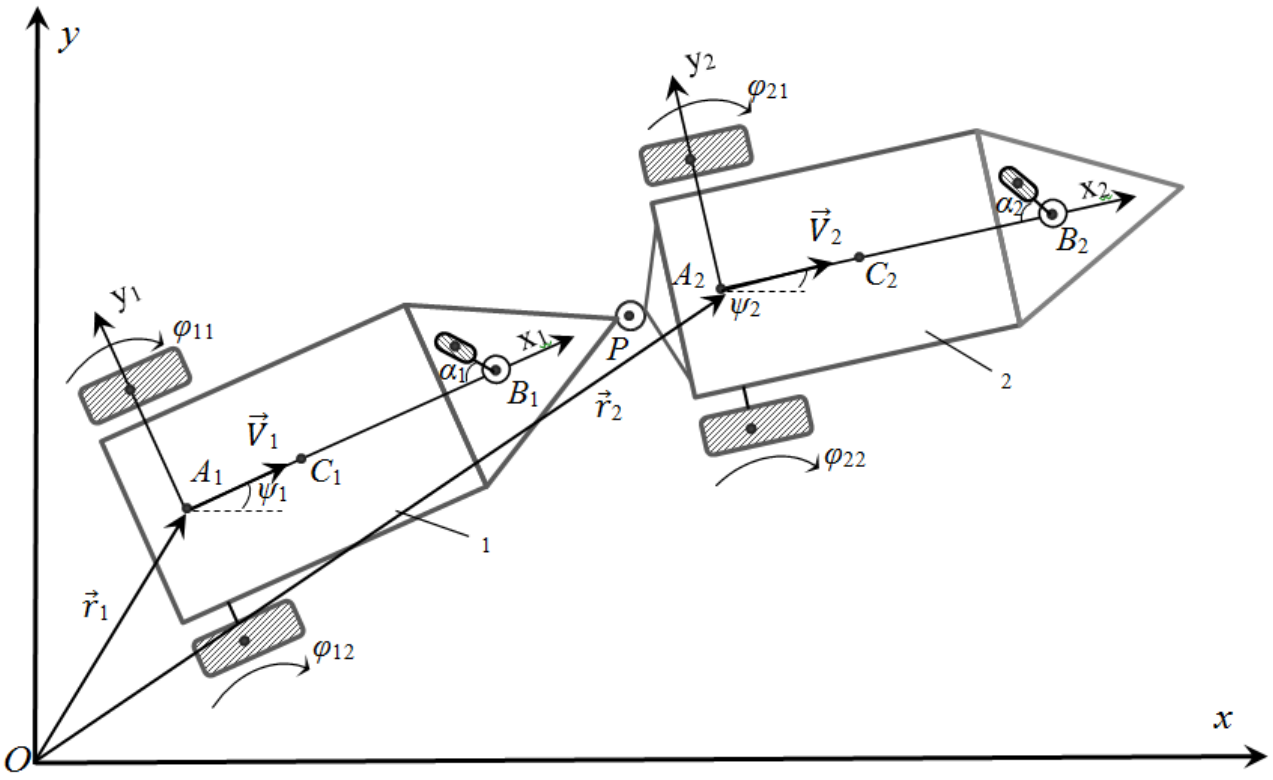
Е.А. Тимофеев
студент кафедры механики, мехатроники и робототехники
Д.В. Афонин
студент кафедры механики, мехатроники и робототехники
Е.Н. Политов − кандидат технических наук, доцент – научный руководитель
Юго-Западный государственный университет, г. Курск

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДВУХСЕКЦИОННОГО КОЛЕСНОГО РОБОТА

В работах [1-3] предложена конструкция роботизированной платформы (тягача) для транспортировки самолетов. Тягач и самолет представляют собой трехколесные транспортные платформы, соединенные между собой сцепкой или шарниром. При этом основной задачей является обеспечение движения такой цепочки роботизированных платформ по заданным траекториям и законам движения.

Математические модели робота с двумя независимо моторизованными соосными ведущими колесами представлены в работах [4-10].

Рассматриваемый робот представляет собой систему из двух мобильных секций с двумя соосными колесами по бортам платформы и рояльным передним колесом, соединенных цилиндрическим шарниром. Движение робота происходит в горизонтальной плоскости по шероховатой поверхности. Кинематическая схема робота приведена на рисунке.



Расчетная схема двухсекционного робота

Положение робота в неподвижной системе координат *Oxyz* описывается шестимерным вектором обобщенных координат

$$\mathbf{q} = \left| x_1\ y_1\ \psi_1\ x_2\ y_2\ \psi_2 \right|^{\mathrm{T}},$$

где x_1, y_1 — координаты точки A_1 — середины отрезка, соединяющего центры D_{11} и D_{12} задних колес секции 1; ψ_1 - угол поворота вокруг вертикали платформы 1, отсчитываемый от оси *Ox;* x_2, y_2 — координаты точки A_2 — середины отрезка, соединяющего центры D_{21} и D_{22} задних колес секции 2; ψ_2 - угол поворота вокруг вертикали платформы 2, отсчитываемый от оси *Ox.*

Определим основные геометрические и кинематические соотношения.

Вектор обобщенных скоростей системы

$$\dot{\mathbf{q}} = \left| \dot{x}_1\ \dot{y}_1\ \dot{\psi}_1\ \dot{x}_2\ \dot{y}_2\ \dot{\psi}_2 \right|^{\mathrm{T}}$$

содержит $\dot{x}_1$, $\dot{y}_1$ — проекции скорости V_1 точки A_1 на оси *Ox* и *Oy* соответственно и $\dot{\psi}_1 = \Omega_1$, где Ω_1 — проекция угловой скорости ω_1 платформы на ось *Oz* - для платформы 1 и аналогичные параметры: $\dot{x}_2$, $\dot{y}_2$, $\dot{\psi}_2 = \Omega_2$ - для платформы 2.

Неголономные связи определяют множество псевдоскоростей системы. В рассматриваемом случае элементами такого множества являются скорость V_1 точки A_1 и угловая скорость платформы 1 ω_1, а также скорость V_2 точки A_2 и угловая скорость платформы 2 ω_2.

Так как робот имеет четыре степени свободы, вектор его псевдоскоростей $\dot{\boldsymbol{\pi}} = \left| V_1 \quad \Omega_1 \quad V_2 \quad \Omega_2 \right|^T$ включает четыре элемента: скорость $V_1 = \dot{x}_1 \cos\psi_1 + \dot{y}_1 \sin\psi_1$ точки A_1, угловую скорость платформы $\Omega_1 = \dot{\psi}_1$, скорость $V_2 = \dot{x}_2 \cos\psi_2 + \dot{y}_2 \sin\psi_2$ точки A_2, угловую скорость платформы $\Omega_2 = \dot{\psi}_2$.

Уравнения неголономных связей в виде проекций скоростей точек контакта ведущих колес на оси $A_2x_2y_2$ получим из условия отсутствия проскальзывания ведущих колес относительно поверхности:

$$\begin{cases} V_{D_{21}y_2} = V_{D_{22}y_2} = -\dot{x}_2 \sin\psi_2 + \dot{y}_2 \cos\psi_2 = 0, \\ V_{D_{22}x_2} = \dot{x}_2 \cos\psi_2 + \dot{y}_2 \sin\psi_2 + \dfrac{L_2}{2}\dot{\psi}_2 - R\dot{\phi}_{22} = 0, \\ V_{D_{21}x_2} = \dot{x}_2 \cos\psi_2 + \dot{y}_2 \sin\psi_2 - \dfrac{L_2}{2}\dot{\psi} - R\dot{\phi}_{21} = 0, \end{cases} \qquad (1)$$

где R — радиус ведущих колес.

С учетом принятых допущений, геометрических связей и приведенных выше выражений кинематические соотношения принимают вид:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = V_1 \cos\psi_1, \\ \dot{y}_1 = V_1 \sin\psi_1, \\ \dot{\psi}_1 = \Omega_1, \\ \dot{\phi}_{11} = \dfrac{V_1 + \dfrac{L_1}{2}\Omega_1}{R}, \\ \dot{\phi}_{12} = \dfrac{V_1 - \dfrac{L_1}{2}\Omega_1}{R}, \\ \dot{x}_2 = V_2 \cos\psi_2, \\ \dot{y}_2 = V_2 \sin\psi_2, \\ \dot{\psi}_2 = \Omega_2, \\ \dot{\phi}_{21} = \dfrac{V_2 + \dfrac{L_2}{2}\Omega_2}{R}, \\ \dot{\phi}_{22} = \dfrac{V_2 - \dfrac{L_2}{2}\Omega_2}{R} \end{cases} \quad (2)$$

Таким образом, составлена математическая модель движения робототехнической системы, состоящей из двух мобильных трехколесных платформ, соединенных цилиндрическим шарниром, по горизонтальной шероховатой плоскости.

Библиографический список

1. Моделирование движения робота-тягача для транспортировки самолетов по аэродрому / С.Ф. Яцун, В.В. Бартенев, Е.Н. Политов, Д.В. Афонин // Известия Юго-Западного государственного университета. 2018. Т. 23. № 2(77).

2. Разработка робота-тягача для транспортировки самолетов по аэродрому / Д.В. Афонин, Е.Н. Политов Е.Н., Е.А. Тимофеев // Наука молодых - будущее России: сб. науч. ст. 2-й Междунар. науч. конф. перспективных разработок молодых ученых. Т. 5. Курск: Университетская книга, 2017. С. 14-18.

3. Роботизированная платформа для перемещения самолетов по аэродрому / Д.В. Афонин, Е.Н. Политов Е.Н., С.Ф. Яцун // Прогресс транспортных средств и систем – 2018: Мат. междунар. науч.-практ. конф. 2018. С. 190-191.

4. Мартыненко Ю. Г. Управление движением мобильных колесных роботов // Фундаментальная и прикладная математика. 2005. № 11. С. 29–80.

5. Бартенев В.В., Яцун С.Ф. Динамика управляемого движения мобильных колесных роботов по сигналу оптронной матрицы // Известия Самарского научного центра РАН. 2009. №5(2). С. 254-259.

6. Бартенев В.В., Яцун С.Ф. Анализ методов управления движением мобильных колесных роботов по заданной траектории / Управляемые вибрационные технологии и машины: сб. науч. тр. Курск: ГТУ, 2012. С. 144-152.

7. Бартенев В.В. Математическая модель управляемого движения мобильного колесного робота по шероховатой горизонтальной плоскости в вязкой среде /

В.В. Бартенев, С.Ф. Яцун, I. Zeidis, K. Zimmermann // Управляемые вибрационные технологии и машины: сборник научных статей международной конференции. Курск: ГТУ, 2010. Ч. 2. С. 234-247.

8. Мартыненко Ю.Г. Управление движением мобильных колесных роботов // Фундаментальная и прикладная математика. 2005. №8. С. 29-80.

9. Павловский В.Е., Петровская Н.В, Евграфов В.В. Исследование динамики движения цепочки робопоезд. Управляемое движение / Препринт ИПМ им М.В.Келдыша РАН, 2005. №120. 31 с.

10. Bartenev V.V., Yatsun S.F. Motion control of mobile wheeled robots on the base of the signal of optron matrix / Proceedings of the17th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems. – Saint Petersburg: State Research Center of the Russian Federation – Central Scientific & Research Institute Elektropribor, 2010. Pp. 279-284.

УДК 004.27

В. С. Тришкин
магистрант кафедры управления в технических системах
М. В. Бураков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ХЭММИНГА, ПРИНЦИП РАБОТЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Нейронная сеть Хэмминга – вид распознающей и классифицирующей нейронной сети. Является развитием нейронной сети Хопфилда. Основная идея функционирования этой сети состоит в параллельном вычислении расстояния Хэмминга между предъявляемым на входы сети входным вектором и образами, закодированными в структуре сети. При этом задача формирования эталонного образа на выходе сети не ставится, достаточно выдавать его номер [1].

Расстояние Хэмминга – это число компонент, которыми различаются два двоичных вектора. В сети Хэмминга, как и в сети Хопфилда, входные сигналы $X = [x_1, x_2, \ldots, x_n]^T$ могут быть только двоичными векторами, которые представляются с помощью биполярного кодирования: $x_i = +1$ (двоичная «1»), $x_i = -1$ (двоичный «0»).

Идея работы сети Хемминга заключается в нахождении расстояния от входного двоичного вектора длиной N до всех хранимых в сети L образов. Таким образом, размерность входа и выхода сети в общем случае не совпадает. После окончания переходного процесса в сети остается возбужденным один из нейронов выходного слоя.

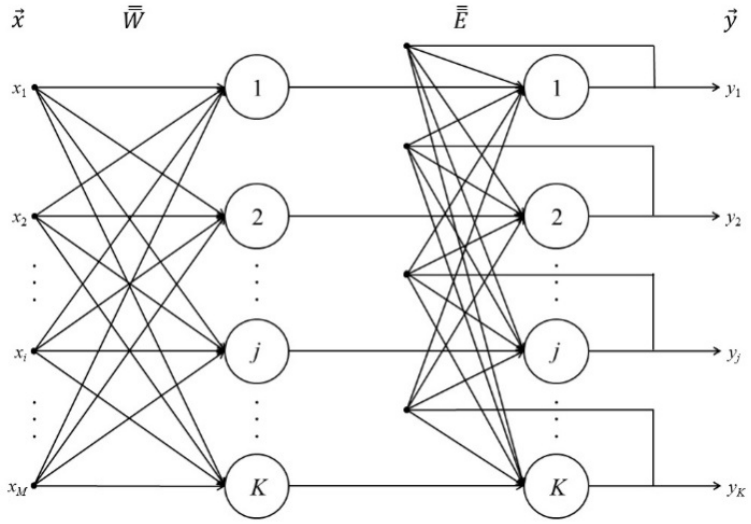


Рис. 1. Структура нейронной сети Хэмминга

Алгоритм жизненного цикла нейронной сети Хэмминга состоит из двух основных стадий: обучения и практического использования.

Стадия обучения

1.Формируется матрица эталонных образов $\bar{\bar{X}}$ размера *K* x *M.*

2. Рассчитывается матрица весовых коэффициентов нейронов первого слоя:

$$w_{ij} = \frac{1}{2} x_{ij} . \quad (1)$$

3. Определяются настройки активационной функции:

– вид – линейная пороговая функция:

$$f(s)=\begin{cases}0, s\le 0;\\ s, 0<s\le T;\\ T, s\ge T;\end{cases} \quad (2)$$

– параметр

$$T=\frac{M}{2} \quad (3)$$

Из чего следует, что выходы нейронной сети могут принимать любые значения в пределах [0;7].

4. Задаются значения синапсов обратных связей нейронов второго слоя в виде элементов квадратной матрицы размера *K*x *K*:

$$\varepsilon_{j\,p}=\begin{cases}1, j=p;\\ -\varepsilon, j\ne p,\end{cases} \quad (4)$$

5. Устанавливается максимально допустимое значение нормы разности выходных векторов на двух последовательных итерациях E_{max}, требующееся для оценки стабилизации решения.

Стадия практического применения

1. На входы сети подается неизвестный, в общем случае, зашумленный вектор сигналов $\vec{x}^*$.

2. Рассчитываются состояния и выходные значения нейронов первого слоя. Для расчета состояний нейронов используется соотношение:

$$s_{1\,j}=\sum_{i=1}^{M} w_{ji}x_i^*+T \quad (5)$$

Для расчета выходов нейронов первого слоя $\vec{y}_1$ к полученным значениям состояний применяется активационная функция (2).

3. Выходам нейронов второго слоя в качестве начальных величин присваиваются значения выходов нейронов первого слоя, полученные на предыдущем шаге:

$$\vec{y}_2^{(0)}=\vec{y}_1$$

Далее первый слой нейронов на стадии практического использования больше не задействуется.

4. Для каждой итерации *q* рассчитываются новые значения состояний и выходов нейронов второго слоя.

Состояния нейронов определяются по соотношению:

$$s_{2\,j}^{(q+1)}=y_{2\,j}^{(q)}-\varepsilon\sum_{\substack{p=1,\\ p\ne j}}^{K} y_{2\,p}^{(q)} \quad (6)$$

Новые выходные значения $\vec{y}_2^{(q+1)}$ определяются в результате применения линейной пороговой активационной функции (2) к соответствующим состояниям нейронов $\vec{s}_2^{(q+1)}$.

5. Цикл в п. 4 повторяется до стабилизации выходного вектора в соответствии с условием:

$$\left\|\vec{y}^{(q-1)} - \vec{y}^{(q)}\right\| \le E_{\max}. \quad (7)$$

В идеальном случае после стабилизации должен получиться выходной вектор с одним положительным и всеми остальными нулевыми элементами. Индекс единственного положительного элемента непосредственно указывает на класс неизвестного входного образа.

В случае же, если несколько векторов положительны, и при этом, не один из них не превышает E_{max}, то это значит, что нейросеть не может отнести входящий вектор ни к одному из классов, однако положительные выходы указывают на наиболее схожие эталоны [2].

Применение

Нейросеть Хэмминга успешно используется для решения задач оптического распознавания символов,для восстановления зашумленного исходного сигнала, в задачах оптимизации, классификации и во многих других случаях.

Библиографический список

1. Бураков М. В. Нейронные сети и нейроконтроллеры: СПб.: ГУАП, 2013.
2. Материал из Википедии. «Нейронная сеть Хэмминга». URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Нейронная_сеть_Хэмминга (дата обращения: 12.03.2019).

УДК 612.135

Д.М. Устинова
студент кафедры биотехнических систем и технологий
К.Н.Тимофеев − кандидат технических наук, доцент − научный руководитель

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ АЛЬВЕОЛЯРНО-КАПИЛЛЯРНОГО БАРЬЕРА ЧЕЛОВЕКА НА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОМ 3D-БИОЧИПЕ

Одним из наиболее активно развивающихся рынков в современной экономике является фармацевтический. Однако по данным FDA за 2017 год (Food and Drugs Administration) 90% лекарств, входящих в первую фазу клинических испытаний в конечном итоге дают отрицательные результаты, что указывает на острую необходимость в улучшении модельных систем для более точного предсказания воздействия лекарств, химических веществ и биологических агентов на организм человека. Именно для этого был создан «орган на чипе».

Данная модель точно воспроизводит функции органов человека, их реакции на тестируемые соединения, а также обладает преимуществом перед представленной ранее 2D-моделью.

Одним из первых органов, воспроизведенных на чипе, стало легкое (рис. 1А). Такой выбор обусловлен тем, что легкие служат точкой входа в организм токсичных честиц из воздуха, а также аэрозольных лекарственных соединений.

Данный элемент представляет собой микрофлюидное устройство, которое воспроизводит микроархитектуру и динамическое микроокружение альвеолярно-капиллярного блока живого легкого человека. Для создания основы чипа, раздельной трехмерной микроканальной системы, используются методы трехмерного конструирования наночастиц на основе мягкой литографии. Канал состоит из верхней и нижней камер для культивирования клеток, разделенных микропористой эластомерной мембраной толщиной 10 мкм, изготовленной из полидиметилсилоксана. Для формирования альвеолярно-капиллярного интерфейса человеческие альвеолярные эпителиальные клетки и легочные микрососудистые эндотелиальные клетки высевают в верхнюю и нижнюю камеры соответственно (рис. 1В). Впоследствии клетки альвеолярного эпителия подвергают воздействию воздуха, в результате чего образовывается микроинженерная барьерная ткань, состоящая из альвеолярного эпителия и капиллярного эндотелия. Кроме того, модель «легкого на чипе» имитирует циклическую деформацию альвеолярно-капиллярного барьера в процессе дыхания. Вакуумный отсос, подсоединенный к боковым полым камерам, прилегающим к каналам культивирования клеток, воспроизводит механическое растяжение адгезивных клеточных слоев.

Достоверность клинических испытаний на устройстве «легкое на чипе» была доказана при помощи введения воспалительных образований в верхний альвеолярный компартмент. Это вызывало активацию эндотелиальных клеток на противоположной стороне мембраны и их повышенную экспрессию молекул адгезии. Реакция сопровождалась адгезией человеческих нейтрофилов, циркулирующих в нижнем сосудистом канале, к эндотелию и последующей трансмиграцией через слои ткани в воздушное пространство. Затем нейтрофилы подвергались направленной миграции к бактериям и поглощали их (рис.1С). Как продемонстрировано в этом исследовании, оптическая прозрачность полидиметилсилоксана позволяет непосредственно наблюдать и анализировать весь процесс сложных физиологических реакций в режиме реального времени.

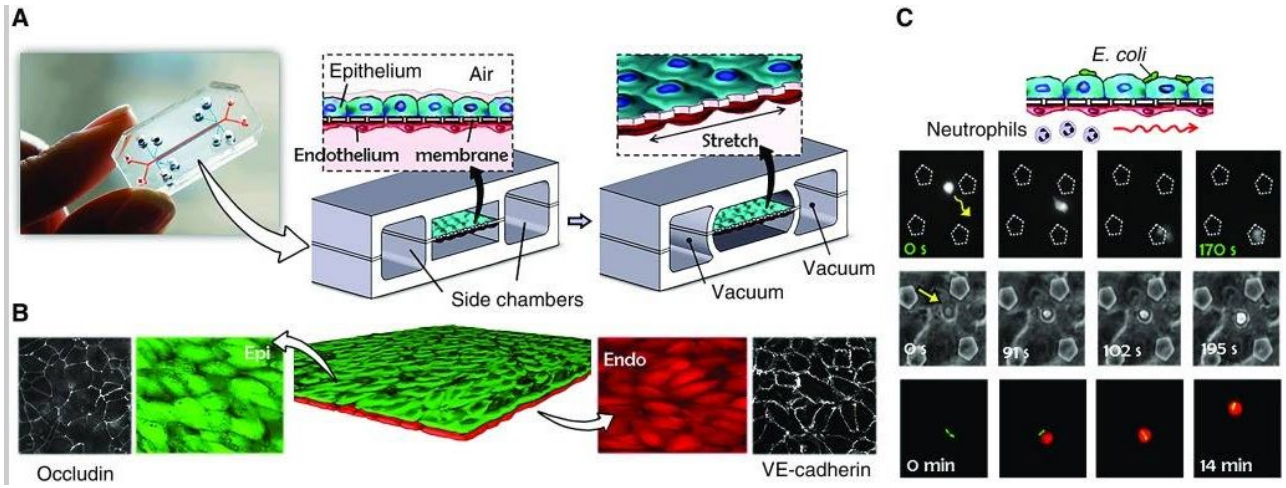


Рис. 1. Модель устройства «легкое на чипе». (A) Имитация растяжения альвеолярно-капиллярного барьера. (B) Структура «легкого на чипе»: альвеолярный эпителий и микрососудистый эндотелий под микроскопом. (C) Реакция нейтрофилов на введение кишечной палочки: его активизация, последующая трансмиграция и «захват» им бактрии.

Для постоянного контроля за жизнеспособностью тканей «органов на чипе» необходимо отслеживать величину трансэпителиального сопротивления. Оно имеет две составляющие: активную и реактивную, материальными субстратами которых являются биологические жидкости и клеточные мембраны соответственно. Качественная оценка, как импеданса в целом, так и его составляющих, отражает правильность функционирования ионных каналов - транспортных порообразующих белков, обеспечивающих разность потенциалов между внешней и внутренней сторонами клеточной мембраны всех живых клеток. Изменения этой величины отражает нарушения в функционировании ткани уже на ранних стадиях (рис. 2).

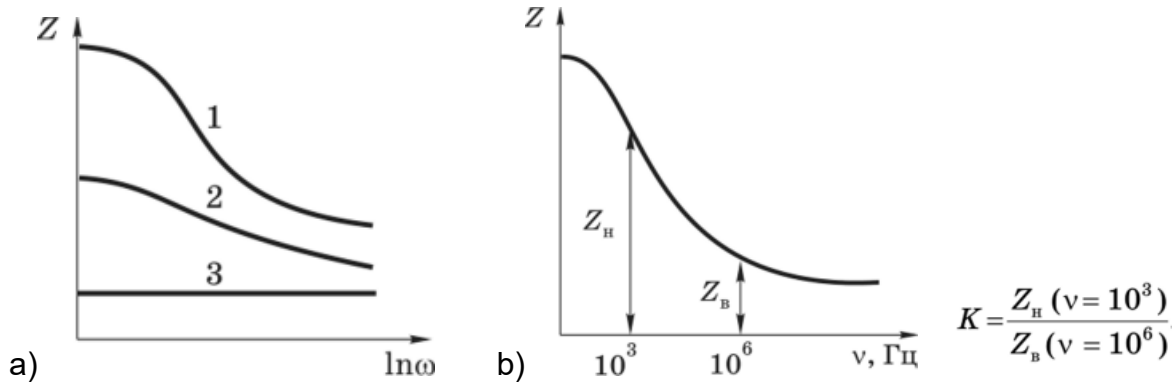


Рис. 2. (a) Частотная зависимость импеданса для различных видов ткани (a) 1-здоровая ткань; 2-ткань с нарушением клеточных мембран; 3- мертвая ткань; (b) расчет коэффициент поляризации

В живой ткани К>1 и тем больше, чем выше уровень обмена веществ и чем лучше сохранена структурная целостность.

Производить измерения необходимо на высоких частотах, так как прохождение через ткань низкочастотного тока может вызвать паразитную поляризацию тканей, приводящее к её деструктуризации. Кроме того, на высоких частотах все большее участие в электрическом сопротивлении принимает

внутриклеточное содержимое ткани, а значит измеренное сопротивление содержит в себе информацию о микроциркуляции и обмене веществ на клеточном уровне.

Измерение импеданса ткани и расчет коэффициента поляризации в рамках «органа на чипе» можно реализовать путем включения в систему следующего устройства (рис. 3, где обозначено: 1 - синусоидальный генератор, 2 - электронный коммутатор, 3 - измерительный блок, 4 - электроды, 5 - мультиплексор, 6 - широкополосный усилитель, 7 - преобразователь средневыпрямленного напряжения, 8 - аналого- цифровой преобразователь, 9 - цифровой фильтр, 10 - блок управления и обработки информации, 11 - индикатор).

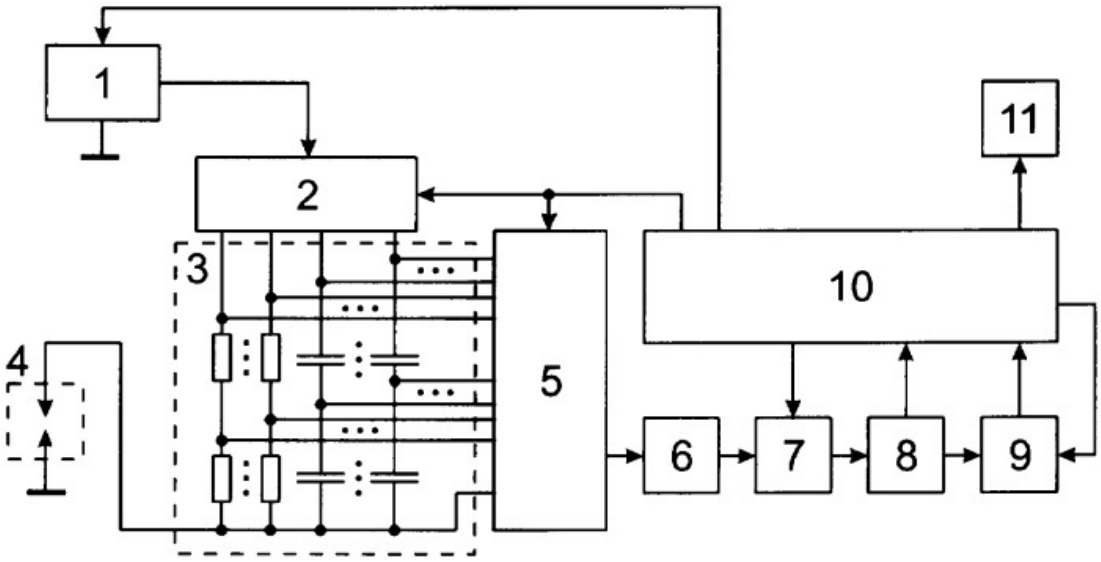


Рис. 3. Функциональная схема устройства
для измерения импеданса биологических тканей по патенту

Данный прибор удовлетворяет необходимость задания различных частот, анализа на локальном участке зондирования, а также способен проводить мониторные исследования.

Процесс измерения импеданса заключается в следующем:

1. Введение электродов в ткань и генерирование сигнала необходимой частоты.

2. Коммутация сигнала на одно из плеч измерительного блока в зависимости от необходимых характеристик (составляющей импеданса и рабочего диапазона).

3. Измерение значений напряжений в узлах задействованного в работе плеча измерительного блока с помощью мультиплексора и дальнейшая обработка сигнала до его оцифровки.

4. Преобразование сигнала в цифровом виде: оптимальная обработка переходного процесса преобразователя с целью определения установившегося значения выходного сигнала по начальному характеру процесса до выхода на режим.

5. Статистическая обработка результатов множества измерений, определение удельных значений измеряемого импеданса с помощью математической модели распределения электрического поля в ткани при заданной пользователем конфигурации электродов.

6. Вывод результатов измерений, статистической и функциональной обработки на индикатор.

Таким образом, использование выбранного мной устройства в составе системы, включающей в себя «орган на чипе», обеспечит высокоточное измерение импеданса ткани, а значит, повысит результативность исследований с помощью данной 3D-модели.

Библиографический список

1. Multi-tissue interactions in an integrated three-tissue organ-on-achip platform. URL: https://www.nature.com/articles/s41598-017-08879-x.pdf (дата обращения: 15.02.2019).
2. Human Organs-On-Chips. URL: https://wyss.harvard.edu/technology/human-organs-on-chips/ (дата обращения: 15.02.2019).
3. A Human Breathing Lung-on-a-Chip. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5467107/ (дата обращения: 15.02.2019).
4. Сопротивление живой ткани переменному току. URL: https://studref.com/467461/meditsina/soprotivlenie_zhivoy_tkani_peremennomu_toku (дата обращения: 20.02.2019).
5. Д. В. Николаев А. В. Смирнов И. Г. Бобринская С. Г. Руднев. Биоимпедансный анализ тела человека. М.: Наука, 2009. 21 с.
6. Патент «Устройство для измерения импеданса биологических тканей». URL: http://www.findpatent.ru/patent/236/2366360.html (дата обращения: 23.02.2019).

УДК 004

А. В. Фахрутдинова
магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении
В.А. Семенова – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ УСЛУГ ПОСТАВЩИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИИ

Политика ценообразования в отрасли электроэнергетики имеет большое значение не только для развития экономики страны, но и для развития социальной сферы. Процесс разработки и регулирования тарифов всегда вызывает споры. Это связано с тем, что в условиях перехода к рыночной экономике Россия не имеет достаточного опыта по регулированию тарифов. Механизмы и принципы политики ценообразования требуют непрерывного совершенствования.

Существующая в настоящее время модель ценообразования в основных сферах деятельности инфраструктурных монополий на сегодняшний день не отвечает требованиям по созданию стимулов развития производства, малого и среднего бизнеса, а также ценового давления на реальный сектор экономики. Последовательное повышение тарифов на услуги инфраструктурных монополий способствует созданию дополнительного инфляционного давления как на экономику страны в целом, так и на отдельные отрасли. В электроэнергетическом комплексе цена на электроэнергию для конечного потребителя выросла за последние 10 лет по оценкам экспертов от 4 до 6 раз.

В условиях перехода к рыночным отношениям в электроэнергетике система государственного регулирования требует совершенствования, которое будет направлено на установление оправданного для развития экономики уровня цен на услуги естественных монополий. Модернизация системы ценообразования будет способствовать установлению баланса интересов потребителей, а также эффективному распределению тарифной нагрузки для различных типов потребителей.

Электроэнергетика является основополагающей отраслью России, от бесперебойной работы которой зависит работоспособность всей экономики страны.

Под ценообразованием в электроэнергетике понимается процесс расчета регулируемых цен (тарифов) за электрическую энергию (мощность), а также за соответствующие услуги, оказываемые организациями, осуществляющими регулируемую деятельность.

Электроэнергия реализуется по двум видам договоров:

договор электроснабжения, согласно которому сбытовая компания обязуется не только продать потребителю электроэнергию, но и оказать услуги по ее передаче. Для реализации услуг по передаче электроэнергии сбытовая компания заключает договор с сетевой компанией.

договор купли-продажи электроэнергии, согласно которому потребители заключают с сетевой компанией прямой договор на оказание услуг по передаче электроэнергии и оплачивают ее отдельно по двум договорам:

по договору купли-продажи электроэнергии со сбытовой компанией;

по договору на услуги по передаче с сетевой компанией.

Ценообразование на рынке электроэнергии зависит от того, на каком рынке поставщики и покупатели осуществляют свою деятельность, а также от категории, к которой относится поставщик или покупатель. Классификация рынков электроэнергии представлена в табл. 1.

Таблица 1

Классификация рынков электроэнергии

Оптовый рынок		Розничный рынок
Рынок на сутки вперед (РСВ)	Балансирующий (БР)	Рынок нерегулируемых цен
Рынок регулируемых договоров	Рынок свободных договоров	Рынок регулируемых цен

Кроме типа рынка и категории потребителя механизм ценообразования зависит от региона Российской Федерации (рис. 1).



Рис. 1. География рынка электроэнергии

В первую ценовую зону включена территория европейской части России и территория Урала, во вторую - территория Сибири. В неценовые и изолированные зоны входят территории (Республика Коми, регионы Дальнего Востока и Калининградская область), в которых по технологическим причинам организация рыночных отношений невозможна, реализация электроэнергии осуществляется по регулируемым ценам.

Структура объемов реализации электроэнергии в секторах оптового рынка России представлена в табл. 2.

Таблица 2

Соотношение объемов реализации электроэнергии на оптовом рынке, %

Элемент рынка	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Рынок на сутки вперед(РСВ)	71,6	71,6	71,6
Регулируемые договоры (РД)	18,6	18,6	18,9
Свободные двухсторонние договоры (СДД)	4,2	4,3	4,0
Балансирующий рынок (БР)	5,6	5,6	5,5

Анализ данных, представленных в табл. 2, показывает, что основной объем (71,6%) производимой энергии на оптовом рынке продается на сутки вперед. Также можно констатировать, что соотношение объемов реализации электро-

энергии за рассматриваемый период практически не менялось, что свидетельствует об установившемся оптовом рынке электроэнергии.

Торговля на рынке на сутки вперед осуществляется конкурентным отбором ценовых заявок поставщиков и потребителей за сутки до реальной поставки электроэнергии. При этом определяется цена и объем поставки на каждый час следующих суток. Цена определяется путем балансирования спроса и предложения и распространяется на всех участников рынка. Несмотря на то, что на РСВ определяются плановые объемы потребления и производства, их фактические значения могут отличаться от плановых. Торговля отклонениями фактического производства и потребления осуществляется на балансирующем рынке в режиме реального времени, объем которого составляет 5,5% от общего объема рынка. Динамика равновесных цен на рынке сутки вперед в разрезе ценовых зон на рис. 2.

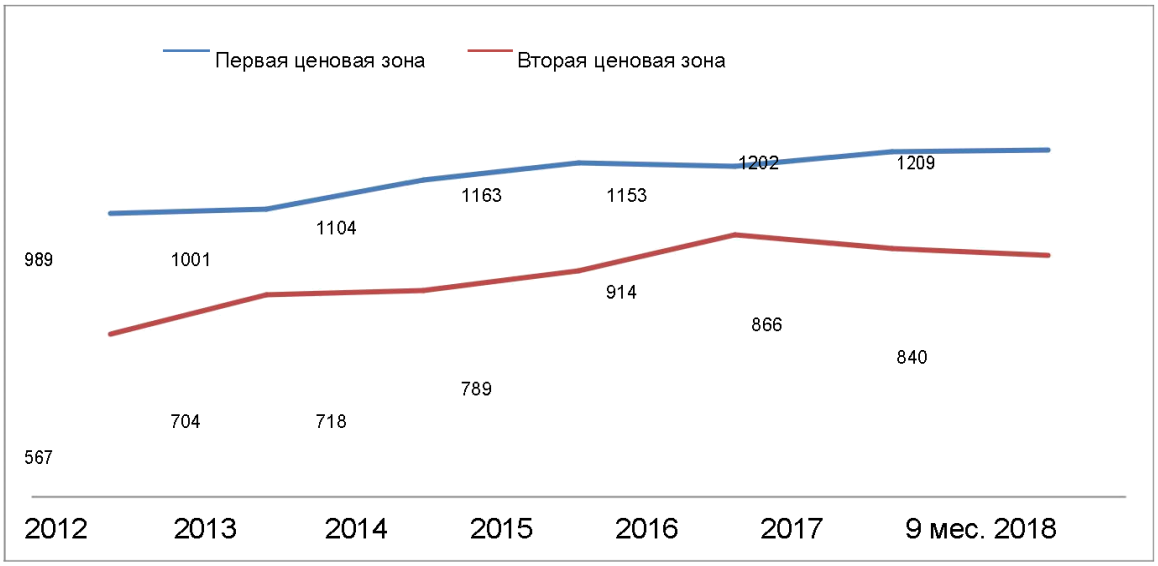


Рис. 2. Индекс равновесных цен на рынке сутки вперед
в разрезе ценовых зон, руб./МВтч

Для первой ценовой категории за 9 месяцев 2018 г. индекс равновесных цен увеличился на 0,58% по отношению к 2017 г., а для второй ценовой категории – снизился на 3%. В целом за анализируемый период индекс равновесных цен для первой ценовой категории за 9 месяцев 2018 г. увеличился 22,2% по отношению к 2012 г., а для второй ценовой категории – на 48,1%.

Библиографический список

1. Липсиц И.В. Ценообразование. М.: Юрайт, 2014. 368 с.
2. Коваль А.С. Тарифная политика как стимул к энергосбережению у поставщиков энергоресурсов. URL: http://portalenergo.ru/articles/details/id/89 (дата обращения: 12.04.2019).
3. Экономика и управление в энергетике/ Под общ. ред. Н.Г. Любимовой, Е.С. Петровского. М.: Юрайт, 2015. 485 с.
4. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 N 261-ФЗ.
5. Гореликова-Китаева О.Г., Попова А.В., Рахматуллин Р.Р. Нормативно-правовая база в области регулирования ценообразования в электроэнергетике, 2016. С. 42-45.

УДК 67.06

А.А.Федоров
магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении
В.А. Сердитов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

АВТОМАТИЧЕСКАЯ УПАКОВКА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ НА ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Введение. Высокотехнологичное производство требует от всех участников процесса достаточного уровня ответственности и информированности – причем инженерными изысканиями и работой над «металлом» это не ограничивается. Важную роль играет и то, сколько внимания уделено вопросам логистики, в том числе упаковке, в которой продукция отправляется заказчику.

Как правило, требования к таре и упаковке для перевозки конкретной номенклатуры формирует на этапе создания изделия сам изготовитель. В ряде случаев за это отвечают отраслевые институты. Наконец, техническое задание на тару для комплектующих может разработать закупающее их головное предприятие [1].

В некоторых случаях проектирование упаковки высокотехнологичной продукции отдают сторонним предприятием. Так, например, поступил завод «Авиастар СП» – производитель агрегатов модернизированного ракетоносца Ту-160М «Белый лебедь». За 1,9 млн руб. предприятие поручило Ульяновскому государственному университету ОКР «Разработку электронных моделей тары для транспортировки агрегатов изделия 70М2». Речь идет о довольно крупных контейнерах, некоторые из которых достигают длины 19 метров.

Увы, не каждый образец упаковки военной продукции сегодня соответствует своему времени. Причинами производители тары называют инерцию мышления и отсутствие инициативы лиц, принимающих решения.

Основная часть. Начальные условия работы цеха военно-промышленного завода.

Упаковка готовой продукции в военно-промышленном заводе производится вручную, из-за чего часто происходит нарушение герметичности упаковки, а значит и повреждение продукции. Скорость упаковки продукции очень низкая, хотя в цеху работает посменно две бригады из 6 человек.

Объемы выпуска цеха военно-производственного завода – 106 тыс. единиц в месяц, в год 106 * 12 = 1272 тыс. единиц.

Размер цеха: 25 на 30 м^2.

Продукция имеет нестандартные размеры.

На военно-промышленном заводе планируется установить Cobra III – паллетоупаковщик. Выбор именно данного станка было сформировано за счет его характеристик. Cobra III - паллетоупаковщик, в котором скомбинирована универсальная упаковочная машина с системой обмотки пленки. Пленка вращается равномерно вокруг груза, исключая вращение непосредственно самого груза, это делает Кобру идеальной машиной для упаковки неустойчивых грузов, слишком легких или тяжелых, неправильной формы или размеров любого типа продукции.

Благодаря технологии вращающегося манипулятора пакетированный груз не может сдвинуться во время процесса упаковки растягивающейся пленкой.

Эффективность. Электромеханическая система растягивания пленки с плавной регулировкой натяжения гарантирует оптимальное использование пленки.

Функциональность. Четыре индивидуальных программы упаковки могут быть сохранены, что упрощает работу. Программы включают восемь функций, точно соответствующих требованиям оптимальной упаковки.

Характеристики Cobra III [2]:

– скорость движения каретки: регулируется оператором;
– каретка находится в защитном кожухе мачты;
– производительность: до 35 паллет/час;
– диаметр упаковочной зоны: 2000 мм (опционально 2300мм);
– устройство предрастяжения пленки: Power Pre-Stretch;
– процент предрастяжения: 260% стандартно (230 и 160% опционально);
– скорость вращения «руки»: 2–12 об/мин (регулируется);
– количество программ управления – 4, с настройкой по 9 параметрам.

Цена станка – 1326140 руб.

Посчитаем энергопотребление ее в мес. и год:

Мощность Cobra III составляет 1,2 кВт в час. Цех работает 16 часов (2 бригады по сменно по 8 часов). Рассчитаем затраты электроэнергии, которые затратит цех при установке станка.

16*1,2 = 19,2 кВт в день.

Цех работает пять дней в неделю.

19,2*5 = 96 кВт в неделю.

96*4 = 384 кВт в месяц.

384*12 = 4608 кВт.

Стоимость 1 кВт для промышленных предприятий – 3,88 рублей за кВт*ч на основании базы тарифов на электроэнергию для предприятий [3].

4608*3,88 = 17879,04 руб. будет составлять оплата за работу установленного станка для военно-промышленного завода.

Для работы на станке понадобится 2 работника, которые будут работать по сменам за станком, 1 установщик, 1 наладчик.

До установки станка оплата рабочим (6 человек бригады, работает две бригады, итого 12 рабочих, которые работают в цехе до установки оборудования) в месяц составляет – 216000 руб. В год – 216000*12 = 2592000 руб.

После установки станка, оплата составит – 80000 руб., в год 80000*12 = 960000 руб.

Экономия по оплате труда составит: 2592000-960000 = 1632000 руб.

Эта экономия уже окупает покупку станка, так как стоимость станка составит 1326140 руб.

То есть, за год станок только по сокращению расходов на оплату труда окупит себя, даже с учетом затрат на установку и оплаты электроэнергии, которые он будет потреблять.

Рассмотрим такой показатель как производительность в день по упаковке произведенной продукции.

При работе бригады из 6 рабочих в одну смену, а в сутки 12 человек, т. е. за две смены. 12 рабочих упаковывают 6 тыс. единиц товара. В месяц цех упаковывает 106 тыс. товара.

При установке одного станка, будет упаковываться за 12 часов (в 1 час 35 паллет):

35*12 = 420 паллет.

В 1 паллету вмещается 19 единиц товара.

Таким образом, за две смены будет упаковано – 420*19=7980 ед. товара.

В месяц это составит:

420*20 = 8400 паллет или 7980 * 20 = 159600 ед. товара.

В год:

8400*12 = 100800 паллет или 159600*12 = 1915200 ед. товара.

Эффективность при этом составит 1915200 – 1272000 = 643200 ед. товара.

Результаты исследований. Таким образом, эффективность установки такого станка на военно-промышленном заводе видна даже при таких элементарно – математических расчетах. Окупаемость стоимости станка, установки и затрачиваемой на него энергии окупится за счет сокращения рабочих мест. Увеличится производительность выпуска цеха, а значит, вырастет и прибыль военно-промышленного завода.

Для военно-промышленного завода установка такого станка выгодна как для производительности, так и для производства и увеличения прибыли.

Библиографический список

1. Тактический ложемент: опыт «коммерческой» упаковки на службе ВПК. URL: https://военное.рф/2018/301193/ (дата обращения 21.02.19).

2. Паллетоупаковочное оборудование Cobra в России. URL: http://promportal.su/category_goods/33216/palletoupakovochnoe_oborudovanie/b2256_cobra/ (дата обращения 21.02.19).

3. Тарифы на электроэнергию по субъектам Российской Федерации. URL: https://worknet-info.ru/read-blog/1142_таблица-тарифов-на-электроэнергию-по-регионам-россии-в-2018-году.html (дата обращения 21.02.19).

УДК 620.9

А.А. Чайников
магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении
В.А. Семенова – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ LPWAN СЕТЕЙ

Основа концепции Smart Grid заключается в сборе данных об энергопроизводстве и энергопотреблении для дальнейшего повышения эффективности, надежности и бесперебойного распределение электроэнергии. Для этого необходимо объединить приборы учета и телеметрии в централизованную сеть и передавать информацию на облачные сервера. В связи с этим, одним их важных параметров является автономная работа таких устройств без дополнительного обслуживания и зарядки. Для эффективного решения задач, связанных с энергопотреблением, появились LPWAN (Low Power Wide Area Networks) сети. Среди таких технологий наиболее популярными являются SIGFOX, LORA, NB-IoT и другие.

LPWAN представляет собой специально разработанную для IOT беспроводную технологию передачи небольших объёмов данных на дальние расстояния. Особенностями LPWAN являются: большая дальность передачи радиосигнала, низкое энергопотребление конечного устройства, работа в безлицензионном диапазоне частот.

Технология SIGFOX

Для передачи данных SigFox использует ультраузкую полосу частот (Ultra-Narrow Band, UNB) с двоично-фазовой манипуляцией (BPSK), а для кодирования данных меняет фазу несущей радиоволны. Это позволяет уменьшить уровень шума на принимающей стороне, следовательно, сделать принимающие устройства более дешевыми:

– радиус действия: 30-50 км (3-10 км в зашумленных и труднодоступных районах);
– срок службы устройств без замены батареи: 20 лет от 2-х батареек типа AA;
– используемые диапазоны частот: 868 МГц (Европа) и 902 МГц (США);
– топология сети: звезда (базовая станция, к которой подключаются конечные точки).

Существующий стандарт SigFox определяет максимальное количество сообщений от базовой станции до конечного устройства в день: 140 сообщений, при этом каждое сообщение должно быть размером не более 12 байт (исключая заголовок сообщения и информацию о передаче). И также количество сообщений, исходящих от конечного устройства: 4 сообщений в день с полезной нагрузкой 8 байт.

SIGFOX использует ультраузкую полосу частот (Ultra Narrow Band, UNB) на основе радиотехнологии для подключения устройств к глобальной сети Интернет. Использование UNB – ключевой фактор в обеспечении очень низкого уровня мощности передатчика устройств. Сеть работает в Европе в широко используемом диапазоне 868,8 МГц, а в США 915 МГц.

В SIGFOX узлы могут использоваться в двух конфигурациях:

1. Режим P2P – прямой связи между узлами (Интерфейс LAN).
2. Гибридный режим – SIGFOX / P2P (P2P + GW в сети SIGFOX).

В режиме P2P, узлы могут подключаться непосредственно между собой и сразу отправлять сообщения, при этом отправка будет бесплатная. В Гибридном режиме используется сочетание SIGFOX и P2P режимов, позволяющих отправлять только определенные сообщения через сеть. В этом случае используется один узел в качестве шлюза сети (режим P2P + SIGFOX), а остальные узлы в режиме P2P.

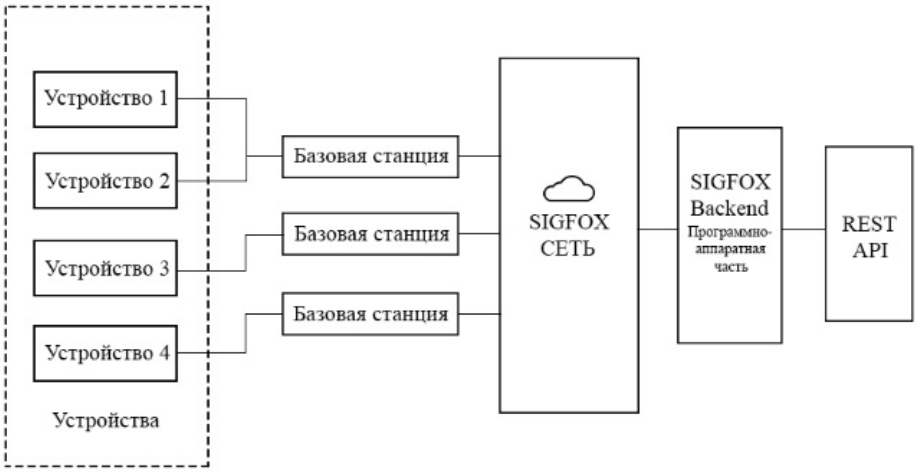


Рис. 1. Архитектура сети SIGFOX технологий LPWAN

Технология LORA

LoRaWAN сеть имеет топологию звезда. Конечные устройства через сетевые шлюзы (базовые станции) взаимодействуют с сервером сети. Обычно шлюзами и сервером владеет оператор сети, а конечными устройствами – абоненты. Абоненты имеют возможность прозрачной одно или двунаправленной и защищенной передачи данных до конечных устройств.

Широкополосный радиосигнал LoRaWAN представляет собой сигнал с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) или CSS (Chirp Spread Spectrum). Частота CSS радиосигнала может, как увеличиваться (up-chirp), так и уменьшаться (down-chirp). Такое решение, в отличие от технологии прямого расширения спектра, делает приемник устойчивым к отклонениям частоты от номинального значения и упрощает требования к тактовому генератору, что позволяет использовать недорогие кварцевые резонаторы.

Технология LoRaWAN использует асинхронный режим приема-передачи. Для синхронизации приемника с передатчиком используется преамбула, которая позволяет приемнику обнаружить активность передатчика. Принимающие станции LoRaWAN могут определять преамбулы на всех скоростях всех каналов, однако они не могут демодулировать более чем 8 пакетов одновременно.

В сети LoRaWAN предусмотрено три класса конечных устройств:

– Класс А. Устройства с двусторонним каналом. Связь инициируется конечным устройством, после чего выделяются два временных окна, в течение которых ожидается ответ от сети.

– Класс В. Устройства с двусторонним каналом. В дополнение к функциям устройств «класса А», открывают дополнительные окна приема по расписанию. Для этого конечное устройство синхронизируется по специальным сигналам от шлюза.

– Класс С. Устройства с двусторонним каналом и максимальным приемным окном. Конечные устройства имеют почти непрерывно открытое окно приема, закрывается только на время передачи данных.

Технология LoRa основывается на двух главных элементах:

– Радиоитерфейсе физического уровня, который определяет все аспекты передачи радиосигналов между различными узлами сети (шлюзами LoRa) и оконечными устройствами (сенсорами IoT). Физический радиоинтерфейс LoRa основан на использовании широкополосных радиосигналов с большой базой B, много большей единицы. Радиоитерфейс LoRa устанавливает рабочие частоты, виды модуляции, уровни мощности, сигнализацию и обмен сигналами между передающими и приемными устройствами в сети LoRa;

– Сетевой архитектуре LoRa, которая включает абонентские устройства IoT/M2M, шлюзы LoRa (базовые станции), сетевые сервера, подключенные по транспортной сети к сети Интернет и сервера приложений.

Абонентские устройства IoT/M2M сети LoRa являются, как правило, устройствами, включающими кроме модема датчики или сенсоры, которые передают данные лишь в короткие промежутки времени по заданному графику.

Шлюзы LoRa (базовые станции) предназначены для построения радиальных сетевых архитектура (тип «звезда») большого радиуса действия на базе технологии LoRaWAN.

Центральный сервер сети LoRaWAN, который адресно управляет устройствами (end-node), шлюзами сети и соединяет сеть доступа LoRaWANc сервером приложений.

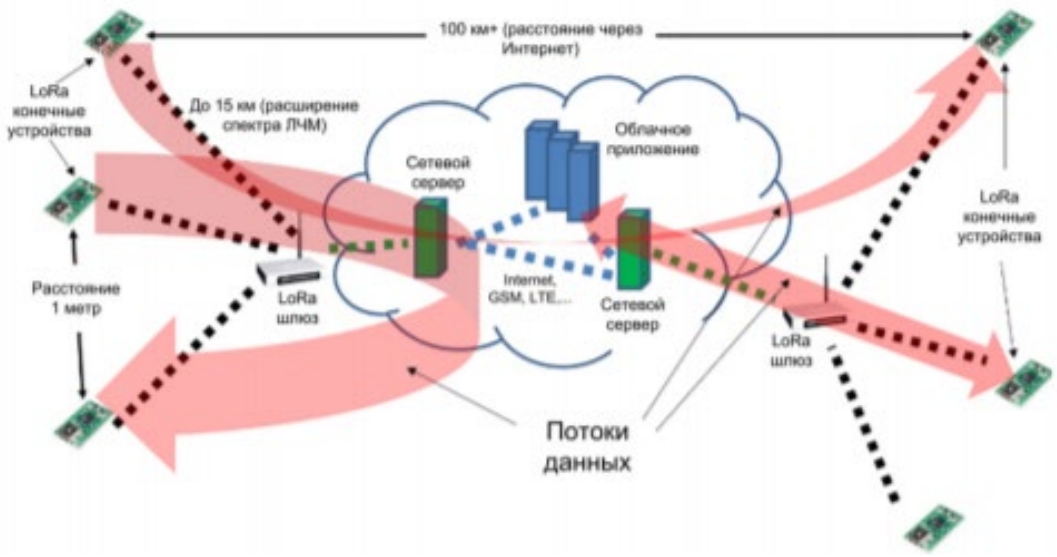


Рис. 2. Архитектура сети LORA технологий LPWAN

Для работы сетей технологии LoRa, как правило, использует нелицензируемые участки спектра, которые определены и регулируются на основе региональных ограничений, определенных в Технических спецификациях LoRaWAM 1.1 Региональные параметры в следующих полосах частот:

– 430 МГц – для регионов Азии;
– 780 МГц – для региона Китая;
– 433 МГц – для региона Европа;
– 866 МГц – для региона Европа;
– 915 МГц – для регионов США.

Технология NB-IoT

NB-IoT (от англ. NarrowBand IoT – «узкополосный интернет вещей»), он же стандарт LTE-Cat.M2, имеет ряд достоинств таких, как широкая зона охвата, быстрая модернизация существующей сети, низкое энергопотребление, гарантирующее 10-летний срок службы батареи, низкую стоимость терминала, подключи и играй, повышенную надежность и высокую сеть операторского класса безопасности.

Модель в настоящее время включает в себя более пятидесяти случаев использования, охватывающих многие категории услуг:

– интеллектуальный учет (электричество, газ и вода);
– охранно-пожарная сигнализация для домов и коммерческих объектов;
– приборы для измерения параметров здоровья;
– отслеживания людей, животных или предметов;

– умные городские инфраструктуры, такие как уличные фонари или система контроля и учета транспортных средств;

– подключение промышленных приборов, таких как сварочные аппараты или воздушные компрессоры.

Известно, что несколько операторов по всему миру используют полосу частот 900 МГц для GSM из-за его обширных возможностей покрытия. Это возможно потому, что такие низкие полосы частот имеют отличные характеристики распространения, и это, как правило, улучшает проникновение в помещении.

Развертывание NB-IoT в полосах частот, таких как 700, 800 и 900 МГц является отличным выбором, поскольку это довольно обширная экосистема в основном из-за его поддержки со стороны многих мировых ведущих операторов. Существует значительное число коммерческих сетей UMTS и LTE, которые в настоящее время работают в диапазоне частот 900 МГц.

Сеть NB-IoT можно развернуть в частотных диапазонах, в которых в настоящее время функционирует стандарт GSM, после их рефарминга в LTE, или в «защитных» интервалах между сетями GSM и LTE. Скорость передачи данных в NB-IoT достигает 200 кбит/с, что является достаточным для устройств, периодически передающих однотипные данные небольшого объема.

Сравнение технологий на базе LPWAN представлены в таблице. Как видно в таблице, данные технологии обладают низким энергопотреблением, низкой скоростью передачи информации, высоким радиусом покрытия и, соответственно, высокой степенью автономности устройств.

Таблица

Сравнение технических характеристик LPWAN сетей

Технические характеристики	SIGFOX	LORA	NB-IoT
Метод модуляции	-	CSS	OFDMA/DSSS
Диапазон	ISM	ISM	Лицензированный
Скорость	100 бит/сек	0,3-50 кбит/сек	UL: 1–144 кбит/сек DL: 1–200 кбит/сек
Полоса	Узкполос. 100 кГц	Широкополосная до 500 кГц	Узкполос. 200 кГц
Время автономной работы	-	> 10лет	До 10 лет
Частота	868,8 МГц (Европа) 915 МГц (США)	868,8 МГц (Европа) 915 МГц (США) 433 МГц (Азия)	700 / 800 / 900 МГц
Безопасность	AES с HMACs	AES-64 и 128 бит	-
Дальность	До 10 км в городе, до 50 км вне города	До 2,5 км в городе, до 45 км вне города	-

Библиографический список

1. Control engineering – Интернет журнал. URL: https://controlengrussia.com/internet-veshhej/lpwan_iot/ (дата обращения 18.02.19).

2. Евромобайл – Технологии беспроводной связи. URL: https://iot.ru/promyshlennost/seti-lpwan-istoriya-i-perspektivy (дата обращения 18.02.19).

3. Инфотел. URL: http://www.rpls.ru/ru/_company/publications/ (дата обращения 18.02.2019).

УДК 004.9:621.865

Д.А. Чичигин
студент кафедры механики, мехатроники и робототехники
Е.Н. Политов − кандидат технических наук, доцент – научный руководитель
Юго-Западный государственный университет, Курск

ПРИМЕНЕНИЕ 3D-ПЕЧАТИ ДЛЯ РЕМОНТА БЫТОВЫХ УСТРОЙСТВ

Существенной проблемой современных бытовых устройств и приборов является их отказ вследствие выхода из строя одной или нескольких важных деталей. Очевидно, что замена или ремонт 1-2 деталей существенно дешевле нового аналогичного устройства. Наиболее ломающиеся детали – это шестерни, корпусные части, муфты и прочие, в основном, мало прочные детали, подвергающиеся силовым воздействиям. Такие запасные детали не всегда идут в комплекте новых бытовых устройств, и зачастую бывает проблематичным приобретение на рынке аналогичных отдельных деталей. Поэтому ремонт или изготовление новых некрупных деталей различной формы, входящих в состав бытового прибора, является актуальной задачей.

Одним из наиболее перспективных способов в данном случае является изготовление запасных частей с применением технологии 3D-печати, которая сегодня вполне реализуема в домашних условиях на простейших FDM-принтерах [1]. В последние годы стоимость 3D-принтеров значительно снизилась, что привлекло к ним внимание обычных потребителей. Основной причиной значительного удешевления 3D-принтеров стало изобретение технологии послойного наплавления — FusedDepositionModeling (FDM) [2]. Суть метода FDM состоит в расплавлении нити из пластика в специальной печатающей головке – экструдере, который выдавливает расплавленный пластик через сопло и наносит его послойно на нужные участки изделия. В зависимости от толщины сопла и точности принтера (точность шаговых двигателей по осям X,Y,Z), можно печатать как очень крупные изделия, так и очень мелкие, например, ювелирные.

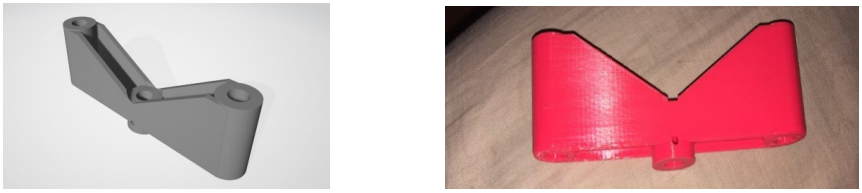
В качестве расходного материала обычно применяется пластик ABS и PLA. Среди достоинств ABS — невысокая стоимость и прочность (более высокая, чем PLA), потому изделие сохраняет форму при больших нагрузках. Для него необходим закрытый корпус 3D-принтера, нагрев стола около 100°, температурный режим экструдера – 220-250° [3]. Основные недостатки ABS – чувствительность к воздействию ультрафиолетовых лучей, деламинация (отлипание первого слоя печати от стола и растрескивание модели при печати по слоям при неравномерном температурном режиме), токсичность и запах.

В свою очередь, PLA — это экологически чистый полилактид (PLA), который используется для производства одноразовой посуды и медицинских изделий [4]. Его производят из кукурузы и сахарного тростника. Этот материал легко разлагается в открытой среде и безопасен для человека, поэтому более популярен. Кроме того, в процессе работы с этим пластиком принтер не производит неприятного запаха. Еще одно преимущество PLA над ABS – необязательный нагрев стола для адгезии изделия к столу и отсутствие проблем при печати, таких, которых у ABS не так уж и мало. У PLA есть небольшой недостаток: изделия со временем разрушаются, их среднее время жизни составляетоколо 3-4 лет.

Для использования 3D-принтеров требуется специальное программное обеспечение (ПО) и необходимые для печати 3D-модели. Для создания 3D-моделей существуют специальные пакеты программного обеспечения, наиболее популярными являются "Компас-3D", "SolidWorks", и "AutodeskInventor". Также

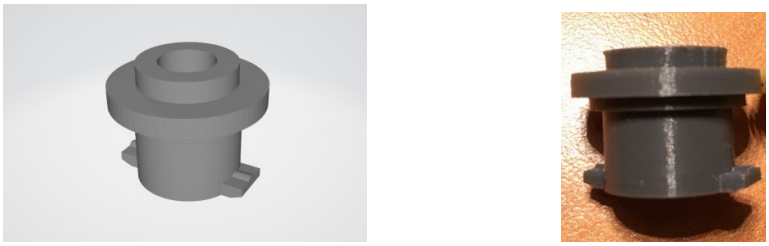
необходимо воспользоваться программами по подготовке модели перед печатью, так называемыми «слайсерами».

В качестве примера на рис. 1 приведена 3D-модель и изготовленный на 3D-принтере экземпляр муфты для миксера, на рис. 2 – соответственно прокладки для корпуса зерномолки.



а) б)

Рис. 1. Муфта для миксера:
а) 3D-модель; б) деталь, изготовленная на 3D-принтере



а) б)

Рис. 2. Прокладка для корпуса зерномолки:
а) 3D-модель; б) деталь, изготовленная на 3D-принтере

Очевидно, что метод 3D-печати, благодаря своей доступности и простоте сегодня приобретает все большую популярность для ремонта бытовых устройств. Данный метод позволяет в короткие сроки изготавливать макеты и прототипы деталей и узлов, проводить их испытания, оперативно изменять конструкторские решения, т.е. сразу увидеть реализацию своих задумок и проектов, что в целом благоприятствует развитию конструкторского мышления студентов [5-7].

Библиографический список

1. Елистратова А.А. Технологии 3D-печати: преимущества и недостатки / А.А. Елистратова, И.С. Коршакевич, Д.В. Тихоненко // Актуальные проблемы авиации и космонавтики, 2015. Т.1. № 11. С. 557-559.

2. 3D-принтер FDM URL: http://3dtoday.ru/wiki/FDM_printers/ (дата обращения: 10.02.2019).

3. Полилактид. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Полилактид (дата обращения: 10.02.2019).

4. АБС-пластик. URL:https://ru.wikipedia.org/wiki/АБС-пластик (дата обращения: 10.02.2019).

5. Политов Е.Н. Опыт подготовки инженеров-мехатронщиков в Юго-Западном государственном университете / Вибрационные технологии, мехатроника и управляемые машины: сб. науч. ст.: в 2 ч. Ч. 2. Курск: ЮЗГУ, 2014. С. 170-175.

6. Политов Е.Н. Учебно-исследовательская работа студентов как основа образовательного процесса / Образование через науку: материалы научн.-метод. конф. Курск. гос. техн. ун-т. Курск: КГТУ, 2008. С. 132-136.

7. Яцун С.Ф. Основы проектирования мехатронных систем. Правила выполнения чертежей / Яцун С.Ф., Локтионова О.Г., Ворочаева Л.Ю., Политов Е.Н., Мальчиков А.В., Савин С.И. Курск: ЮЗГУ, 2017. 343 с.

УДК 629.58

Е. О. Ширяева
студент кафедры мехатроники и робототехники
М. В. Куприенко
студент кафедры мехатроники и робототехники
М. В. Куприенко
магистрант кафедры мехатроники и робототехники
С. В. Соленый – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНОГО ПОДВОДНОГО СРЕДСТВА

Введение. В современном мире возрастает необходимость создания автономных робототехнических средств. Это может быть обусловлено исследовательской деятельностью в слабоосвещенных, подводных, труднодоступных для человека средах и др. Автономные робототехнические средства оснащаются системой управления, которая позволяет адаптироваться в этих условиях и выполнять поставленные задачи.

Система управления (СУ) представляет собой совокупность средств сбора сведений о подконтрольном объекте и средств воздействия на его поведение [1]. Целью данной статьи является разработка алгоритма СУ для робототехнического средства, в роли которого выступает автономный необитаемый подводный аппарат (АНПА).

Работа системы управления АНПА зависит от датчиков, размещенных на нем, чаще всего используются ультразвуковые датчики или эхолокаторы, способные определить расстояние до объекта (препятствия) или до дна, GPS-навигатор, определяющий координаты АНПА для регулирования заданного курса, и реализуется с помощью решения следующих задач:

– планирование траектории движения;
– определение задачи АНПА на основе запланированной траектории;
– регулирование курса АНПА;
– оценка обстановки и при необходимости обход препятствий.

Оптимально спланировать траекторию движения АНПА возможно исходя из данных о водоеме, его площади и глубины. Затем информация о запланированной траектории и основанная на ней задача загружаются в главный компьютер АНПА. Далее роботехническое средство начинает работать в автономном режиме, выполняя основные алгоритмы СУ.

Алгоритм движения АНПА. Рассмотрим движение АНПА в упрощенном виде. На подготовительном этапе в главный компьютер АНПА загружаются параметры задачи, например, исследования дна (фото или видеосъемка), далее АНПА погружается в воду, перемещается из начальной точки траектории в конечную и всплывает. Однако в реальных условиях необходимо учитывать колебание воды, в следствии чего АНПА может отклониться от заданной траектории, а также на пути могут встретиться препятствия в виде подводных обитателей, водорослей, неровностей дна и т.д., которые также необходимо обойти. Для решения этих задач существует блок «Регулировка курса», который подробно описывается в следующем алгоритме. Таким образом, движение АНПА реализуется с помощью алгоритма, представленного на рис. 1.

Регулировка курса происходит на основе данных о местоположении АНПА, полученных от GPS-навигатора. Далее определяются внешние условия. Если

данные о местоположении АНПА совпадают с координатами запланированной траектории (блок «Курс правильный?»), на которой отсутствует препятствие (блок «Есть препятствие?), то регулировка курса не требуется, движение и выполнение поставленной задачи продолжается. Если существует препятствие, то его необходимо обойти, после чего данные о местоположении снова сверяются. Алгоритм блока «Обход препятствия» описывается ниже.



Рис. 1. Алгоритм движения АНПА

Если данные о местоположении АНПА не совпадают с координатами запланированной траектории и существует препятствие, то его необходимо обойти, после чего данные о местоположении снова сверяются.

Если данные о местоположении АНПА не совпадают с координатами запланированной траектории и препятствие отсутствует, то выполняется следующий блок «Определение реальных координат». Так как данные о местоположении АНПА не совпадают с координатами запланированной траектории, то вычисляется отклонение от курса в горизонтальной и вертикальной плоскостях, используя координаты данной точки траектории, затем происходит смещение АНПА на вычисленные отклонения и операция повторяется до тех пор, пока не будет выровнен курс.

Графически алгоритм представлен на рис. 2.

Обход препятствия реализуется с помощью датчиков, расположенных на корпусе АНПА таким образом, чтобы определить расстояние до объекта спереди, справа, слева и сверху. Датчик, определяющий расстояние до дна постоянно посылает сигнал в главный компьютер, отслеживая оптимальное расстояние до донной поверхности, поэтому он не участвует в определении препятствий на пути АНПА.

Графически алгоритм представлен на рис. 3.

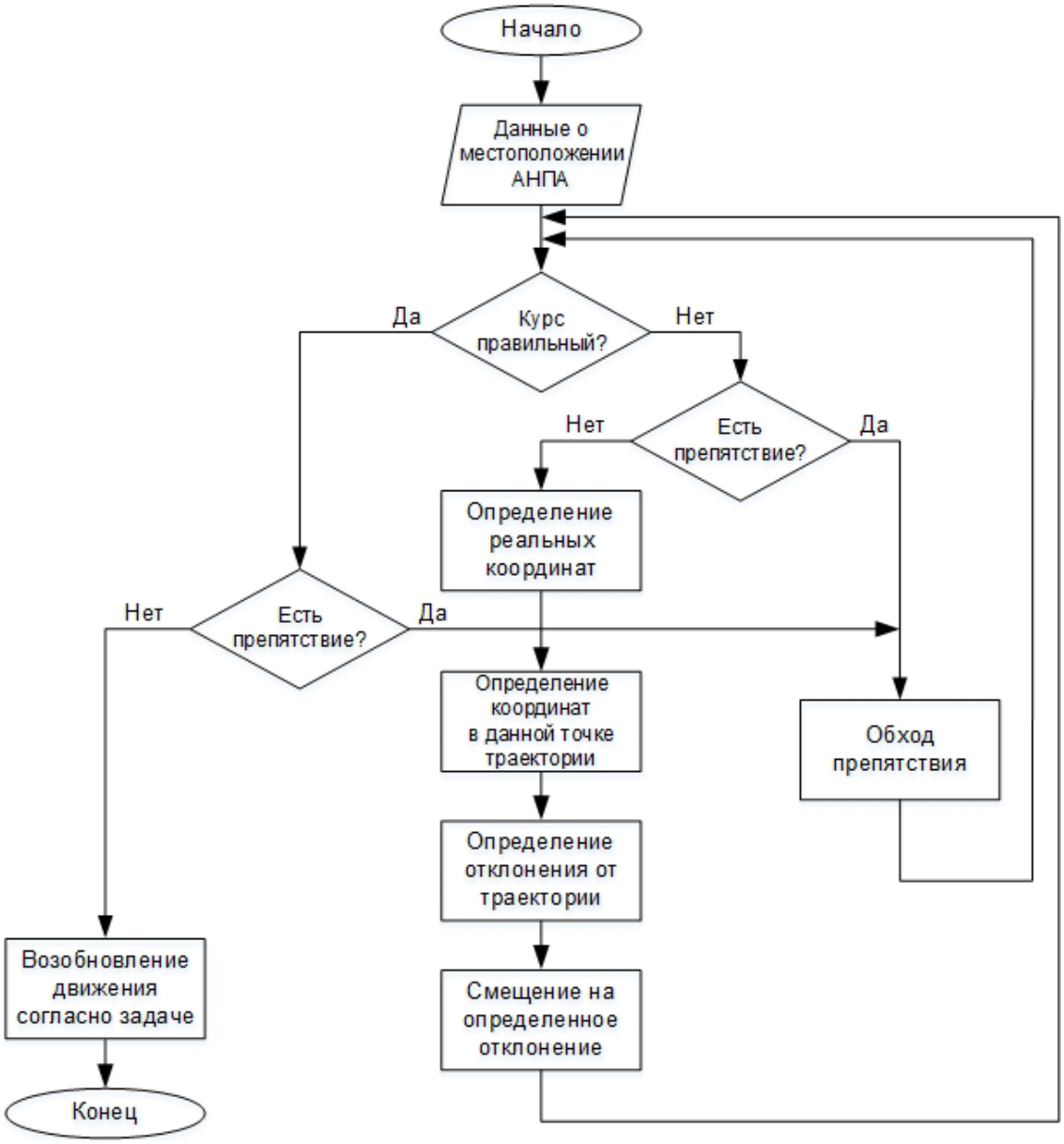


Рис. 2. Алгоритм регулирования курса

Если передний датчик не обнаруживает препятствия на расстоянии 0,5 м (блок «Передний датчик. Препятствие ближе 0,5 м?»), то движение АНПА и выполнение поставленной задачи продолжается. Если препятствие есть, то включается датчик, определяющий расстояние до объекта справа. Если справа нет препятствия на расстоянии 0,5 м (блок «Правый датчик. Препятствие ближе 0,5 м?»), то включаются движители, разворачивающие АНПА по часовой стрелке до тех пор, пока расстояние до препятствия спереди не будет больше 0,5 м.

Если справа есть препятствие на расстоянии 0,5 м, то включается датчик, определяющий расстояние до объекта слева. Если слева нет препятствия на расстоянии 0,5 м (блок «Левый датчик. Препятствие ближе 0,5 м?»), то включаются движители, разворачивающие АНПА против часовой стрелки до тех пор, пока расстояние до препятствия спереди не будет больше 0,5 м.

Если слева есть препятствие на расстоянии 0,5 м, то включается датчик, определяющий расстояние до объекта сверху. Если сверху нет препятствия на расстоянии 0,5 м (блок «Верхний датчик. Препятствие ближе 0,5 м?»), АНПА всплывает до тех пор, пока расстояние до препятствия спереди не будет больше 0,5 м.

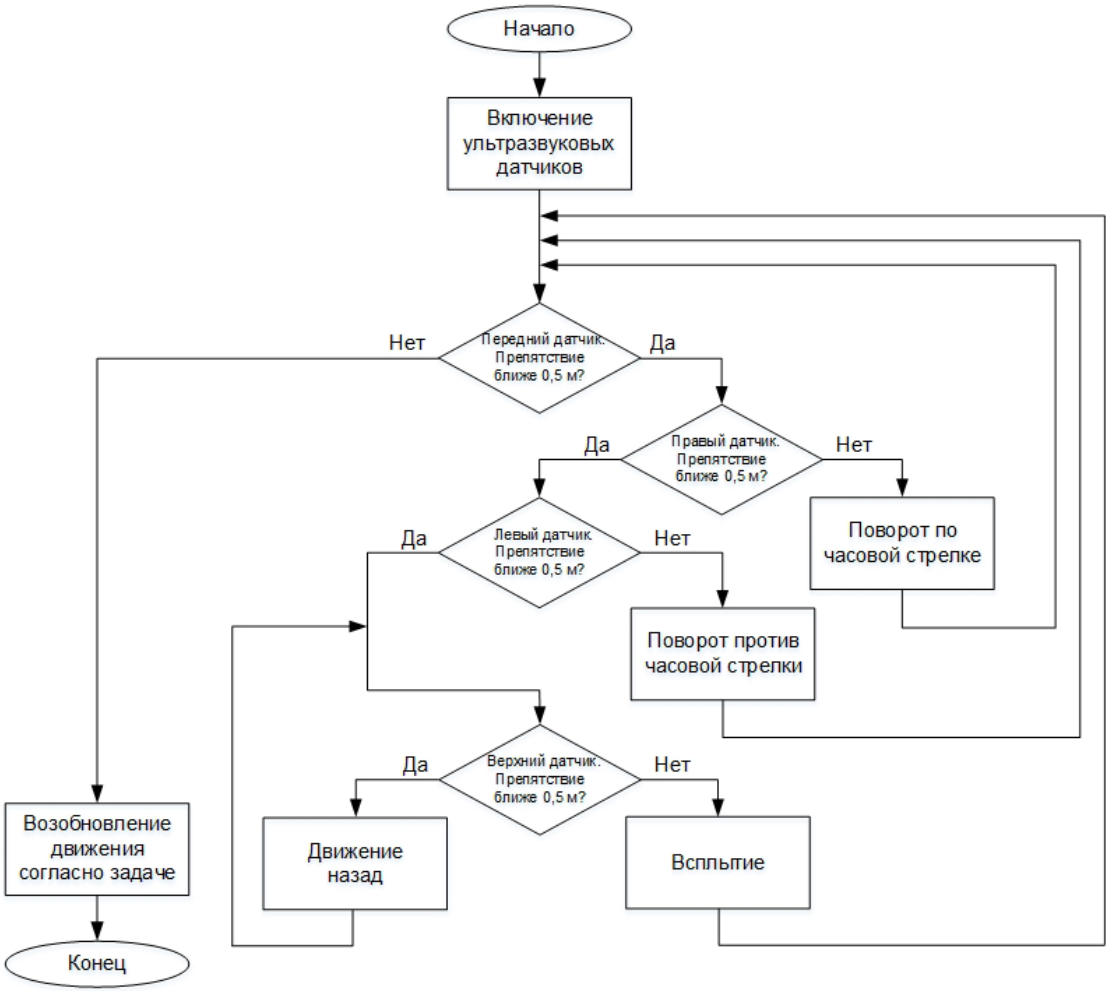


Рис. 3. Алгоритм обхода препятствий

Если сверху есть препятствие, то включаются движители, позволяющие АНПА двигаться в обратном направлении до тех пор, пока не пропадет препятствие сверху, чтобы всплыть.

Заключение. Разработанный алгоритм системы управления решает задачу передвижения автономного робототизированного средства в относительно благоприятных условиях, так как он основывается на работе только ультразвуковых датчиков или эхолокаторов. Однако этого достаточно для того, чтобы взять его в основу для написания программного обеспечения и проведения испытаний на робототехническом средстве. Для дальнейшей проработки данных алгоритмов следует учитывать работу движителей АНПА, его мощность и скорость передвижения.

Библиографический список

1. Система управления // Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/?oldid=89337963 (дата обращения: 10.03.2019).

2. Мартынова Л.А, Машошин А.И., Пашкевич И.В., Соколов А.И. Алгоритмы, реализуемые интегрированной системой управления АНПА // Известия ЮФУ. Технические науки. 2015. №1 (162).

3. Семенов Д.О., Лускин Б.А. Методика определения облика корабельной автоматизированной системы управления НПА // Судостроение. 2017. №3.

4. Агеев М.Д., Касаткин Б.А., Киселев Л.В. и др. Автономные подводные аппараты. Л: Судостроение, 1981. 224 с.

УДК 629.584

Е. О. Ширяева
студент кафедры мехатроники и робототехники
С. В. Соленый – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОДВОДНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Современный мир сложно представить без быстроразвивающихся роботизированных технологий во всех сферах деятельности человека. Не исключением стала подводная робототехника, которая на данный момент занимает прочные позиции в научных исследованиях морских и океанических пространств, а также в реализации коммерческих, промышленных и военных задач. Подводная робототехника – это общее понятие, подразумевающее под собой проектирование, разработку и создание подводных робототехнических комплексов, их систем управления и реализацию поставленных задач. Приоритетными направлениями развития подводных робототехнических комплексов (РТК) являются [1]:

– создание многофункциональных необитаемых подводных аппаратов (НПА) с модульной полезной нагрузкой;

– создание автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) большой автономности и относительно низкой стоимости.

– РТК снабжаются интеллектуальными системами управления (ИСУ), что делает возможным передвижение аппарата в малоизвестной или недостаточно определенной среде. Для правильной работы ИСУ выполняются следующие задачи [2]:

– разработка эффективных методов навигации, управления и ориентирования в пространстве при неполной или недостоверной информации о внешней среде и состоянии аппарата или группы аппаратов;

– разработка методов диагностирования и идентификации функциональных свойств НПА, обеспечивающих безопасность в экстремальных условиях и при возникновении ошибок в выполнении миссий;

– разработка геоинформационной системы накопления и отображения информации для интерактивного управления аппаратом и последующей обработки информации с целью формирования базы данных;

– разработка мультиагентной системы управления группы РТК в неопределенной среде.

ИСУ размещается на РТК вместе с другим оборудованием, таким как система энергообеспечения, движительно-рулевой комплекс, датчики, антенны, аварийный балласт и др. Поэтому необходимо продумывать расстановку аппаратуры, учитывая конструкцию РТК. За более чем 40 лет развития подводной робототехники не была создана универсальная форма РТК, в связи с этим нет никаких ограничений для организации работы подводных аппаратов.

Конструкция РТК. В зависимости от способа связи РТК может быть представлен самоходными необитаемыми подводными аппаратами, которые делятся на телеуправляемые (ТНПА) и автономные (АНПА). ТНПА и АНПА бывают переносные, легкого, среднего, тяжелого и сверхтяжелого классов. Формы ТНПА могут быть самыми разными, например, в вооруженных силах России существуют ТНПА среднего класса, их вид представлен на рис. 1 и 2 [3].

Одна из конструктивных классификаций АНПА – форма корпуса:

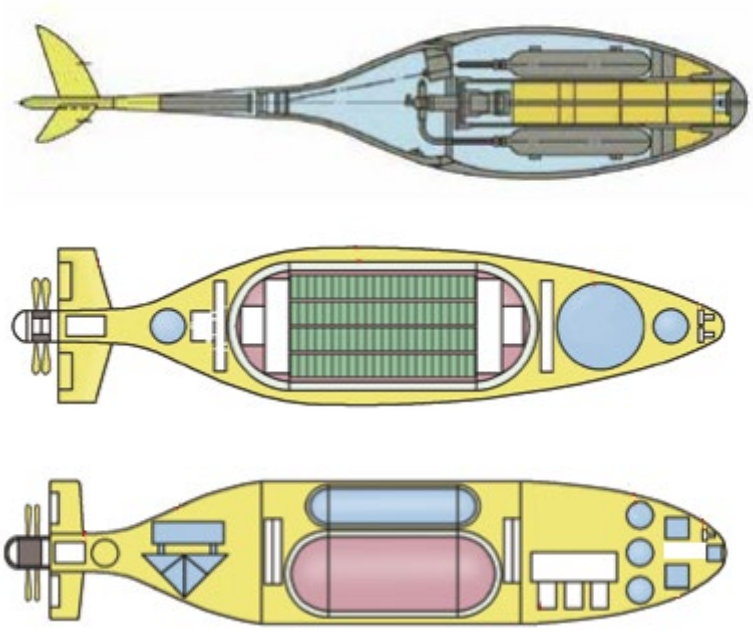
– классическая гидродинамическая форма (цилиндрическая, торпедообразная, каплеобразная, сигарообразная, плоская и комбинированная) (рис. 3);



Рис. 1. «ВЕНОМ 1 К-100» («Тетис Про», г. Москва).
Назначение: обследование контактов, полученных поисковыми силами флота при поиске затонувших, аварийных, лежащих на грунте объектов; опознание и обследование подводных объектов; выполнение подводно-технических работ (ПТР) в объеме возможностей манипуляторного устройства, доставка на грунт или подъём на поверхность грузов.
Технические данные: система управления – дистанционная по кабелю; масса на воздухе – 3500 кг; размеры – 3,2х1,8х1,8 м; глубина погружения – 3000 м; скорость – 3 узла; дальность действия – ограничена длиной кабеля 1500 м



Рис. 2. «МАЕВКА» (ОАО «ГНПП «Регион», 2009, г. Москва)
Назначение: поиск, обнаружение, измерение параметров и классификация якорных, донных и придонных мин, поиск и обнаружение затонувших объектов, автоматизированное измерение координат обнаруженных целей.
Технические данные: система управления – дистанционная по кабелю; масса на воздухе – 730 кг; размеры – 3,2х1,1х1,1 м; глубина погружения – 300 м; скорость – 3 узла; удаление от корабля – 500 м; для поднятия на борт судна требуется устройство спуска-подъёма с лебедкой кабеля-троса



а)

б)

в)

Рис. 3. Классические гидродинамические формы АНПА

– планерная форма с системой движения, основанной на изменении собственной (остаточной) плавучести;

– АНПА с плоской верхней частью корпуса (аппараты с фотоэлектронными преобразователями для подзарядки аккумуляторных батарей);

– бионическая форма или форма, созданная по бионическим принципам (аппараты с плавниковыми движителями).

Особое место среди созданных к настоящему времени АНПА занимают тяжелые и сверхтяжелые аппараты, которые выделяются среди других аппаратов существенно более высокими техническими характеристиками: дальностью плавания, автономностью, глубиной погружения, способностью нести и использовать тяжелую и разнообразную полезную нагрузку, отличающуюся достаточно большой потребляемой мощностью.

По сравнению с АНПА других классов, тяжелые и сверхтяжелые аппараты имеют существенно большую стоимость, и их создание, как правило, требует государственной поддержки, проявляющейся в той или иной форме. Кроме того, использование тяжелых АНПА сопровождается также достаточно большими эксплуатационными расходами и, в частности, использованием для их обеспечения судов большого водоизмещения [4].

НПА с модульной полезной нагрузкой. Для создания более экономичного и динамичного комплекса разрабатывается модульная конструкция, а также модульная архитектура полезной нагрузки и программного обеспечения. [4]. Главной особенностью НПА с модульной полезной нагрузкой является универсальность, что позволяет адаптировать РТК под любые задачи. Полезная нагрузка аппарата комплектуется в зависимости от конкретной задачи. Такой же подход используется для системы энергообеспечения, которая формируется с учетом необходимой оперативной скорости хода и подводной автономности.

Аппарат «Echo Ranger» имеет необычную для автономных подводных аппаратов форму: в поперечном сечении он представляет собой квадрат со скругленными углами (рис. 4). Носовая оконечность «Echo Ranger» также не отличается гидродинамическим совершенством – это вертикальная плоскость, соединенная

закруглениями с поверхностями, образующими борта, а также киль и верх аппарата. Кормовая оконечность «Echo Ranger» представляет собой правильный конус, сопряженный с цилиндрической частью корпуса аппарата.

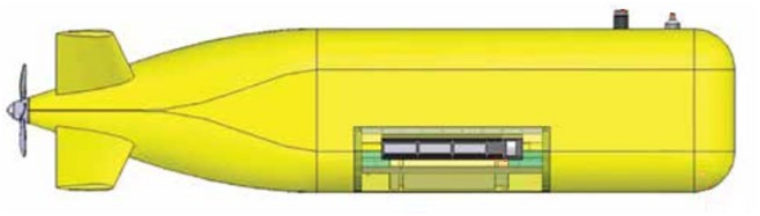


Рис. 4. АНПА «Echo Ranger»

АНПА «Echo Ranger» имеет модульную конструкцию – он состоит из носовой, миделевой и кормовой секций, которые могут быть разъединены для проведения работ по обслуживанию оборудования, а также для ремонта и модернизации аппарата. Такая конструкция позволяет оперативно менять полезную нагрузку аппарата. Управление маневрированием аппарата осуществляется с помощью четырех кормовых рулей. Конструктивную целостность аппарата обеспечивает металлическая объемная рама, закрываемая снаружи панелями легкого корпуса, изготовленными из композиционного материала. В миделевой секции АНПА «Echo Ranger» расположен главный прочный корпус, выполненный в виде цилиндра с полусферическими донышками. Конструкционным материалом прочного корпуса является алюминиевый сплав. Прочный корпус имеет достаточно большой диаметр (1,27 м) и служит для размещения аккумуляторных батарей и электронных модулей. Для обеспечения доступа к аппаратуре и оборудованию, устанавливаемым внутри прочного корпуса, его донышки выполнены съемными – носовое донышко закреплено на несущей раме носового блока, а кормовое – кормового блока. Важными конструктивными элементами АНПА «Echo Ranger» являются также две прочных балластных цистерны – носовая и кормовая, вместимостью по ~60 кг (130 фунт). Эти цистерны входят в состав балластной системы аппарата, позволяющей ему в автономном режиме удифферентовываться во всем диапазоне глубин погружения (до 3000 м). Система также позволяет аппарату выполнять покладку на грунт (moor on seafloor). В носовой части корпуса аппарата размещены: гидролокатор обнаружения препятствий (Chin Beam), якорное устройство, приемоизлучатель навигационной акустической системы с длинной базой (LBL), гидроакустический модем. В кормовой секции аппарата, кроме оборудования движительно-рулевого комплекса, установлены арматура и насосы балластной системы, гермобокс системы управления аппаратом, гидроакустический модем полезной нагрузки. Аккумуляторные батареи должны обеспечивать питание полезной нагрузки, имеющей мощность до 400 Вт, и «общесудовых» потребителей с мощностью 460 Вт.

В состав базовой полезной нагрузки АНПА «Echo Ranger» входят:

– многолучевой эхолот EM-2000 производства компании Simrad;
– гидролокатор бокового обзора производства компании Edgetech;
– гидроакустический профилограф дна производства компании Edgetech;
– велосиметр производства компании Applied Microsystems.

Для сохранения собираемых полезной нагрузкой данных аппарат оснащен специальной системой. Выгрузка всего объема данных, собираемых аппаратом в ходе миссии, осуществляется после его подъема на борт обеспечивающего судна или на пирс береговой базы с помощью кабельного канала. Также этот канал служит для передачи в систему управления аппарата сценария миссии.

Заключение. Подводная деятельность, включая как научные исследования, морского и океанического дня, так и коммерческое использование подводных ресурсов, значительно усиливается за счет разработки подводных робототехнических комплексов. Применение РТК различных конфигураций позволяет выявлять их недостатки, определять направления дальнейшего совершенствования, накапливать опыт, который необходим в эксплуатации новых аппаратов. Не стоит останавливаться на уже разработанных конструкциях подводных РТК, стоит их совершенствовать и создавать новые с более лучшими характеристиками и гидродинамическими свойствами.

Библиографический список

1. Ваулин Ю.В., Инзарцев А.В., Львов О.Ю., Матвиенко Ю.В., Павин А.М. Реконфигурируемая система управления и навигации для многофункциональных подводных роботов // Подводные исследования и робототехника. 2017. № 1(23).

2. Гаврилкин С.Н., Микушин И.И. Направления развития подводных робототехнических комплексов для военно-морского флота. URL: http://www.imtp.febras.ru/images/stories/konf/tpomo-5-30-sentjabrja-4-oktjabrja-2013/pdf/plenarnye-doklady.pdf (дата обращения: 20.12.2018).

3. Джерелейко Р. Необитаемый автономный подводный аппарат «GAVIA» // Военное обозрение: URL: http://topwar.ru/10787-neobitaemyy-avtonomnyy-podvodnyy-apparat-gavia.html (дата обращения: 20.12.2018).

4. Овдиенко И. Н. Чуксин Я. Н. Тяжелые автономные необитаемые подводные аппараты / Аналитический обзор. Вып. 20. 2015.

УДК 004.896:5

М. П. Щербакова
студент кафедры механики, мехатроники и робототехники
А.В. Мальчиков – кандидат технических наук – научный руководитель Юго-Западный государственный университет, Курск

К ВОПРОСУ О ВЗАИМООТНОШЕНИИ ЧЕЛОВЕКА И РОБОТА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

В современном, бурно развивающемся мире с каждым новым изобретенным и разработанным роботом, все острее становится одна из основных проблем в роботизации - проблема взаимодействия между человеком и роботом, которая включает в себя и проблему правильного распределения функций между ними. Дальнейшие отношения с искусственным интеллектом приведут к целому ряду новых проблем, изучив которые, мы сможем обезопасить себя в будущем. Вследствие того, что человек является изобретателем роботов, он неизбежно испытывает на себе многоплановое влияние процесса роботизации как физического, так и умственного труда, которое со временем и развитием робототехники только увеличится [1-3].

Стоит заметить, что данная проблема является лишь частью более общей проблемы распределения функций в системе «человек – машина – среда». Решить существующую проблему призвана эргономика. Эргономика («инженерная психология», «человеческая инженерия» и др.), в свою очередь, это наука об организации взаимодействия в системе «человек – машина – среда» в процессе труда, которая находится на стыке нескольких наук, таких как:

– физиология;
– биомеханика;
– техническая эстетика и др.

Эргономика, несмотря на то, что человек издавна стремился механизировать и автоматизировать трудовую деятельность с помощью технических изобретений (машин), появилась и оформилась как самостоятельная дисциплина сравнительно недавно.

Своеобразие эргономики заключается в том, что ее не интересует ни человек, ни машина как таковые [4].

Помимо эргономики, вопросом взаимодействия между человеком и роботом занялись технические сотрудники по вопросам стандартизации компании Universal Robots, которыми было предложено четыре подхода к решению существующей проблемы. И на данный момент уже существуют четыре подхода, относящиеся к наиболее сложно понимаемым аспектам в сотрудничестве между человеком и роботом для обеспечения безопасной совместной работы [5-6]. Они были приняты в соответствии с гармонизированными стандартами безопасности роботов ANSI/RIA 15.06 «Industrial Robots and Robot Systems — Safety Requirements», ISO 10218 и новой редакцией стандарта TS 15066. Эти подходы заключаются в следующем [7]:

– контроле основ безопасности;
– возможности ручного управления;
– мониторинге скорости и сближения с человеком;
– ограничение по мощности усилия и моменту силы.

Распределение функций между человеком и роботом, а также организации их взаимодействия исходит из разного рода критериев эффективности системы

«человек – робот». От общего подхода к решению проблемы, зависит, какому конкретно из этих критериев следует отдать предпочтение.

Взаимодействие человека и робота должно быть организовано так, чтобы экономическая эффективность системы была максимально обеспечена. Для этого обязательно должны быть соблюдены условия, которые гарантируют личную безопасность человека, охрану его здоровья, работоспособность. Достигается это лишь путем двусторонней адаптации человека и робота [8].

Таким образом, решение проблемы наиболее благоприятного распределения функций между человеком и роботом, а также создания их взаимодействия непременно должно исходить, прежде всего, из интересов человека и из условия обеспечения наиболее полного удовлетворения потребностей как общества в целом, так и каждого отдельного человека [9].

Библиографический список

1. Таня М. Анандан. Роботы и люди: безопасное сотрудничество // Control Engineering Россия. 2017. № 6. С. 46-49.

2. ISO/TS 15066:2016 – международный стандарт по безопасности работы коллаборативных систем. URL: http://sic.com.ua/2016/03/isots-150662016-mezhdunarodnyj-standart-po-bezopasnosti-raboty-kollaborativnyx-sistem/ (дата обращения: 08.02.2019).

3. ГОСТ Р 60.1.2.2-2016/ИСО 10218-2:2011 Роботы и робототехнические устройства. Требования по безопасности для промышленных роботов. Ч. 2. Робототехнические системы и их интеграция. URL: http://docs.cntd.ru/document/1200141449 (дата обращения: 09.02.2019).

4. Попов Е.П., Ющенко А.С. Роботы и человек. Серия «Наука и технический прогресс». М.: Наука, 1984. 112 с.

5. Яцун С. Ф., Савин С.И., Яцун А.С. Динамические особенности поведения робототехнических систем / Под ред. В.К. Асташева, В.Л. Крупенина, Г.Я. Пановко, К.Б. Саламандра. В сб.: III Международная Школа-конференция молодых ученых «Нелинейная динамика машин» − School-NDM-2016. Сб. трудов. Российский научный фонд. М.: Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН. 2016. С. 94-108.

6. Яцун С.Ф Инновационные технологии для реабилитации.Сб. науч. ст. VII Всероссийской заочной научно-практической конференции с международным участием. 2018. С. 579-581.

7. Самофалов Д.А., Медведев Д.Ю. Анализ моделей вибрационных комплексов. Сб. науч. ст. II Междунар. науч. конф. перспективных разработок молодых ученых. 2017. С. 164-168.

8. Яцун С.Ф., Томакова И.А Анализ систем программного отбора игл на вязальных машинах с точки зрения автоматического управления техническим процессом вязания // Известия Курского государственного технического университета. 2004. № 2(13). С. 15-17.

9. Мищенко Е.В., Мищенко В.Я. Особенности процесса экстрагирования как объекта регулирования и управления. Сб. науч. ст. по материалам XII междунар. науч.-техн. конф. 2016. С. 64-68.

УДК 621. 548

А. В. Щербинин
магистрант кафедры электромеханики и робототехники
В. В. Булатов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

АНАЛИЗ ОБЩИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Одним из самых развивающихся и прогрессивных направлений возобновляемой энергии является энергия ветра. Ветроустановки регулярно улучшаются по своим основным технологическим показателям. Применение ВЭУ (ветроэнергетических установок) в составе ветроэлектрических станций требует оптимизации разных параметров. Наилучший выбор характеристик ветроэнергетической установки увеличивает ее показатели.

Самым основным параметром ветра является его скорость. Направление и скорость ветра меняются по случайному закону из-за влияния рельефа местности. Мгновенная скорость ветра определяет динамическое воздействие потока воздуха на ветродвигатель и оказывает влияние на работу различных автоматических систем регулирования. Количество энергии, которую сможет выработать ветроэнергетическая установка, обуславливается в первую очередь усредненным значением скорости ветра как во времени, так и по площади поверхности, обметаемой лопастями ветроколеса [2].



Рис.1. Распределение среднегодовой скорости ветра
на территории Российской Федерации

Число лопастей является одной из самых значимых характеристик для ветроколеса. Большое количество ветроэнергетических установок, которые сейчас применяются в мире, имеют не более четырех лопастей. Однако, производимая энергия зависит в большей мере от площади, которую ометает ветроколесо, нежели от числа лопастей.

Для энергии ветра характерны нестабильность и невысокая плотность. Именно это обстоятельство определяет трудности и создает ограничения для его

использования в более широких масштабах. Для повышения выходной мощности ветроэнергетической установки приходится увеличивать диаметр ветроколеса и обеспечивать наиболее оптимальные параметры профиля лопастей. Ширина и толщина лопастей ветроколеса почти не влияют на величину вырабатываемой мощности, хотя более тонкие лопасти помогают выйти на более высокие скорости вращения при помощи уменьшения собственной массы и трения о воздух. [3].

Главными проблемами в создании и обслуживании ветроэнергетических установок являются:

- безопасность;
- надежность;
- эффективность;
- воздействие на окружающую среду.

Главными проблемами со стороны проектирования ветроэнергетических установок являются:

- выбор расчетных параметров;
- выбор конструктивных и компоновочных решений основных узлов, методов и способов монтажа;
- выбор аэродинамического профиля ветроколеса.

При выборе места размещения ветроэлектростанции, при прочностных и аэродинамических расчетах ветроэнергетической установки, при проектировании различных механизмов для ветроэнергетических установок рассматривают графики суточного, месячного и сезонного распределения скоростей, так как скорости ветра изменяются в зависимости от времени суток, месяца и времени года [1].

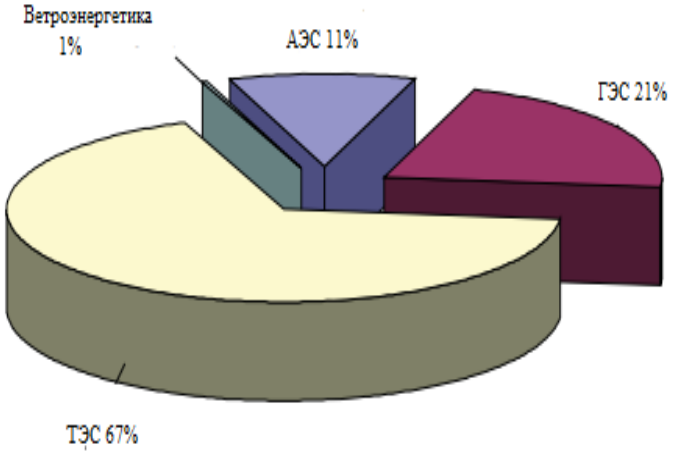


Рис. 2. Доля источников электрической энергии в Российской Федерации

В нашей стране доля ветроэнергетики среди всех источников генерации электрической энергии составляет лишь 1%. Однако стоит упомянуть наиболее масштабные ветроэнергетические станции (ВЭС) в России:

- Ульяновская ВЭС с установленной мощностью 35 МВт.
- Ушаковская ВЭС с установленной мощностью 7 МВт.
- ВЭС «Куликово» с установленной мощностью 5,1 МВт.
- ВЭС в с. Тамар–Уктуль с установленной мощностью 3 МВт.

Пристальное внимание стоит обратить на Данию. Эта страна не обладает гигантской территорией, но это не мешает ей являться лидером в мире по установленной мощности ветрогенераторов на душу населения. В Дании ветроэнергетика вырабатывает примерно 40% электроэнергии государства.

Существует несколько систем ветродвигателей, которые по схеме устройства ветроколеса и его положению в потоке ветра подразделяются на три группы:

1. Ветродвигатели с вертикальной плоскостью вращения ветроколеса (осью ветроколеса в данном случае параллельна потоку ветра). Такой тип ветродвигателей называется крыльчатым. Они являются наиболее распространенными в мире и в Европе.

2. Ветродвигатели с вертикальной осью вращения ветроколеса.

3. Ветродвигатели с осью вращения, которая горизонтальна направлению ветра и перпендикулярна ему.

Существует классификация ВЭУ по назначению и по мощности:

1. Гибридные ВЭУ. Мощность таких ВЭУ составляет до 50 кВт. Данный тип ВЭУ работает параллельно с независимыми источниками электрической энергии схожей мощности. Служат для обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей.

2. Автономные ВЭУ. Мощность ВЭУ данного типа находится в пределах 50 – 500 кВт. Предусмотрена автономная работа таких ВЭУ.

3. Сетевые ВЭУ. Мощность таких ВЭУ находится в промежутке 200 кВт – 5 МВт. ВЭУ данного типа работают параллельно с мощной электрической сетью.

Огромная территория Российской Федерации создает достаточно большое количество проблем в отношении энергоснабжения всех потребителей. Например, некоторые населенные пункты находятся далеко друг от друга и доставка топлива невыгодна по экономическим причинам. Следовательно, традиционное энергоснабжение осложняется и требуется искать альтернативные варианты. Активное развитие ветроэнергетики способно решить проблемы. Нашей стране стоит использовать зарубежный положительный опыт развития ветроэнергетики. Например, соседняя Эстония, значительно уступающая России по площади, опережает ее по количеству установленной мощности примерно в 3 раза (310 МВт против 134 МВт).

Библиографический список

1. Кузнецов Д.С. Исследование эффективности ветроэлектрических станций // АПК России. 2017. С. 493–497.

2. Рыманов А.Ю. Интегрирование ветровой энергетики в энергетическую систему // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2008. С. 49-57.

3. Бубенчикова Т.В. Выбор электрогенераторов для ВЭУ // Международный научно–исследовательский журнал. 2016. С. 43-50.

УДК 004.896:621.865

В.Г. Шумаков
аспирант кафедры механики, мехатроники и робототехники
А.В. Репкин
студент кафедры механики, мехатроники и робототехники
А.В. Мальчиков – кандидат технических наук – научный руководитель
Юго-Западный государственный университет, Курск

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ НИТЕУКЛАДЧИКА БЫТОВОЙ ВЯЗАЛЬНОЙ МАШИНЫ

Вязальная машина – техническое устройство для вязания трикотажного полотна методом различного переплетения пряжи. Вязальные машины применяются в трикотажной промышленности и в быту. В рамках настоящей работы рассматривается конструкция нитеукладчика бытовой вязальной машины.

В отличие от промышленных вязальных машин, бытовая должна быть незначительных размеров и удобно настраиваема под требуемый тип вязки. Одним из важнейших элементов конструкции, является механизм подачи нити [1-4] и непосредственно сам исполнительны орган – нитеукладчик. При этом бытовое назначение устройства, определяет используемые конструктивные решения, а именно: простота установки и настройки, компактные размеры, универсальность.

Покажем схему механизма нитеукладчика, используемого в бытовой вязальной машине.

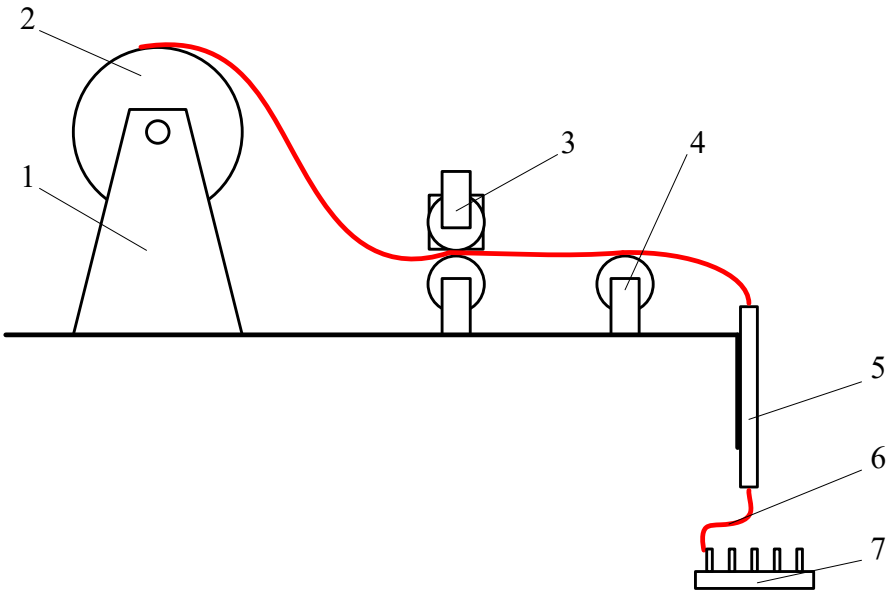


Рис. 1. Схема однониточного нитеукладчика и механизма контроля подачи нити

На данной схеме нитеукладчика: 1 – крепление бобины с нитью; 2 –бобина с нитью; 3 – механизм контроля подачи нити; 4 – направляющий ролик; 5 – направляющая нитеукладчика; 6 – нить; 7 – наборная панель.

Принцип работы заключается в следующем. Перед запуском процесса вязания пользователь устанавливает на кронштейн-крепление 1 бобину 2 с необходимой нитью. Далее необходимо завести нить 6 в механизм контроля подачи 3, и установить на направляющий ролик 4. Для этого пользователь вручную поме-

щает нить 6 между натяжных роликов механизма 3, где контроль натяжения осуществляется вращением одного из роликов, приводимого в движение шаговым электродвигателем. Направляющий ролик необходим для предотвращения спутывания нити при перемещении нитеукладчика. Бобина при этом дополнительно оснащена электроприводом, ослабляющим натяжение нити между бобиной и механизмом подачи нити. Возможно также использование пассивной системы, при которой натяжение нити определяется свойствами шарнирного закрепления и инерционные свойствами бобины.

Обратим внимание, что технология заправки нити в направляющую нитеукладчика может варьироваться в зависимости от конструкции направляющей нитеукладчика. Для реализации направляющей нитеукладчика могут использовать различные схемы (рис. 2).

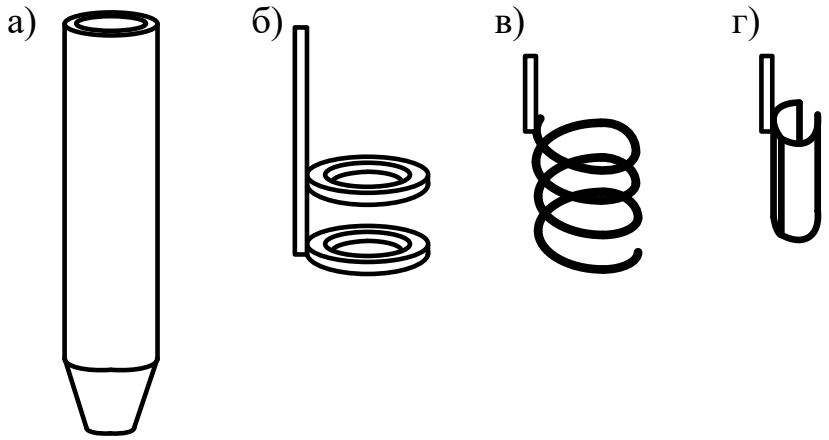


Рис. 2. Конструкции направляющих нитеукладчика

На рис. 2, б показана схема направляющей нитеукладчика включающая два пропускных кольца, выполненных из материала с хорошими антифрикционными свойствами. На рис. 2, в показан спиралевидный нитеукладчик, упрощающий закрепление нити в направляющей. Устройство, показанное на рис. 2, г выполнен в виде защелки, которая может автоматически захватывать нить.

Выбор конкретного технического решения зависит от технического задания на изготавливаемое изделие, от режима работы и от уровня автоматизации процесса укладывания нити.

Библиографический список

1. Яцун С.Ф., Томакова И.А. Исследование вязального механизма с индивидуальным электромагнитным приводом игл // Известия Курского государственного технического университета. 2004. №. 2. С. 12-15.

2. Яцун С.Ф., Зайцев С.А., Бударин А.А. Динамика устройства для регулирования натяжения нити // Известия Курского государственного технического университета. 2004. №. 1. С. 43-46.

3. Бударин А.А., Яцун С.Ф. Экспериментальные исследования упруговязких свойств нити // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2006. №. 11.

4. Яцун С.Ф., Зайцев С.А., Томакова И.А. Динамика индивидуального электромагнитного привода петлеобразующих органов вязальных машин // Вибрационные машины и технологии. 2003. С. 146-150.

УДК 621.38

Р. Р. Юмагужин
магистрант кафедры управления в технических системах
И. А. Салова – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ОБЗОР ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРОВ

Современный мир неотъемлемо связан с техническими средствами всевозможных направленностей, будь то персональный компьютер, мобильный телефон, планшетный компьютер, ноутбук и т.д. Опуская историю развития гаджетов, можно с уверенностью сказать, что в данный момент времени почти ни одно из устройств не обходится без какого-либо отображающего устройства, и, следовательно, содержит в своей конструкции графический процессор, который входит в состав видеокарт.

До 2000-х годов видеоадаптеры (видеокарты) применялись в персональных компьютерах и игровых приставках, и только после рубежа нового тысячелетия стали массово использоваться в других устройствах [1].

В современных видеокартах графический процессор служит для графического рендеринга – процесса получения изображения по модели с помощью различных программ. В современном мире видеокарты неразрывно связаны с компьютерной игровой индустрией, но их применение имеет куда более широкий диапазон, а не только в сфере развлечения.

В мире технологий в нынешнее время используют множество САПР-программ, поддержка которых требует огромных ресурсов – в зависимости от сложности поставленных задач. Графическое отображение какой-либо 3D-модели слишком сильно нагружает центральный процессор, а ведь на нем лежат еще и расчеты и многое другое, вот почему в данной сфере необходимы мощные графические адаптеры [2].

Отличительными особенностями видеокарт по сравнению с центральным процессором являются:

– архитектура, максимально рассчитанная на увеличение скорости расчета текстур и сложных графических объектов;

– ограниченный набор команд.

Современные центральные процессоры содержат несколько ядер, а графические процессоры изначально создавались как многопоточная структура с многоядерностью. За разницей в архитектурах последовала разница в принципах работы – CPU (central processing unit, центральный процессор, ЦП) предполагает последовательную обработку информации; GPU (graphics processing unit, графический процессор, ГП) рассчитан на многочисленные параллельные вычисления.

Одной из первых видеокарт стала MDA, которая появилась в 1981 г. для IBM PC. Она работала только в текстовом режиме с разрешением 80x25 символов (физически 720x350 точек) и поддерживала пять атрибутов текста: обычный, яркий, инверсный, подчеркнутый и мигающий. Никакой цветовой или графической информации она передавать не могла, и то, какого цвета будут буквы, определялось моделью использовавшегося монитора.

В том же году вышла первая цветная видеокарта – CGA (Color Graphics Adapter). В последствие она стала основой для последующих стандартов видеокарт. Данный графический адаптер работал в двух режимах: текстовом, либо же графическом с разрешениями 320x200 или 640x200.

Развитие видеокарт не стояло на месте – появилась EGA (Enhanced Graphics Adapter) в 1984г. Затем для ранних моделей компьютеров от IBM PS/2

создается MCGA (Multicolor Graphics Adapter). В 1987г. появляется VGA (Video Graphics Array), в 1991г. – SVGA (Super VGA). С середины 1992 г. SVGA фактически становится стандартом видеоадаптера.

После внедрения графического пользовательского интерфейса во многих операционных системах появляется понятие «графический ускоритель» - это видеоадаптеры, которые производят выполнение некоторых графических функций на аппаратном уровне. Начался новый этап развития видеокарт.

В современных видеокартах GPU, как основа графических адаптеров, занимается расчетами выводимых изображений, снимая с ЦП эту задачу. Зачастую, нынешние ГП превосходят центральные процессоры по вычислительной мощности [3].

Один из знаковых годов для развития GPU стал 2006. Компания NVIDIA (США, штат Калифорния, Санта-Клара, 1993 г.) объявила о выпуске новой линейки продукции GeForce 8 series. Появился новый класс графических процессоров – GPGPU. Особенностью данных устройств стала возможность использовать ГП для общих вычислений. Компания NVIDIA пришла к мнению, что большее число ядер, работающих на меньшей частоте, имеют большую эффективность, чем малое число более производительных ядер. Новое поколение устройств обеспечило поддержку параллельных вычислений не только для обработки видеопотоков, но также для проблем, связанных с машинным обучением, линейной алгеброй, статистикой и другими научными или коммерческими задачами [4].

Для наглядного сравнения производительности GPU и CPU был проведен эксперимент – выполнена распространенная задача в нейронных сетях, а именно перемножение матриц высокого порядка [4].

Использовались следующие устройства для тестирования: **CPU** Intel Xeon E5-2680 v4 — 28 потоков с HyperThreading, 2.4 GHZ; **GPU** NVIDIA GTX 1080 — 2560 CUDA Cores, 1607 Mhz, 8GB GDDR5X.

Использовалась программа вычисления перемножения матриц на CPU и GPU в Jupyter Notebook (наиболее известная веб-оболочка для IPython).

```
import numpy as np
np.random.seed(1)
import cupy as cp
from timeit import Timer
```

```
def multiply_matrix(count):
    array_cpu = np.random.rand(count, count)
    array_gpu = cp.asarray(array_cpu)
    print('{} elements'.format(count))
    print('cpu:\t\t\t\t {}'.format(Timer(lambda: np.multiply(array_cpu, array_cpu)).timeit(100)))
    print('gpu:\t\t\t\t {}'.format(Timer(lambda: cp.multiply(array_gpu, array_gpu)).timeit(100)))
    print('gpu with cpu communication:\t {}'.format(
        Timer(lambda: cp.multiply(cp.asarray(array_cpu), cp.asarray(array_cpu))).timeit(100)))

multiply_matrix(100)
multiply_matrix(1000)
multiply_matrix(5000)
multiply_matrix(10000)
```

Рис. 1. Листинг программы на Jupyter Notebook

В программе (рис. 1) измеряется время, затраченное на вычисление матриц одинакового порядка на GPU и CPU, а также время на создание данных в обычном ОЗУ, передачу их в память GPU и последующее вычисление (Passed on GPU).

Как следует из графика (рис. 2), производительность GPU вполне сопоставима с производительностью CPU – когда дело касается матриц порядка 1000-1500. Далее CPU тратит заметно больше времени на решение данной задачи, по сравнению с GPU.

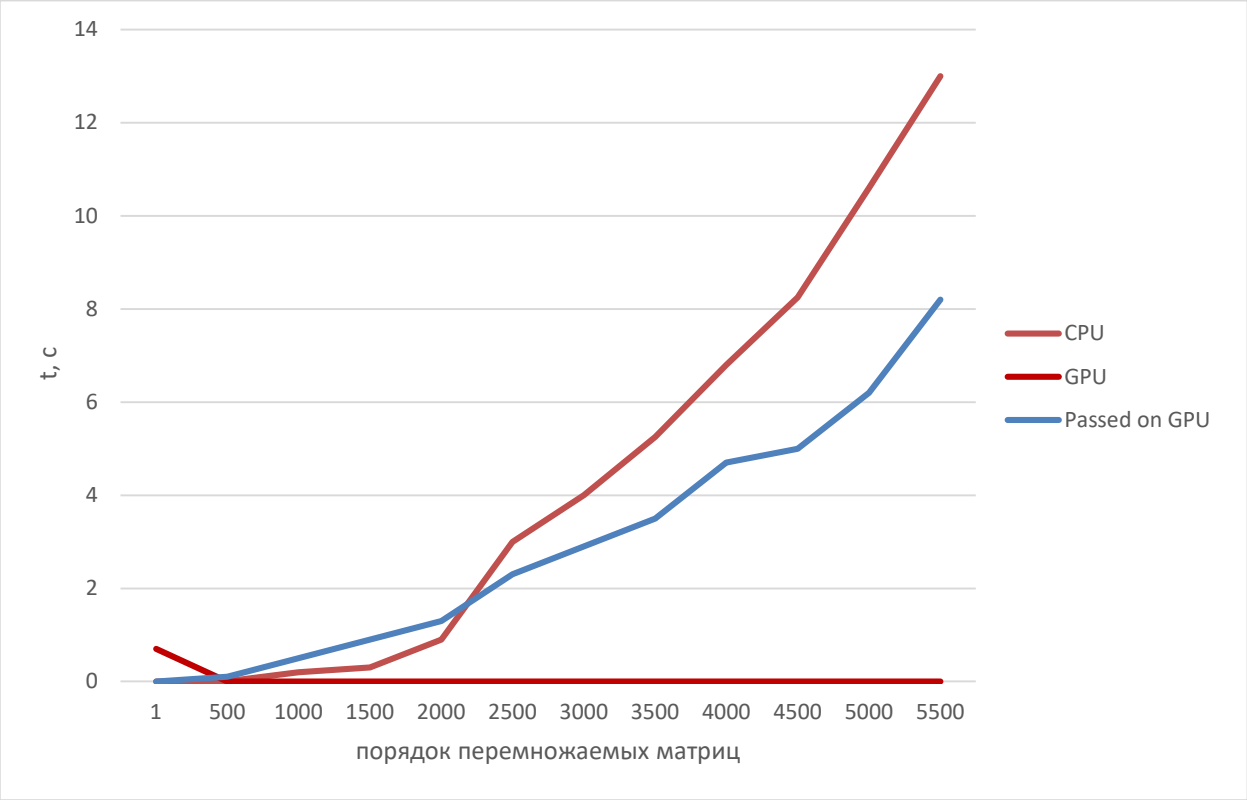


Рис. 2. График зависимости времени от порядка перемножаемых матриц

Развитие не стоит на месте, с каждым годом появляются новые устройства, новые решения, новые подходы. Уже сейчас графические процессоры способны принять на себя львиную долю вычислительных работ, и это помимо своей прямой задачи. Возможно, в скором времени появятся процессоры, которые приведут нас к качественному скачку в области вычислительной техники, а, следовательно, и во всех областях нашей жизни.

Библиографический список

1. Официальный сайт Википедии URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Видеокарта#История_создания (дата обращения 11.03.2019).
2. Официальный сайт Википедии: URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Графический_процессор (дата обращения 11.03.2019).
3. Официальный сайт 3D News: https://3dnews.ru. URL: https://3dnews.ru/video/what_is_faster_gpu_or_cpu. (дата обращения 11.03.2019).
4. Официальный сайт Habr: https://habr.com/ru/. URL: https://habr.com/ru/company/selectel/blog/417721/. (дата обращения 11.03.2019).

УДК 621.311

Д. В. Юров
студент кафедры электромеханики и робототехники
А. В. Болтнева
студент кафедры электромеханики и робототехники
С. В. Солёный – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Важную роль в системе электроснабжения играют системы распределения электрической энергии. Снижение эксплуатационных затрат и увеличение энергоэффективности распределительных сетей является приоритетной задачей на сегодняшний день.

Одним из главных показателей систем распределения электрической энергии являются потери электроэнергии, величина которых показывает уровень технического состояния электрооборудования и правильность его эксплуатации. Основная доля этих потерь приходится на нагрузочные потери в линиях электропередачи и на потери холостого хода трансформаторов в сетях 0,39-10 кВ. Немаловажным является тот факт, что износ электрооборудования сетей 0,38-10 кВ в среднем составляет примерно 79%, а потери в трансформаторах напряжением 6-10/0,4 кВ составляют примерно 67% общих потерь всех трансформаторов распределительных сетей, среди которых 83% приходится на потери холостого хода [1].

Качество эксплуатации электрооборудования распределительных систем влияют на его износ и в конечном итоге на уровень потерь электроэнергии. Рассмотрим наиболее вероятные проблемы, которые можно наблюдать в работе трансформаторных подстанций (ТП) и распределительных пунктов (РП), являющихся неотъемлемой частью систем распределения электрической энергии.

Основной проблемой в работе ТП является выход из строя электрооборудования, из-за которого может возникнуть авария. На рис. 1 показана статистика выхода из строя электрооборудования на подстанции. Чаще всего этим оборудованием являются: автоматический выключатель (39%), силовой трансформатор (28 %). Рассмотрим эти элементы более подробно.

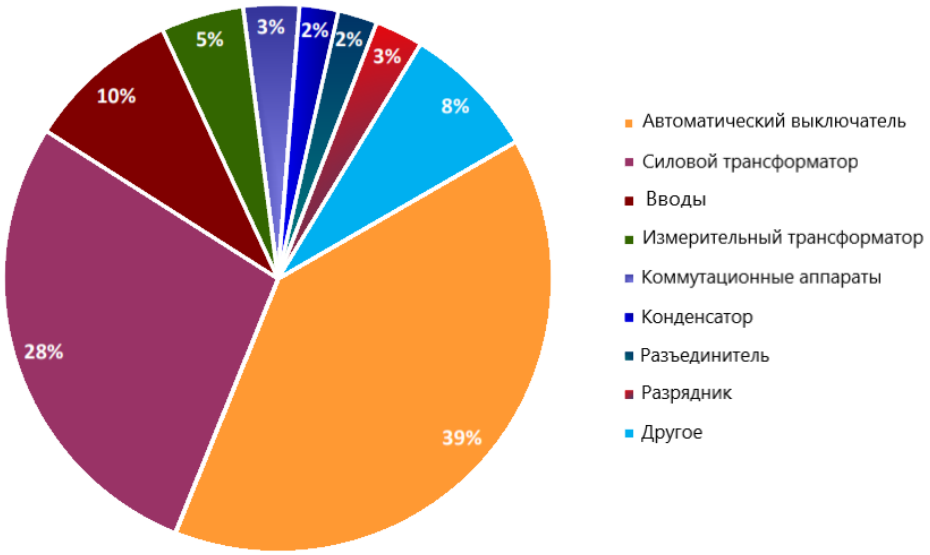


Рис. 1. Статистика выхода из строя электрооборудования ТП

Сбой в работе автоматического выключателя может быть вызван неисправностью расцепителя (38%), механизма (37%), катушки реле (11%), или же другой причиной. На рис. 2 показана статистика неисправностей составляющих автоматического выключателя.

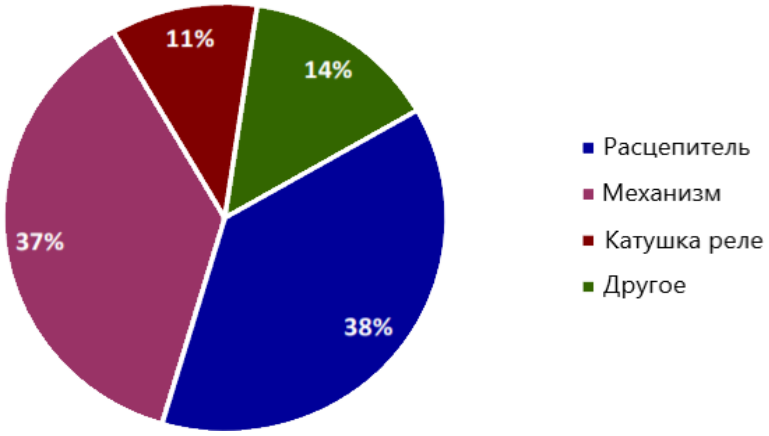


Рис. 2. Статистика неисправности элементов автоматических выключателей

Отказы в работе автоматических выключателей в основном вызваны следующими причинами: расцепитель не совершил размыкание цепи и в последствии вышел из строя; автоматический выключатель не смог погасить электрическую дугу после размыкания в следствие чего сработало защитное реле; неправильное замыкание контактов расцепителя.

Проблемы с механизмом работы автоматического выключателя связаны с неисправностью работы замыкания и размыкания контактов или недостаточностью накопленной энергии для перемещения контактов.

Механизм автоматического выключателя имеет множество компонентов: подшипники, шестерни, поршни, муфты, которые должны работать как одно звено. Если один из компонентов работает неправильно, это приводит к срабатыванию выключателя. Для этого необходимо использовать качественную и тщательную смазку механизмов автоматического выключателя.

Сбои в работе силового трансформатора могут быть вызваны неисправностью обмоток (33%), устройств регулировки под напряжением (РПН) до 32%, диэлектрическими (13%) или механическими (10%) неисправностями, неисправностью дополнительного оборудования (2%) и другим (7%). Статистика неисправностей показана на рис. 3.

Проблемы с обмотками трансформатора могут быть связаны с межвитковым током КЗ, обрывом обмотки, повреждением межвитковой изоляции из-за электрического, механического или термического воздействия. Типичные практические методы по обнаружению дефектов в обмотках силовых трансформаторов, являются периодические испытания изоляции, анализ изоляционной охлаждающей среды (трансформаторного масла или другого жидкого диэлектрика), измерение токов и процентных сопротивлений обмоток. Также возможно подключений специальных устройств непрерывного мониторинга в режиме онлайн, что позволит предотвратить серьезные повреждения обмоток.

Отказы в работе устройств РПН могут быть механическими или электрическими, либо быть связаны с качеством трансформаторного масла и соединений контактов. Для предотвращения неполадок необходимо проводить проверку трансформаторного масла, инфракрасные проверки на нагрев, проверку устройства переключения обмоток. Также возможно установка устройств непрерывного мониторинга в режиме онлайн.

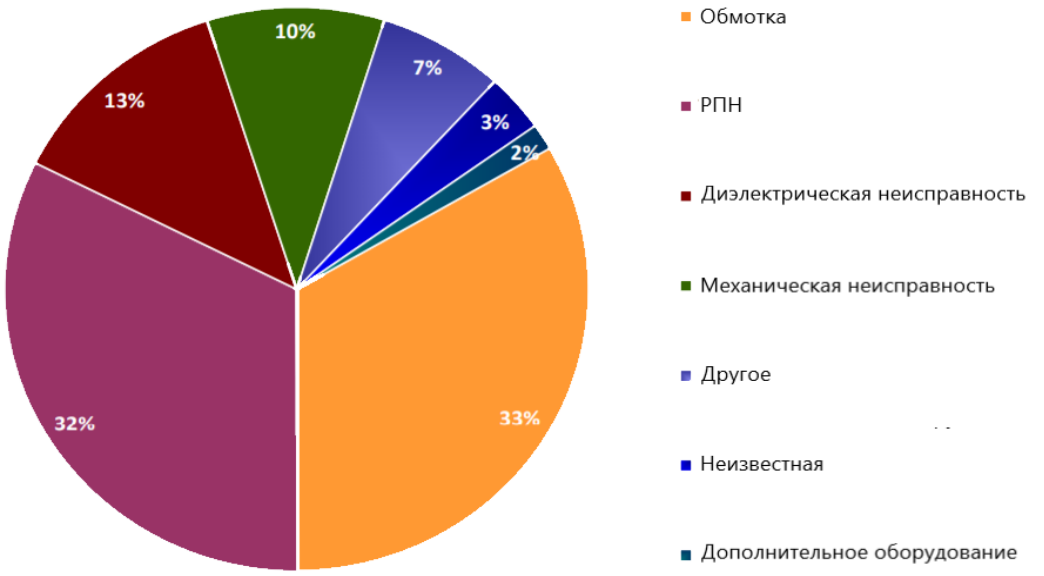


Рис. 3. Статистика неисправности элементов силового трансформатора

Неисправности в работе силовых вводов могут быть вызваны: пробоем на корпус, из-за наличия трещин в изоляторе или же понижением уровня масла с загрязненной внутренней поверхностью изолятора; появление трещин на изоляторах вводов может быть вызвано их чрезмерным нагревом; негерметичностью уплотнений, что также вызывает трещины в изоляторах. Для избегания этих проблем, необходимо своевременно проводить осмотры и тесты силовых вводов трансформаторов [2].

К основным причинам отказа работы РП можно отнести такие причины, как слабые соединения, повреждение изоляции, попадание воды или высокая влажность, неисправная защита и неправильный монтаж электрооборудования. Разберем каждую причину более подробно.

Слабые и неисправные контактные соединения вызывают увеличение переходного сопротивления в этой локализованной точке. Повышенное сопротивление вызывает увеличение нагрева, которое будет увеличиваться до тех пор, пока не произойдет полный тепловой сбой соединения. Данный сбой может привести к разрыву цепи и поломки аппаратуры. По оценкам одного крупного страхового перевозчика, примерно 25 % всех электрических сбоев происходят из-за слабых соединений [3].

Для того чтобы избежать разрыв цепи необходимо регулярно проводить инфракрасные проверки всех соединений, пример такой проверки показан на рис. 4.

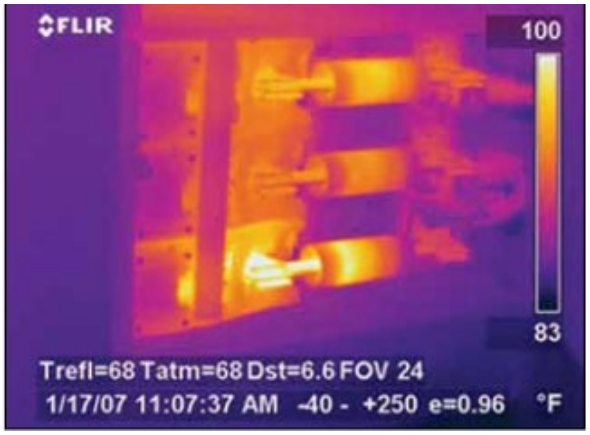


Рис. 4. Тепловое изображение ослабленного соединения

Повреждение изоляции кабелей, шин и разъемов кабелей происходит из-за возникновения частичного разряда. Данный искровой разряд образуется внутри или на поверхности изоляции, в оборудовании среднего и высокого классов напряжения. С течением времени периодически повторяющиеся разряды разрушают изоляцию, приводя в конечном итоге к ее пробою.

К счастью, активность частичного разряда создает обнаруживаемые сигналы, которые являются ранними предупреждающими признаками полного отказа изоляции. Решение для предотвращения отказов распределительного устройства среднего напряжения начинается с использования ручного детектора частичных разрядов, оборудованного ультразвуковым датчиком для обнаружения дефектов поверхностной изоляции и переходным датчиком напряжения заземления для обнаружения внутренних дефектов изоляции.

Попадание воды из-за стихийных бедствий или несчастных случаев может привести к мгновенным коротким замыканиям, долговременному повреждению изоляции и длительной коррозии металлических компонентов, а также другим осложнениям. В РП который подвергается воздействию высокой влажности, необходимо использовать гидрофобную изоляцию для предотвращения поглощения влаги.

Установка в замкнутом автоматическом выключателе на шину, находящуюся под напряжением, может привести к серьезным травмам или смерти персонала, а также к серьезному повреждению оборудования. Кроме того, автоматический выключатель может неправильно установиться в цепь или может столкнуться с другими проблемами при его установке. Решение этих проблем состоит в том, чтобы всегда гарантировать, что механические и электрические защитные устройства функционируют, и все компоненты выключателя и ячейки должным образом осмотрены и обслуживаются.

В отличие от вышеперечисленных элементов, неисправное защитное устройство от замыкания на землю само по себе не создает неисправности. Тем не менее, оно не обеспечит защиту от замыкания на землю, что является распространенной проблемой в распределительном устройстве. Это может послужить аварией на РП. Для решения проблемы требуется отключение и ручная проверка системы защиты от замыкания на землю путем подачи тока. Не менее важно обратить пристальное внимание на то, чтобы оборудование было правильно установлено. Полярности датчика должны быть проверены, когда это применимо, нейтральное соединение должно быть расположено в правильном положении, чтобы датчики правильно определяли токи повреждения.

Проанализировав состояние систем распределения электрической энергии, а также проблемы некоторых составляющих этой системы, можно сделать некоторые выводы. Во-первых, необходима замена устаревшего и изношенного электрооборудование на новое, более качественное и технологичное, которое будет отвечать современным технико-экономическим требованиям. Во-вторых, необходимо модернизировать и улучшать средства контроля за электрооборудованием путём внедрения систем диагностики и мониторинга.

Библиографический список

1. Смоловик С.В., Халилов Ф.Х. Анализ технического состояния электрических сетей 0,38-110 кВ Российской Федерации. Тр. Кольского научного центра РАН, 2011. С. 2–4.

2. AC substation equipment failure report. URL: https://www.nerc.com/comm/PC/AC%20Substation %20Equipment%20Task%20Force%20ACSETF/Final_ACSETF_Report.pdf. (дата обращения 15.12.2018).

3. Don A. Genutis. Top five switchgear failure causes. Neta world. 2010. С. 1–8.

УДК 629.3.01

Ян Найнг Со*
аспирант кафедры механики, мехатроники и робототехники
А.С. Мартинез Леон*
аспирант кафедры механики, мехатроники и робототехники
Ту Раин**
аспирант кафедры программного обеспечения и администрирования информационных систем
С.Ф. Яцун* – доктор технических наук, профессор – научный руководитель
* Юго-Западный государственный университет, Курск
**Курский государственный университет

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СЕРВОДВИГАТЕЛЕМ С ARDUINO И RASPBERRY PI ДЛЯ ЧЕТЫРЕХНОГОГО РОБОТА (MINI-BOT)

Введение

В современном мире робототехника становится популярной в различных научных областях и полезной в сложных условиях. Робототехника используется в медицине, образовании, военных и научных исследованиях ученых, в основном используется в промышленности и может заменить человека. В современных работах представлены исследования и разработки легконогого робота в различных видах робототехники.

Роботы на ножках были разработаны для многих целей, но больше всего для профессиональных целей. Роботы на ножках [1, 2] − это тип роботов, которые могут совершать сложные движения. По сравнению с традиционным роботом на колесах [3, 4, 5] и на гусеничном ходу [6, 7, 8] четвероногий робот обладает большой гибкостью в отношении окружающей среды и может перемещаться в довольно узком пространстве, проходить через препятствия, подниматься и опускаться по лестнице и склонам, двигаться дальше по грубой почве и имеет хорошие прогнозы в области аварийно-спасательных работ и разминирования, разведки, развлечений, военных целей и т. д. [9].

В этом проекте проведена работа над роботом с четырьмя ножками, который управляется серводвигателем с использованием микроконтроллера Arduino и контроллера Raspberry Pi. Серводвигатель определяется как привод, который может регулировать угловое вращение [10]. Характерно, что существует три категории серводвигателей, которые включают позиционный сервопривод вращения, сервопривод непрерывного вращения и линейный серводвигатель [11]. Использование позиционного вращения сервопривода контролируется с помощью языка программирования Python и программирования Arduino.

Модель робота Mini-Bot и широтно-импульсная модуляция

Модель Mini-Bot вычисляет для каждого временного отрезка угловое вращение. Физическая модель Mini-Bot показана на рисунке 1,это модель Solidworks, которая печатается на 3D-принтере. Mini-Bot состоит из твердого тела и четырех ног, у каждой ноги имеется 3 степени свободы (DOF).

Широтно-импульсная модуляция (ШИМ) используется для управления амплитудой цифровых сигналов. Цифровое управление используется для создания прямоугольногоимпульса, сигнал включается и выключается. Эта схема включения-выключения может имитировать напряжения между полным включением (5 Вольт) и выключением (0 Вольт) путем изменения доли времени, в течение которого сигнал расходуется, по сравнению с временем, в течение которого сигнал не расходуется. Длительность «по времени» называется длительностью импуль-

са [12]. В работе сигнал сервопривода контролируется с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Серводвигатель работает на частоте 50 Гц с частотой ШИМ; период ШИМ-сигнала составляет 20 мс на частоте 50 Гц.В этом проекте используется угловое вращение серводвигателя mg996R в диапазоне от 0° до 180° с сигналом ШИМ, частота ШИМ составляет 60 Гц, а сигнал ШИМ периода составляет 17 мс.

Расчет ШИМ:

$$\text{Скважность} = (\text{ширина импульса})/\text{Период} \quad (1)$$

$$\text{Период} = 1/\text{частота} \quad (2)$$

$$\text{Скважность} = \text{ширина импульса} * \text{частота} \quad (3)$$

Ширина импульса в 1 миллисекунду дает нам полную левую позицию. Теперь вычислимскважность,чтобы получить желаемую позицию:

$$\text{Скважность} = \text{ширина импульса} * \text{частота} = 001 * 50 = .05 = 5\%. \quad (4)$$

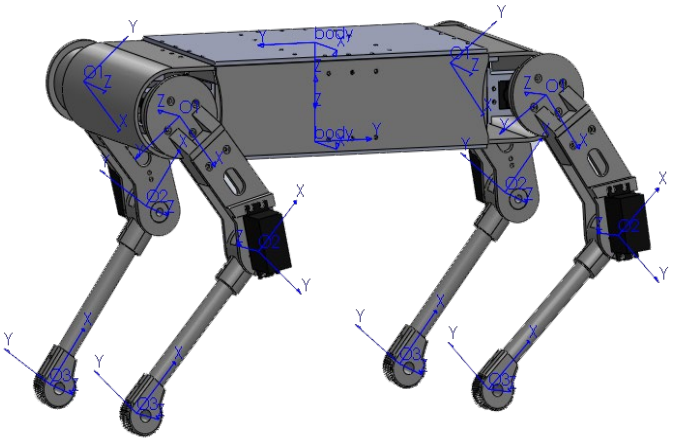


Рис. 1. МодельSolidworksMini-Bot

Экспериментальный результат и аппаратное обеспечение системы

ArduinoUno используется в качестве контроллера, управляемого драйвером сервопривода PCA9685 и привода серводвигателя mg996R.Основной системой управления является RaspberryPi с языком программирования Python. Arduino можно запрограммировать в версии C. Движение ног робота управляется сервоприводом mg996R. Сервопривод может вращаться примерно на 180 град. (90 в каждом направлении). Схема аппаратной части системы приведена на рис. 2, а блок-схема системы управления показана на рис. 3.

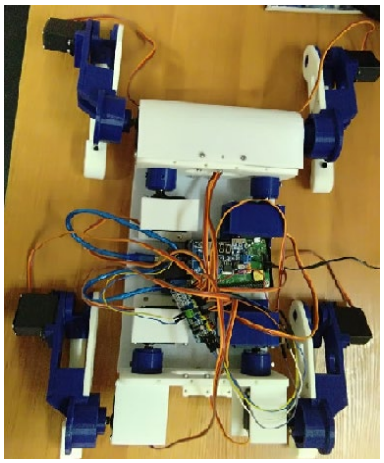


Рис. 2. Схема аппаратной части системы

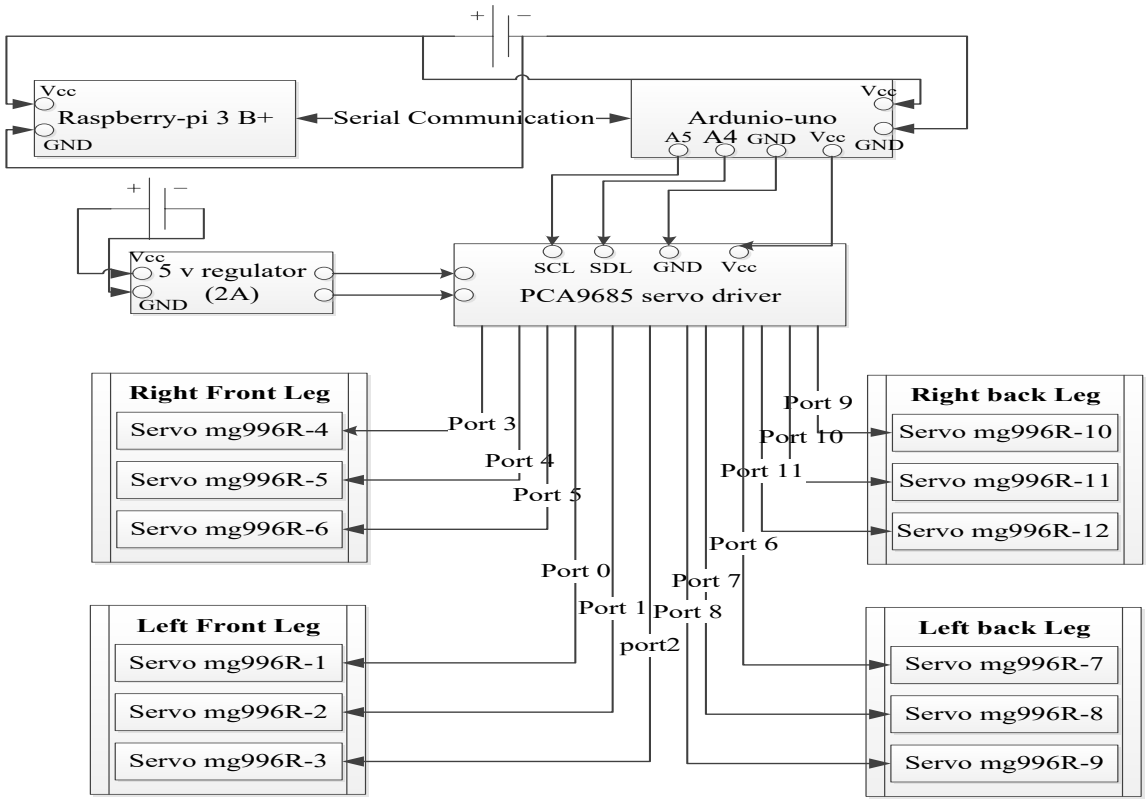


Рис.3. Блок-схема системы управления

На блок-схеме PCA9685 − драйвер представляет собой микросхему генератора ШИМ, которую можно использовать для управления сервоприводами и светодиодами. Он имеет:

− 16 каналов с раздельным управлением;

− разрешение 12 битов для каждого выхода - для сервоприводов;

− конфигурируемый пушпульный выход или выход открытого стока;

− выход позволяет штырем быстро отключить все выходы;

− регулируемая частота PWM до около 1,6 кГц.

PCA9685 хронометрировано генератором 24,576 MHzTCXO и позволяет отрегулировать частоту, используя регистр PRE_SCALE. В этом проекте частота ШИМ 60Hz и сигнал ШИМ периода 17ms.PCA9685 регулятор разрешения 12 битов, поэтому каждый период T частоты может быть равностью в 2^12(4096) такта.

Угол к вычислению ШИМ:

Если период составляет 17 мс - 4096 тактов, то для 0,5 мс - 120 тактов.

$$0{,}5ms * 4096/17ms = 120 \text{ тактов}. \quad (5)$$

По техническим требованиям проекта самая малая ширина импульса равна 0,5 ms к 0 градусам. Угол к числу тактов расчета приведен в таблице 1.

Таблица 1

Вычисление угла к тактам

Угол	Время(ms)	Число тактов
0	0,5	120
60	1,0	240
90	1,5	361
120	2,0	481
180	2,5	602

Диапазон тактов = максимальное количество тактов - минимальное количество тактов;

482 такта=602-120; (6)

Если дано 482 такта, изменяющиеугол от 0 до 180 градусов, то чтобы найти количество тактов для угла 180 градусов нужно 482/180, что составляет 2,7 такта на угол.

Таким образом формула для вычисления количества тактов по углу имеет вид:

120+2.7*угол= количество тактов. (7)

При движении робота ноги контролируются основной системой управления RaspberryPi с Python путем программирования команд Arduino Uno для последовательной связи. Uno Arduino принимает команды от системы основного управляющего воздействия между серийными сообщениями, контролирует мотор сервопривода с драйверомPCA9685. Блок-схема алгоритма программы показана на рисунке.4.

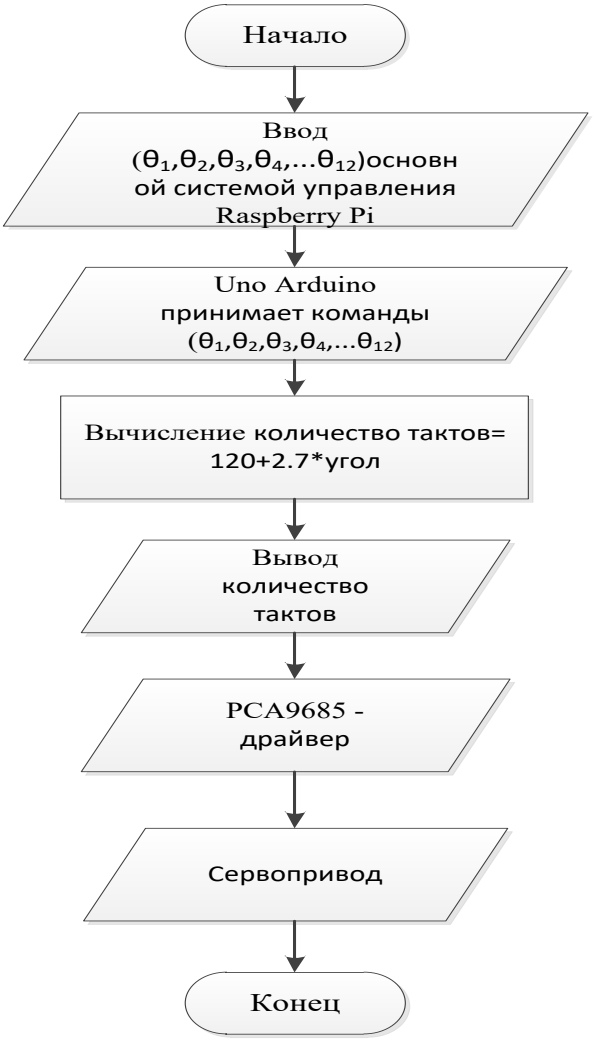


Рис.4. Блок-схема алгоритма программы

Выводы

В этом исследовании был разработан робот Mini-Botи протестирован RaspberryPi и Arduino с использованием языка программирования Python. В этой статье представлена система управления несколькими сервоприводами, которая может управляться основной системой управления RaspberryPi для робота с нож-

ками. После этого программное обеспечениес соответствующим кодомформируетуправляющие команды на механические и электрическиефункциональные модулиробота. Управляющие коды обеспечили основу структуры роботов и математическую модель для четырехногогоробота, контролируя множественную конструкцию мотора сервопривода. В проекте выполнен расчет для угла изменения ШИМ каждой ноги и согласованс аппаратной частью. В будущемпланируются разработки кода, оборудования и электрической частидля конструкции робота Mini-Bot.

Библиографический список

1. Яцун С. Ф., Найнг Со Ян. Кинематический и якобианский анализ для четырёхногого робота // Известия Юго-Западного государственного университета. 2018. № 4 (79). С. 32–41.

2. Яцун С.Ф., Яцун А.С., Безмен П.А., Мальчиков А.В., Антипов В.М. Экзоскелеты: Моделирование движения экзоскелета нижних конечностей с учетом физиологических особенностей пациента. Курск: Университетская книга, 2017. 198 с.

3. Kim I., Jeon W., Yang H. Design of a transformable mobile robot for enhancing mobility // International Journal of Advanced Robotic Systems. 2017. Т. 14. №. 1.

4. Ворочаева Л.Ю., Яцун С.Ф. Математическое моделирование управляемого движения колесного пятизвенного прыгающего робота // Известия РАН. Теория и системы управления. 2015. №. 4. С. 68-68.

5. Бартенев В. В., Яцун С. Ф., Аль-Еззи А. С. Математическая модель движения мобильного робота с двумя независимыми ведущими колесами по горизонтальной плоскости // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13. №. 4-1.

6. Яцун С.Ф. и др. Математическое моделирование мобильного гусеничного робота // Современные проблемы науки и образования. 2013. №. 6. С. 71-71.

7. Яцун С.Ф., Чжо Пьо Вей, Рукавицын А.Н. Изучение движения мобильной колесной системы с кинематически связанными движителями // Прогресс транспортных средств и систем — 2018: Материалы междунар. науч.-практ. конф. (Волгоград, 9–11 октября 2018 г.). Волгоград: ВГТУ, 2018. — С. 162.

8. Яцун С. Ф., Чжо Пьо Вей, Рукавицын А. Н. Перспективы разработки мобильных робототехнических систем с кинематическими связанными движителями // Тенденции развития науки и образования. 2018. Т. 39, № 3. С. 33–35.

9. Zhang Jinrong, Zhang Jianhua, Chenxi.WangHjjj. Dynamic Analysis and Simulation on Bionics Quadruped Robot // The Open Automation and Control Systems Journal, 2015. No. 7. Pp. 1088-1092.

10. Sadun A. S. et al. A Comparative Study on the Position Control Method of DC Servo Motor with Position Feedback by using Arduino. August. 2015. С. 10-11.

11. Ross R. Investigation into soft-start techniques for driving servos // Mechatronics. 2014. Т. 24. No. 2. С. 79-86.

12. Сайт «Arduino» URL: https://www.arduino.cc/en/tutorial/PWM (дата обращения: 12.03.2019).

УДК 602

М. Д. Яушкина
студент кафедры электромеханики и робототехники
С. В. Солёный – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

УСТРОЙСТВО ПОМОЩИ СЛАБОВИДЯЩИМ

Подобных людей практически не видно на улице и в общественных местах, но, как оказалось в процессе изучения темы, людей незрячих и слабовидящих вокруг нас очень много. Исследование общедоступных источников показывает, что в мире насчитывается порядка 180 миллионов незрячих и слабовидящих людей. По прогнозам специалистов, к 2020 г. на земле будет 275 млн человек с проблемами зрения.

Развитие электроники затрагивает все сферы жизни общества, в том числе и быт слабовидящих людей. Спектр электронных устройств для незрячих и слабовидящих людей достаточно большой и представлен приборам самого разного назначения. Однако нас интересуют устройства пространственной ориентации. Импортные средства ориентирования дороги, а средства ориентирования российского производства – малоинформативны.

Принцип работы предлагаемого устройства состоит в том, что пространство перед пользователем сканируется с двух различных точек двумя независимыми детекторами. При этом расстояние до препятствия каждым детектором определяется отдельно и выводится пользователю при помощи соответствующих виброэлементов на кожу (основной канал) или звуковыми излучателями. Расстояние до препятствия обозначается пользователю соответствующей частотой генерации звуковых и виброизлучателей. Два независимых детектора расстояния позволяют определять границы препятствия, что особенно важно при движении незрячего человека.

Предлагаемая идея является новаторской и в известных в сети Internet разработках не применяется. Схема размещения дальномеров при определении препятствия приведена на рис. 1, где Д1 и Д2 – ультразвуковые дальномеры, А – угол между осями дальномеров.

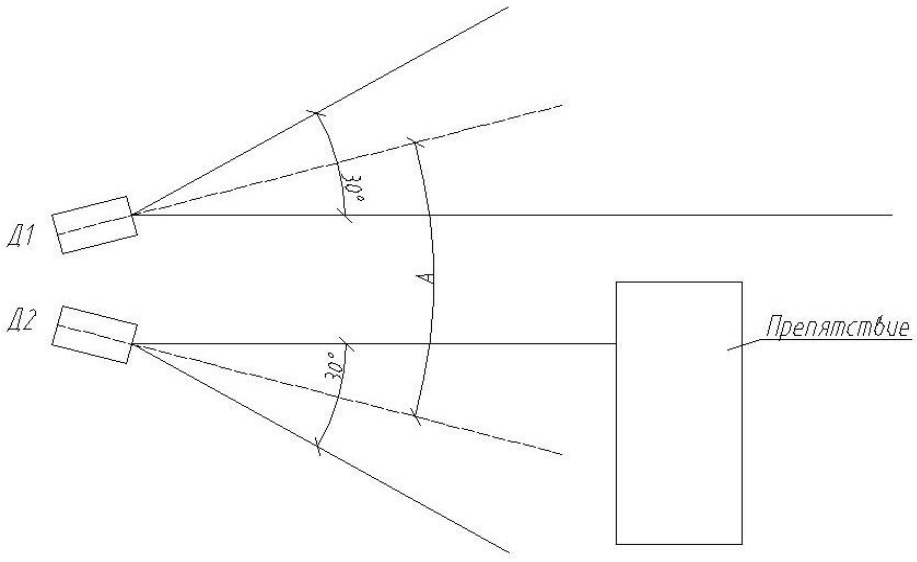


Рис. 1. Схема размещения дальномеров при определении препятствия

Для проверки концепции было принято решение строить экспериментальную установку из доступных в продаже компонентов и свободно распространяемого программного обеспечения. В этой связи был выбран аппаратно-программный комплекс Arduino. Одним из принципиальных моментов разработки является свобода рук пользователя, поэтому устройство выполнено в форме очков, где и размещаются все элементы. Корпус устройства (очки) распечатывались из PLA пластика на 3D принтере.

Для удобства отладки программного обеспечения устройства выбрана плата микроконтроллера Arduino mini, которая снабжена интерфейсом USB (рис. 2).



Рис. 2. Вид на микроконтроллер и устройства оповещения

В качестве определителей расстояния применены ультразвуковые дальномеры «HC-SR04» с заявленной дальностью обнаружения препятствия 4 метра (рис. 3). Для голосового оповещения применены микродинамики планшетного ПК «1W8R». Виброэлементы – два миниатюрных вибромотора сотовых телефонов. Дискретные радиоэлементы (транзисторы электронных ключей, резисторы и пр.) размещаются на изготавливаемой печатной плате.

Угол А (рис. 1) между дальномерами настраивается в устройстве таким образом, чтобы между их зонами чувствительности была, так называемая, «мёртвая зона», где измерения не производятся. Это приводит к тому, что при попадании края препятствия, например, угла дома, в зону между ультразвуковыми дальномерами, резко различаются тональности звуковых сигналов и частота вибрации с разных сторон головы. Таким образом, пользователь определяет не только где находится препятствие и с какой стороны его надо обходить, но и его глубину.

Для сканирования пространства перед собой пользователь не сильно поворачивает голову по горизонтали или по вертикали необходимое для идентификации препятствия количество раз. Приближение к препятствию сигнализируется повышением частоты звука в динамиках и одновременно повышением частоты вибрации соответствующего виброэлемента, располагаемого на дужках очков. Смена режима оповещения осуществляется нажатием на кнопку смены режима. При нажатии на кнопку режимы оповещения меняются последовательно по кругу «вибро» – «звук» – «вибро + звук».

В проектируемом устройстве по мере приближения препятствия увеличивается частота генерации оповещателей (вибро и звуковых). Звуковое оповещение производится в диапазоне 10-1000 Гц, виброгенераторы работают в диапазоне частот 1-20 Гц.



Рис. 3. Внешний вид устройства помощи слабовидящим



Рис. 4. Вид на плату управления

Дистанция измерения делится программно на части. На такое же количество частей программно делятся и диапазоны оповещения. Соответственно изменение частоты от расстояния происходит ступенчато, что после определённых тренировок позволяет на слух с заданной дискретностью определять расстояние до препятствия.

Эксперименты с устройством показали хорошие результаты при ориентировании в пространстве. Заложенные в устройство новаторские идеи полностью себя оправдали. Однако необходимо тестирование данного устройства инвалидами по зрению. Дальнейшее совершенствование устройства ориентирования возможно после анализа замечаний конкретных пользователей.

Возможности модернизации устройства видятся большие. Так, например, минимизировав электронику и применив элементы устройства с пониженным токопотреблением, можно значительно облегчить конструкцию. Это позволит в тот же конструктив встроить элементы питания устройства, что сделает его автономным. Также устройство можно снабдить GPS навигацией. Пользователь может записать маршрут передвигаясь с сопровождающим, а затем автономно следовать по записанному маршруту. Корректировка следования по маршруту выполняется также генераторами.

Библиографический список

1. Литвак А.Г. Психология слепых и слабовидящих: СПб.: РГПУ, 1998. 271 с.
2. Технологии, позволяющие слепым «Видеть». URL: https://lifehacker.ru/2014/10/15/texnologii-dlya-slepyh/ (дата обращения: 02.02.2019).
3. Материалы сайта Arduino.ru. URL: http://arduino.ru. (Дата обращения: 02.02.2019).

СОДЕРЖАНИЕ

Абакумов Е. В. *SMART GRID: Сложности и перспективы применения в России* 3

Антипов В. М. *Применение сетевых технологий в робототехнических системах* 8

Баталин Ф. А. *Финансово-экономическая модель типовых проектов распределенной энергетики* 12

Беляева А. В. *Анализ нормативной базы по показателям качества электроэнергии* 14

Березина Л. В. *Наземные робототехнические комплексы военного назначения: современное состояние и перспективы развитияв Российской Федерации* 18

Березуева А. В. *Опыт внедрения элементов бирюзовой системы управления на высокотезнологичных предприятиях* 20

Бирюков М. С. *Компактный сильноточный предохранитель с пиротехническим приводом* 24

Бобович Т. А. *Анализ проблематики устаревания кадров в энергоотрасли* 27

Бобров В. Е. *Метод планирования движения экзоскелета* 30

Быков А. Н. *Использование сканирующих лазерных дальномеров в качестве сенсоров для навигации мобильных роботов* 33

Важник В. С. *Электрические сети нового поколения* 40

Васин М. А. *Разработка бесконтактного зарядного устройства аккумуляторов необитаемых плавательных аппаратов* 45

Волков В. А. *Работа антиблокировочной системы тормозов автомобиля* 48

Галичин Д. А. *Стратегические аспекты планировани хозяйственной деятельности в сфере электроэнергетики* 51

Головин К. О. *Комплект автоматики для систем промышленного кондиционирования атомных станций* 54

Гончарова В. И. *Обзор способов управления движением мобильного робота в неопределенной среде* 57

Гоцуляк Д. Ю. *Система управления однолебедочного портального крана* 65

Гоцуляк Д. Ю. *Разработка системы видеонаблюдения работы портального крана* 68

Григорьев А. В. *Преобразователи частоты для электропривода переменного тока* 70

Григорьев Г. К. *Использование спектрального анализа в промышленности* 73

Давыдов В. А. *Эргономика промышленного экзоскелета на основе экспериментальных* 76

Дементьев К. В. *Применение сверхпроводников, устройств на их основе и криогенной техники в электромеханике, энергетике и технической физике* 79

Дмитриев В. А. *Алгоритм управления экзоскелетом при выполнении реабилитационных упражнений* 85

Ерашов А. А. *Исследование системы управления магнитной левитации* 88

Ерашов А. А. *Нечёткий пид-регулятор* 93

Зенин А. В. *Энергия волн как альтернативный источник энергии* 98

Зо Наинг Вин. *Возможности использования необитаемых подводных аппаратов в водных акваториях республики союз мьянма* 103

Иванов А. С. *Концентраторы солнечной энергии* 107

Иванов Р. Ю. *Анализ рынка ветроэнергетики в России* 109

Карлов А. Е. *Моделирование процесса взаимодействия человека и экзоскелета* 113

Керс А.Е. *Модернизация системы ERP для создания комплексности решений задач предприятия* 117

Козырь П. С. *Смарт-повязка для удаленной диагностики и лечения раневых повреждений в полевых условиях* 120

Кологрив К. А. *Измерение энергетических показателей в трехфазных системах с активными выпрямителями* 124

Комендантов А. Ю., Никитченко В. С., Богданов В. Д., Бурдин Р. А. *Перспективные судовые системы электродвижения на базе двигательно-движительных систем кольцевой конструкции* 129

Косухина А. А. *Контроль траектории полета четырехмоторного беспилотного летательного аппарата* 132

Кошкин А. В. *Особенности проектирования опорных элементов внутритрубного шагающего робота* 137

Куделин А. С. *Электронное ночное зрение* 139

Лошкарева Т. В. *Особенности структуры управления предприятиями в сфере электроэнергетики* 143

Мартинез Леон А. С. , Ян Найнг Со. *Управление электроприводами мультироторной системы при помощи модуля MPU*-6050 149

Медведев М. В. *Система адаптивного круиз-контроля* 157

Медведев М. В. *Обзор методов управления ориентацией космического аппарата* 163

Медведев А. А. *Стимулирование энергоэффективного поведения на предприятиях* 165

Мезенцева Д. А. *Основные направления по совершенствованию энергосберегающей деятельности на высокотехнологичных предприятиях* 168

Назаренко Ф. А. *SLAM Формирование проблемы и ее решение* 172

Назаров В. В. *Перспективы развития сетей ультравысокого напряжения* ... 175

Наумов А. Б. *О реализации пао «Ленэнерго» программы SMART GRID в Санкт-петербурге* 178

Никифоров П. А. *Управление активной подвеской автомобиля* 180

Павлюков Д. А. *Особенности применения аддитивных технологий* 184

Пантелеев Я. Р. , М. В. Куприенко. *Высокоточный аналого-цифровой преобразователь на базе микросхемы lm*358 187

Пантелеев Я. Р. , Куприенко М. В. *Обзор методов определения остаточной емкости аккумуляторной батареи, внутреннего сопротивления и процента заряженности* 189

Пархомец М. В. *Энергосберегающие окна для современных домов* 193

Петрунин А. П. *Системы управления движением на основе анализа звукового сигнала* 195

Печенин Н. К. , Воропаев И. А. *Система контроля жизненного цикла продукции на базе технологий индустрии* 4. 0 201

Понкратьева Н. С. *Развитие электроэнергетической отрасли: экологический аспект* 206

Попков Д. Е. *Анализ современных мобильных роботов для работы в труднодоступных местах* 209

Постольный А. А. *Особенности конструирования линейных приводов экзоскелетов* 212

Репкин А. В. *Моделирование контактного взаимодействия прыгающего колесного робота с поверхностью* 214

Родзевич А. А. *Оценка эффективности применения фильтров при определении геометрических параметров дефектов листовых материалов по монохромному изображению* 216

Романова М. С. , Комарова Е. А. , Соколова А. И. *Магнитная система ITER* 219

Савельева Е. В. , Постольный А. А. , Карлов А. Е. *Промышленный экзоскелет для строительных технологий* 223

Романова Е. А. *Экспресс-оценка основных органолептических показателей молока* 227

Савченко Е. Н. *Применение STEAM-подхода при инновационном проектировании на предприятии как конкурентное преимущество* 229

Садикова Ю. С. *Принцип формирования тарифов на электроэнергию в России* 232

Салов И. В. , Попов А. К. *Совместное применение баз данных и нейросетевых технологий на практике* 234

Самородова Е. А. *Анализ энергетической эффективности генерации тепла и электроэнергии на ТЭЦ* 244

Самофалов Д. А. *Кинематическое моделирование реабилитационного тренажера для верхних конечностей* 247

Сапронова Е. Ф. *Конъюнктура отрасли ВИЭ: проблемы и перспективы* 250

Семенов А. И. *Обеспечение динамической стабилизации сегвея в вертикальном положении под управлением нечеткого регулятора* 254

Семенов А. И., Терещенко Е. Р. *Управление ориентацией космического аппарата* 260

Сенкевич А. К. *Система компенсации погрешностей для вращающегося трансформатора* 263

Скрыльников Н. Е. , Федоров А. В. *Экзоскелет голеностопного сустава человека* 266

Соболева Л. В. *Кадровые риски в электроэнергетике* 270

Соглаев А. И. *Моделирование движения стопы двуногого шагающего робота* 273

Создателева М. Э. *Робототехнический комплекс для диагностики магистрального газопровода* 277

Соколова П. Н. *Концептальные подходы к процессу внедрения инновационных проектов на предприятиях* 280

Соловьев С. И. *Структурная схема системы выявления предпомпажных состояний авиадвигателя* 283

Степаненко Е. В. *Перспективы применения парогазовых установок* 285

Тарасов Н. С. *Исследование энергопоглощающего резистора FDR для быстрого вывода энергии* 288

Терещенко Е. Р. *Система контроля шин шинопроводов ИТЭР* 293

Тимофеев Е. А. , Афонин Д. В. *Кинематический анализ двухсекционного колесного робота* 297

Тришкин В. С. *Нейронные сети Хэмминга, принцип работы и их применение* 301

Устинова Д. М. *К вопросу об оценке состояния альвеолярно-капиллярного барьера человека на многофункциональном 3D-биочипе* 304

Фахрутдинова А. В. *Государственное регулирование ценообразования услуг поставщиков электроэнергии в России* 308

Федоров А. А. *Автоматическая упаковка готовой продукции на военно-промышленном предприятии* 311

Чайников А. А. *Анализ технологий LPWAN сетей* 314

Чичигин Д. А. *Применение 3D-печати для ремонта бытовых устройств* 318

Ширяева Е. О. , Куприенко М. В. , Куприенко М. В. *Разработка алгоритма системы управления автономного подводного средства* 320

Ширяева Е. О. *Конструктивные особенности подводных робототехнических комплексов* 324

Щербакова М. П. *К вопросу о взаимоотношении человека и робота в современном мире* 329

Щербинин А. В. *Анализ общих характеристик ветроэнергетических установок* 331

Шумаков В. Г. , Репкин А. В. *Особенности конструкции нитеукладчика бытовой вязальной машины* 334

Юмагужин Р. Р. *Обзор графических процессоров* 336

Юров Д. В., Болтнева А. В. *Анализ состояния систем распределения электрической энергии* 339

Ян Найнг Со, Мартинез Леон А. С. , Ту Раин. *Программное обеспечение для управления серводвигателем с Arduino и Raspberry Pi для четырехногого робота (Mini-Bot)* 343

Яушкина М. Д. *Устройство помощи слабовидящим* 348

Научное издание

ЗАВАЛИШИНСКИЕ ЧТЕНИЯ’2019

Молодежная секция

Сборник докладов 17–20 апреля 2019 г.

Ответственные за выпуск:
доктор технических наук, профессор *В. Ф. Шишлаков;*
С.С. Тимофеев

Редактор Л.И. Корнеева
Компьютерная верстка *Н.Н. Караваева*

Редакционно-издательский центр ГУАП
190000, Санкт-Петербург, Б. Морская ул., 67

Подписано к печати 12.04.2019. Формат 60×84 1/16.
Уч.-изд. л. 27,5. Усл. печ. л. 20,1. Тираж 150 экз. Заказ № 139.