Министерство образования и науки РФ
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ"
им. В.И. Ульянова (Ленина)

VII НАУЧНО- ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

«НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО»

ДЛЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Сборник материалов конференции

16 – 18 мая 2019

Том I

Санкт-Петербург
2019

УДК 001.2

VII НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО» ДЛЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ. Том 1. Сборник материалов конференции. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2019. 274 с.

Организаторы:
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), ПАО «Светлана», Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова, Компания ООО «ОПТОСЕНС», АО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ «ВЕКТОР», ООО «Ультразвуковая техника - ИНЛАБ», ООО «ЭС ЭМ СИ Пневматик», дочерние общества и организации ПАО «Газпром»

Тематика конференции включает следующие направления

- Радиотехника и инфокоммуникационные технологии
- Электроника и оптоэлектронные приборы
- Наноматериалы и нанотехнологии
- Информатика в технических системах и вычислительная техника
- Системный анализ и информационная безопасность
- Прикладная математика и программная инженерия
- Механотроника и робототехника
- Электропривод, автоматика и энергосбережение
- Приборостроение
- Биомедицинская инженерия
- Управление качеством и инноватика

Сборник материалов содержит доклады, представленные на VII Научно-практической конференции с международным участием «Наука настоящего и будущего» для студентов, аспирантов и молодых ученых, состоявшейся 16 – 18 мая 2019 года в Санкт-Петербурге. Основной задачей конференции является развитие творческой активности студентов, привлечение их к решению актуальных задач в области науки и техники. Все доклады проходят рецензирование.

Научно-практическая конференция проведена при финансовой поддержке СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

ОГЛАВЛЕНИЕ

ИНФОРМАТИКА В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА 9

Особенности и перспективы развития приватных блокчейн систем 9
А.С. Аверин, О.С. Аверина

Использование фискализированной компьютерной системы «Mobius» для электронных продаж на железнодорожном транспорте 12
Д. Алдабергенов, А.Е. Павлов, С.В. Губин

Система управления для малого бизнеса 14
Д. Алдабергенов, С.В. Губин, А.Е. Павлов

Применение регрессионного анализа в медицине 16
М.А. Гуляев, А.М. Жубр, М.М. Цаллагова

Разработка мобильного приложения, использующего фитнес-браслет, для связи с глухонемыми 19
А.В. Епанечкина, В.В. Широков

Технология распределенного моделирования High-Level Architecture 21
А.М. Жубр, М.А. Гуляев, М.М. Цаллагова

Построение системы диспетчеРского управления исследовательского стенда 24
А.А. Калинин, О.В. Шелиховская, К.Б. Мухамедия

Интеграция продукционных правил экспертизы результатов в систему контроля знаний 27
А.Ю. Клименко

Умножение матриц на трех абстрактных гетерогенных процессорах 30
Е.Г. Клюева

Разработка программного интерфейса для проведения измерений и обработки данных при исследовании электродинамических характеристик материалов 33
М.Г. Иваница, И.К. Ковалева, И.О. Тестов

Разработка технологии оценивания учебной деятельности 37
К.С. Константинова

Разработка схемы гибридизации для рекомендательных систем в области туризма 40
Д.М. Кузина

Исследование динамики системы Ли дробного порядка 44
Р.С. Ларин, А.Г.Охота, Е.А.Родионова

Методика Саати для выбора видеокарты 47
Д.В. Легостаев, Л.А. Шумилов

Программно-аппаратный комплекс малогабаритного подводного робота 51
Нгуен Динь Хань, Фам Ван Туан, Нгуен Ван Лань

Сравнения свойств явных и неявных многошаговых алгоритмов численного моделирования 54
А.Г. Охота, Р.С. Ларин, Е.А. Родионова

Исследование свойст хаотической системы Дадраса 58
Е.А. Родионова, Р.С. Ларин, А.Г. Охота

Разработка игрового приложения на основе движка unity3D с элементами дополненной реальности 60
В.С. Селезнёв, В.В. Широков

Система умного дома на основе протокола MODBUS 63
М.М. Цаллагова, А.М. Жубр, М.А. Гуляев

Симулятор виртуальной реальности работника камеры пуска приема средств очистки и диагностики 66
Д.С. Цветанская, Е.В. Дружинская

Моделирование процессов биосорбционной очистки жидких отходов гальванических и металлообрабатывающих производств 67
И.И. Шпаковская

Решение логистической задачи перевалки грузов 71
М.Л. Немудрук, И.И. Шпаковская, Д.А. Щуров, Н.А. Янкевич

Разработка макета программно-аппаратного комплекса для управления температурой в печах для варки стекла на основе микроконтроллера ATmega2560 75
Д.В. Огурецкий, Е.А. Гурвиц

граничные вычисления в интернете вещей 79
В. Касалица

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ 83

Поиск плагиата в кодах программ 83
И.А. Посов, В.Е. Допира

Оценка Емкости аккумуляторов портативных устройств под управлением ос android 87
А.А. Закоморный

Построение полустандартных таблиц Юнга с планшерелевским распределением с помощью быстрого преобразования RSK 91
А.Д. Кузьмин

Разработка программной модели комплекса диагностирования гидроакустического прибора 93
Н. И. Лисс

Применение нейронной сети прямого распространения для решения регрессионных задач в экологическом мониторинге. 95
А.С. Перков, Т.Р. Жангиров, С.А. Иванова

Сравнение подходов к распараллеливанию алгоритма самоорганизующихся карт Кохонена 99
А.А. Половинкин, С.В. Родионов

Реализация приложения для анализа архитектур нейронных сетей, применяемых для решения задач повышения разрешения изображений 102
В.А. Саклакова, А.В. Шолохов

Технология дополненной реальности. Метод одновременной локализации и построения карты 106
Н. Селиверстов, А.Е. Лончина

Разработка социальной сети для художников с возможностью проверки на плагиат 109
А.С. Скиба, Н.В. Размочаева

Построение последовательностей нормализованных размерностей диаграмм Юнга 113
А.А. Чудновская

Применение обучаемых деревьев принятия решений для управления интеллектуальными агентами в игре футбол 115
Н.А. Шабашов

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ 120

Преимущества и недостатки внедрения систем управления взаимоотношениями с клиентами 120
А.Т. Агамалян

Обзор DDOS атак на IOT устройства 122
А.С. Баженов

Обзор методов обнаружения низкоинтенсивных атак типа «отказ в обслуживании», основанных на машинном обучении 126
А.Ю. Бойко, Е.К. Назаренко

Информационная поддержка оценки квалификации 129
А.А. Гаврильева, А.С. Квятковский

Предпосылки к созданию автоматизированного модуля по разработке медико-технического задания на проектирование онкологического диспансера 132
М.А. Еремина

Формирование критериев решения задачи пользователя при проектировании интерактивной системы обучения по эргономике 134
Н.Д. Ермаков

Основные тенденции и проблемы развития облачных вычислений на российском рынке 137
А.Е. Лончина

Особенности создания наборов данных для обучения систем обнаружения вторжений, основанных на методах машинного обучения 141
К.Ю. Никольская, В.В. Варкентин

Проектирование пользовательского интерфейса музыкального синтезатора 143
Д.В. Предтеченский

Анализ рисков организации на этапе эксплуатации IT-продукции 147
В. Филиппова

Перспектива применения генеративно-состязательных сетей для генерации атак против систем обнаружения вторжения 151
П.Д. Ческидов

Использование UML для проектирования информационной системы интернет-магазина 155
Ж.Ж. Радзаунари

РАДИОТЕХНИКА И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 158

Система распознавания лиц и ее роль в концепции интернета вещей 158
Д.К. Гречушкин, А.Г. Чепелев

Обзор методов синтеза сигналов произвольной формы 161
П.А. Ермакова

Антенная система с равномерным фазовым и амплитудным распределением в азимутальной плоскости 165
А.Г. Журавлев, А.А. Головков

Волоконно-оптический плазмон-поляритонный рефрактометр d-типа для решения задач био- и хемосенсорики 169
Ю.В Кузина., А.В. Дышлюк

Первые результаты построения профиля сигнала пульсара CRAB 172
А. Кукушкина, В.О. Кен

Автономная сенсорная платформа с беспроводной передачей данных 175
Р.В. Ли, С.В. Шаповалов

Обнаружение отраженных сигналов в данных эхолокатора 179
К.Ю. Морозова

Алгоритм идентификации вертолетов в пассивном когерентном локаторе 181
Е.С. Плотницкая

Разработка алгоритма автоматического обнаружения кровотечений на эндоскопических снимках 184
С.А. Пулатов, А.А. Мотыко

МЕХАНОТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА 188

Design and Manufacture of an Intelligent garage 188
Zhao Peng

A better Human-Machine interaction 191
By Mohammed, Omar Taha Mohammed

Разработка автономной робототехнической сортировочной ячейки 194
Д.С. Богачев, Н.П.Сорокина

Система визуального слежения за объектом 197
А.А. Кузнецов, А.В. Девяткин

Система мониторинга интеллектуального транспортного средства 199
Е.В. Сорокин

Подвесной робот с системой управления движением 201
А.С. Хвостов

Ультразвуковая пеленгация 205
В.Н. Холмогоров, К.А. Порохненко, О.М. Аблавацкий

ЭЛЕКТРОПРИВОД, АВТОМАТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ 207

Моделирование нагрева асинхронного двигателя 207
И.В. Васин, М.А. Логинов, А. Темирбеков

Об учете потерь элетроэнергии от токов утечки на высоковольтных воздушных линиях электропередачи в процессе эксплуатации 210
В.А. Иванов, И.В. Брейдо

Применение параллельного манипулятора SHOLKOR в качестве преобразователя энергии в волновой электростанции 213
К.С. Шоланов, Ж.Р. Исаева

Исследование параметров ветроэнергетической установки с парусом тороидальной формы 215
К.С. Шоланов, А.Б. Кабанбаев

Исследование регуляторов системы управления электроприводом перемещения тележки мостового крана методом имитационного моделирования 219
Е.И. Кулакова, Д.В. Лисицын, А.А. Калинин

Пропуск резонансных частот вибрационного грохота с использованием преобразователя частоты Mitsubishi Electric FR серии A800 222
В.О. Куликов, И.В. Брейдо

Перспективы применения бесколлекторных двигателей постоянного тока малой мощности 226
М.А. Логинов, И.В. Васин, А.А. Темирбеков

Особенности расчёта и моделирования двигателя для поворота солнечных батарей 228
В.В. Королев, М.К. Медведев, Д.В. Королев

Технология деформации тонкостенных листовых металлов методом магнитно-импульсной обработки 231
А.С. Мельников

Исследование моделей надежности энергетических систем 234
Ю.Ф. Булатбаева, Е. Б. Нурмагамбетов, Т.С. Юсупов

Моделирование однофазных управляемых выпрямителей 238
Т.А. Сергун, П.А. Филатенков, Е.В. Морозова

Экспериментальное исследование резонансного трансформатора 242
Н.Ю. Таран, В.В. Каверин

Энергосберегающий Двухзвенный преобразователь частоты асинхронного двигателя .. 244
А.А. Темирбеков, М.А Логинов, И.В. Васин *244*

Исследование работы каскадного преобразователя в несимметричном режиме 248
Д.Р. Трегуб, Н.А. Доброскок

Возобновляемые источники энергии и система Smart Grid, перспективы в энергосистеме казахстана 252
А.Н. Удербаев, Н.С. Алимбаев, У.К. Искаков

Исследование электропривода постоянного тока «неуправляемый выпрямитель – широтно-импульсный преобразователь повышенной частоты» по средством компьютерного моделирования 256
Е.Д. Усова, К.А. Егоров, Д.В. Лисицын

Разработка электромагнитного привода схвата для руки андроидного робота 260
Ху Хаожань, Н.И. Татаринцев

Электродинамический способ подавления скачков магнитного потока в сверхпроводящих магнитных системах. 260
Д.С. Чикуров, М.П. Волков

Исследование потерь при несимметричной нагрузке в распределительных сетях..... 266
Ф.Н. Булатбаев, Е. Е. Шакилдек

Разработка системы электронного управления дроссельной заслонкой автомобиля..... 270
Янь Бичэн, В.В. Королев, Д.В. Королев

ИНФОРМАТИКА В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРИВАТНЫХ БЛОКЧЕЙН СИСТЕМ

А.С. Аверин[1], О.С. Аверина[2]

[1]*Южно-Уральский государственный университет «ЮУрГУ»*

[2]*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Блокчейн относительно молодая технология, получившая в последние годы большую известность как публичный блокчейн. В данной статье рассматриваются особенности и отличия приватных (частных) блокчейн систем от публичных систем, таких как Bitcoin. Так же в работе рассмотрены примеры приватных блокчейн и перспективы развития данного направления.

Ключевые слова: блокчейн, приватный блокчейн, распределенный реестр.

Введение

Блокчейн является относительно молодой технологией, набирающей все большую популярность. В этой статье были рассмотрены отличительные особенности и перспективы развития приватных блокчейн систем, которые в настоящее время еще не обрели большой популярности.

Безусловно, для того чтобы понять отличия **приватных** и публичных блокчейн систем, необходимо иметь представление о каждой системе в отдельности.

Публичный блокчейн – это распределенная база данных открытого типа, заключающая в себе подробную информацию о транзакциях, реализованных внутри той или иной пиринговой сети. Вся информация записывается в специальные реестры, которые помещаются в блок и встраиваются в общую архитектуру, создавая непрерывную цепочку блоков, имеющих логическую взаимосвязь. **Членами сети являются анонимные лица,** любой человек может принять участие в работе сети. Публичный блокчейн распределён и децентрализован. С**оздание и проверка новых блоков может осуществляться каждым участником сети** (нодом)**, на основании алгоритма консенсуса.**

Приватный блокчейн – это распределенная база данных закрытого типа, заключающая в себе подробную информацию о транзакциях, реализованных внутри той или иной пиринговой сети. Вся информация записывается в специальные реестры, которые помещаются в блок и встраиваются в общую архитектуру, создавая непрерывную цепочку блоков, имеющих логическую взаимосвязь. **Это распределенная база данных с**созданная и **управляемая одним или несколькими лицами (или одной или несколькими организациями), в которой создание и проверка новых блоков контролируется одним или несколькими доверенными узлами** (нодами)**, обладающими соответствующими правами.**

Проводить аудит, управлять базами и другими приложениями способны только доверенные узлы.

Приватные блокчейн системы позволяют управляющим лицам (организациям) использовать технологию распределённого реестра, исключая возможность утечки или пуб-

ликации данных. Так же существует возможность, при которой п**риватные** блокчейн системы могут быть частично открыты сторонним пользователям (например, только для чтения).

Отличительные особенности приватных блокчейн систем

1. Для эффективного функционирования системы необязательным является использование алгоритмов консенсуса, таких как Proof-of-Work. Конечно, их использование способно упростить аудит и повысить защищенность сети. В этом случае доверие пользователей уже не базируется исключительно на доверии к единому органу в виде организации, а проистекает из строгих математических законов. В качестве примера можно привести протокол создания блоков, используемый в BitShares. Имеется установленное число обработчиков транзакций N, где каждый обладает парой ключей — секретным и открытым. Создатели блоков известны и определяются по цифровой подписи в заголовке. Операторы формируют блоки по очереди через заданные временные интервалы. Порядок создания блоков или фиксирован, или перемешивается после полного цикла (N блоков). Если оператор не сумел сформировать блок в отведенное ему время, то он пропускает раунд. Если такое поведение стало результатом злоумышленников, то ситуация расследуется. Таким образом, если обработчики транзакций являются единственными потребителями данных блокчейн, можно построить надежный протокол создания блоков (например, если немного усложнив приведенный выше алгоритм), который не будет использовать доказательство работы [2].

2. Низкая стоимость транзакций из-за уменьшения количества подтверждающих операции узлов. Благодаря тому, что проверка валидности транзакций проводится доверенными и высокопроизводительными узлами в сравнении с десятками тысяч пользовательских устройств в публичных блокчейн, и (часто) отсутствию алгоритмов консенсуса, таких как Proof-of-Work, для создания блоков.

3. Собственник приватного блокчейн способен вносить изменения в реестр, при необходимости отменять транзакции или вносить изменения в баланс. Например, при фиксации прав на земельные участки эта возможность просто необходима, поскольку иначе земля может оказаться в недобросовестных руках [4].

4. Возможность быстрого обновления функциональности системы за счёт управления одним или несколькими доверенными узлами (нодами). Изменения в протокол работы вносятся гораздо быстрее изменений протокола публичного блокчейн [5]. Этим он привлекателен для учреждений, работающих с реестрами и системами учета, поскольку формирует контролируемую и прогнозируемую среду, по сравнению с публичными блокчейн [2].

5. Приватный блокчейн можно настроить таким образом, что показатель TPS (TPS – transactions per second) будет значительно выше, чем у публичных, по крайней мере, в ближайшем будущем (например, 3000 TPS по сравнению с 7 TPS публичного блокчейн Bitcoin или 13-14 TPS Ethereum) [5]. Единственным ограничением в этом случае остается пропускная способность самого слабого узла в сети.

6. Устойчивость к «Атаке 51 %» (при одном владельце сети). В сети находятся только проверенные валидаторы, обладающие соответствующими правами, которые не смогут спровоцировать «Атаку 51 %». Риск (атаки) может существовать в том случае, если, например, блокчейн система развернута между тремя компаниями, тогда есть возможность, что две из них могут объединиться и изменить данные, содержащиеся в уже добавленных блоках распределенного реестра системы.

7. Публичные блокчейн системы в любом случае будут находиться на шаг впереди по развитию, по сравнению с приватными системами, хотя бы потому, что благодаря открытому коду к их разработке и поддержанию может присоединиться любой желающий.

Примеры приватных блокчейн систем и перспективы развития

Если с публичными блокчейн вопросов не возникает, на их основе создано большинство криптовалют, то примеры приватных систем стоит поискать. Ниже мы приводим некоторые из уже реализованных приватных блокчейн систем:

1. Аудиторская компания Deloitte EMEA совместно с норвежским сертификационным обществом DNV GL использует приватный блокчейн для записи и хранения сертификатов об осмотре нефтяных платформ, судов и других единиц морского транспорта. Хранение сертификатов в блокчейн позволяет избавиться от подделки документов. Для проверки подлинности сертификата нужно отсканировать с помощью смартфона QR код. На момент написания Deloitte EMEA содержатся данные 90 000 сертификатов [5].
2. Национальное агентство публичных реестров Грузии в сотрудничестве с Bitfury Group перевело на блокчейн весь земельный реестр страны. Подделка документов исключена – вся информация о правах собственности записывается в блокчейн [5].
3. Следом за Грузией на платформу приватного блокчейн перешел государственный земельный кадастр Украины.
4. Компания Lenovo планирует применять блокчейн для верификации документов с помощью встроенных в эти документы цифровых подписей. Для каждого документа создается цифровая «карта», которую впоследствии можно будет сравнить с копией и понять, является ли последняя подлинной.
5. Удобной платформой для построения частных блокчейн является площадка Mijin. Появившаяся как форк (ответвление) криптовалюты NEM еще во второй половине 2015 года. С её помощью, возможно, создавать системы способные заменить базы данных в их существующем виде.
6. Системы распределенного реестра для корпораций разных уровней разрабатывает Hyperledger Project. Причем фокусируются разработчики проекта не только на сетях закрытого типа, но и на публичных блокчейнах. Возглавляет Hyperledger небезызвестная Linux Foundation. Список участников проекта внушительный: JP Morgan, IBM, American Express, Nokia, Well Fargo, Cisco Systems Inc, Deutsche Börse и многие другие гиганты из разных отраслей.

Сторонники приватного блокчейн считают, что он способен уже в ближайшем будущем если не заменить, то полностью интегрироваться в ряд бизнесов. Речь идет о таких сферах как авиаперевозки, недвижимость и страхование, расчетные сервисы и системы обслуживания, онлайн игры и системы управления, учреждения, использующие всевозможные реестры, системы учета финансов, или при реализации верификации доступа к медицинским, и не только, базам данных. Как утверждает руководитель Lisk, Макс Кордек, «Традиционные институты не могут переключиться на полностью публичный блокчейн за один день.

Частный блокчейн – это отличный первый шаг на пути к криптографическому будущему.» [6]. Приватные блокчейн - хорошее решение эффективности, безопасности и проблем мошенничества внутри традиционных финансовых институтов. Он позволяет отслеживать ошибки и при этом исключает возможность подделки данных. К тому же он намного быстрее и дешевле публичного.

Заключение

Приватные блокчейн системы являются перспективным направлением, обладающим набором отличительных особенностей, таких как: возможность функционирования без использования алгоритмов консенсуса, более низкая стоимостью транзакция или ее отсутствие, более высокая пропускная способностью, возможность оперативно обновлять и улучшать функциональность системы. К настоящему моменту уже существуют успешные реализации на уровне государств и корпораций. В ближайшие годы приватные блокчейн системы будут востребованы в различных областях помимо финансов, например, таких как авиаперевозки, недвижимость, страхование, расчетные сервисы, системы обслуживания. Таким образом, данная технология станет оптимальным решением для множества повседневных задач.

Список литературы

1. В чём разница между частным и публичным блокчейном [Электронный ресурс] // URL: https://coinspot.io/beginners/v-chyom-raznica-mezhdu-chastnym-i-publichnym-blokchejnom/ (дата обращения 12.03.19);
2. Различия, достоинства, недостатки: публичные и приватные блокчейны [Электронный ресурс] // URL: https://habr.com/ru/company/bitfury/blog/324458/ (дата обращения 12.03.19);
3. Распределенная база данных [Электронный ресурс] // URL: https://utmagazine.ru/posts/21351-raspredelennaya-baza-dannyh (дата обращения 14.03.19);
4. Разница между публичными и приватными блокчейнами [Электронный ресурс] // URL: https://profitgid.ru/raznica-mezhdu-publichnymi-i-privatnymi-blokchejnami.html (дата обращения 19.03.19);
5. Приватный блокчейн [Электронный ресурс] // URL: https://chaynx.ru/private_blockchain (дата обращения 24.03.19);
6. Сценарии использования закрытых блокчейнов: мнения экспертов [Электронный ресурс] // URL: https://bits.media/stsenarii-ispolzovaniya-zakrytykh-blokcheynov-mneniya-ekspertov/ (дата обращения 24.03.19);
7. К.Ю. Никольская, П.Г. Верман Практическое применение технологий блокчейн в современной системе образования // Материалы XXIII международной научно-практической конференции «Россия и Европа: связь культуры и экономики». Прага, Чешская Республика. 2019. С. 20-23.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИСКАЛИЗИРОВАННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ «MOBIUS» ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРОДАЖ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Д. Алдабергенов, А.Е. Павлов, С.В. Губин

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данном докладе были сформулированы требования для компьютерной системы «Mobius» для электронных продаж на железнодорожном транспорте, необходимой для бронирования, резервации и покупки мест в вагонах Перевозчика.

Ключевые слова: кассовые, системы, железная, дорога, фискальный, чек, портал продаж, билет

Идея разработки фискализированная компьюетрная система (далее ФКС) ФКС “Mobius” возникла после понимания того, что в Казахстане существует необходимость реализации и развития электронных видов продаж. С 2007-08-х годов в Республике крупный и средний бизнес начинают активно развивать реализацию товаров и услуг электронной продажей. Практически все начинающие предприниматели, осуществляющие свою деятельность посредством электронных продаж в различных направлениях, поддерживались государством. Но существуют сферы деятельности, к которым тяжело

привязать электронную продажу по разным причинам: из-за области применения, сроков эксплуатации, сложности модернизации, невысоко квалифицированных кадров и т.д. К одной из сфер относился железнодорожный транспорт, с ежегодным траффиком в 22 млн. пассажиров. Средний прирост пассажиров в год составлял от 0,3 до 0,5%. Существовала необходимость к плавному переходу от старой системы покупок проездных документов к электронному билетированию, результатом которого является сокращение времени приобретения и сокращения посетителей на кассах продаж. В связи с этим, Руководство АО «НК «Қазақстан Темір Жолы» совместно с АО «Самрукказына» объявили тендер на разработку и интеграцию программного комплекса с целью реализации электронных проездных документов. Исполнив все требования и обязательства по тендеру, ТОО «Инстант Пейментс» запустили работу по разработке технической части, после разработки которой аппаратно-программный комплекс (далее АПК) был внедрен в железнодорожный сектор. На данный момент ФКС «Mobius» успешно выполняет функции продаж электронных билетов в национальной железнодорожной компании Республики Казахстан в АО «НК «Қазақстан Темір Жолы» [2].

Внедрение АПК упрощает бизнес процессы одновременно нескольким сторонам. Удобный и понятный интерфейс ФКС «Mobius» позволяет пользователям быстро и самостоятельно изучить основные функции Программного обеспечения. Для АО «НК «Қазақстан Темір Жолы» внедрение АПК экономит порядка 17% денежных средств годового бюджета по сравнению с предыдущей автоматизированной системой управления. Третьи стороны, Агенты по продажам железнодорожных билетов и туристические агентства отмечают, удобство пользования приложениями, современность технологии и перспективы развития. Автоматизированная Система Управления (АСУ), которая ранее использовалась в АО «НК «Қазақстан темір жолы» существует с 1970-х годов, с центром управления в г. Москва. За счет геолокации системы в другом государстве возникали сложности во время сбоя сети и разницы во времени. К тому же АСУ с начала 2000-х годов не включала в себя модернизацию согласно современным требованиям [1].

В железнодорожном секторе ФКС «Mobius» выполняет функции базовых возможностей:

- Фискализация платежей в соответствие с правилами Налогового Кодекса Республики Казахстан;
- Получение справочной информации о ЖД перевозках;
- Оформление льготных проездных документов (детские, воинские, ВОВ и т.д.);
- АПК, предоставляющий возможность подключения терминальных сетей, веб-сайтов и любого стороннего программного обеспечения для проведения билетно-кассовых операций с проездными ЖД документами;
- Единый административный инструмент, позволяющий вести гибкое управление системой и её компонентами;
- Получение аналитических и статистических отчетов о работе системы, а также проводимых билетно-кассовых операциях;
- Использование warehouse решений;
- Защита электронных проездных документов 2D кодами PDF-417 с использованием шифрования AES 256;
- Анти-фрод механизмы защиты данных, а также возможность создания правил рисков для действий билетных кассиров;

- Алгоритм авторизации терминалов на основании уникального MachineKey, исключающих возможность несанкционированного доступа;
- Мобильная система ревизоров, осуществляющих контроль за действием мобильных терминалов посадки;
-Полная поддержка национального языка;

Для достижения максимального уровня функциональных возможностей, АПК будет модернизирован по последним требованиям технологий. Во время модернизации системы будут доработаны функции:

- Групповые ЖД перевозки;
- Международные перевозки;
- Оформление бесплатной плацкарты;
- Остановка пассажиров в пути следования;

Усовершенствованный АПК будет также иметь дополнительную функциональность – это гибкость системы для кастомизации и возможность адаптирования для решения любых задач в сфере транспорта и контроля доступа. В начале 2017 года начнутся переговоры по подключению к АПК соседних государственных железнодорожных компаний к электронному билетированию пассажиров, в частности те страны, которые проявили интерес переводить продажи от устаревшей формы к электронным видам продаж. В планы организации входит интегрировать к компьютерной системе национальные железнодорожные компании из Таджикистана и Киргизской Республики, которые проявили немалый интерес в работе и функционированию системы. До завершения реализации модернизации АО «НК «Қазақстан Темір Жолы» и национальные железнодорожные компании соседних государств будут функционировать с базовым возможностями АПК. По прогнозам технических специалистов и проект-менеджеров компании к концу завершения модернизации проекта, ФКС «Mobius» планирует обслуживать большую часть стран СНГ.

Список литературы

1. АСУ «Экспресс-3» - технологический базис инновационного развития // Евразия Вести URL: http://www.eav.ru/publ1.php?publid=2017-05a15 (дата обращения: 13.04.2019);
2. Обзор истории железных дорог Казахстана // История Рязанско-Уральской железной дороги URL: http://ruzgd.ru/kazakhstan.shtml (дата обращения: 13.04.2019).

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МАЛОГО БИЗНЕСА

Д. Алдабергенов, С.В. Губин, А.Е. Павлов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данном докладе были сформулированы требования для системы ведения бухгалтерского учёта, необходимые для привлечения внимания к продукту со стороны представителей малого и среднего бизнеса.

Ключевые слова: малый бизнес, микробизнес, система управления предприятием, бухгалтерский учёт

В современном мире автоматизация процессов играет большую роль практически во всех сферах жизни. Бизнес не стал исключением. Компьютеры позволяют вести бухгалтерский учёт гораздо более эффективно, чем традиционные средства. На рынке программного

обеспечения присутствует множество решений, связанных с данной областью. Однако, большинство представленных продуктов имеют высокую стоимость, предлагают избыточный функционал и сложны в освоении, что является своего рода барьером, препятствующим использованию данных средств в микробизнесе и малом бизнесе.

На данный момент в России работает более 6 млн. предприятий малого бизнеса, среди которых более 5,5 млн. – это микробизнес. Микробизнес подразумевает небольшую компанию с число работников не более 15 человек и годовым оборотом не более 120 млн. рублей. Лучшим примером микробизнеса являются небольшие продуктовые магазины, распространённые сейчас повсеместно.

Наиболее популярным решением в данной области является система 1с-Битрикс, стоимость которой начинается от 59 тыс. рублей, что является неподъёмной суммой для маленьких предприятий. Помимо этого, система «Битрикс» предусматривает достаточно большое количество функционала, который будет являться избыточным для нашей целевой сферы. К примеру, IP-телефония или менеджер задач, несомненно, являются полезными для крупных компаний, но маленькая табачная лавка или уличная кофейня не нуждаются в них. Избыточность функционала в свою очередь приводит к лишним затратам со стороны потребителя и делает систему сложной в освоении.

Наша идея заключается в том, чтобы построить систему для ведения учёта, планирования и статистики таким образом, чтобы у каждого пользователя была возможность выбирать и оплачивать только тот функционал, который необходим в данный момент. Таким образом цена нашего продукта будет ниже аналогичных, уже присутствующих на рынке. Исходя из этого, было решено реализовать систему, как интернет-сервис, что позволит распространять продукт как в «коробочной» версии, так и по подписке, а также даст возможность регулярно выпускать обновления и добавлять новые возможности. Таким образом мы сможем охватить сферу малого бизнеса и, в частности, микробизнеса.

Чтобы система была легко расширяемой, было принято решение использовать модульную архитектуру [1], где каждый модуль будет отвечает за свою конкретную функцию, а также может обращаться к другим модулям для получения данных. К примеру, модуль «Sales» обеспечивает возможность вносить данные о продажах, а модуль «Incomes» обращается к модулю «Sales» и другим, для обобщения информации о доходах. Помимо прочего, это позволит добавлять новый функционал по заказу конкретного пользователя.

Данный подход, в купе с выбранной моделью распространения, предоставляет возможность гибко подбирать функционал под нужды конкретного пользователя и исходя из него динамически формировать стоимость итогового продукта. Т.к. пользователь будет выбирать необходимый функционал самостоятельно, исходя из нужд его организации, то и решается вопрос с избыточным функционалом, что в свою очередь сократит для него стоимость продукта.

На данный момент подобные решения предлагают фиксированные тарифные планы, которые зачастую различаются лишь количеством доступного дискового пространства и аккаунтов сотрудников. Мы же предлагаем гибко подбирать функционал, исходя из потребностей пользователя, тем самым снижая ежемесячную стоимость и предоставляя пользователю определённую степень свободы в обращении с системой.

В минимальном виде, система предоставляет возможность создания аккаунтов сотрудников организации, добавления товарных единиц и закупочных позиций, а также ведение доходов и расходов с учётом добавленных ранее товарных единиц и закупочных позиций.

К расширенному функционалу можно отнести создание контрагентов, прикрепление контрагентов к продаже или закупке, создание событий, прикрепление событий к определённому персоналу и т.д.

Помимо модульной архитектуры, было решено строить сервис с учётом REST веб-API [2], что позволит пользователям не только пользоваться стандартным графическим интерфейсом сервиса, но и разработать сторонний, удовлетворяющий его потребностям. Данное решение было принято для того, чтобы потенциально упростить процесс взаимодействия пользователя с системой, путём проектирования графического интерфейса, исходя из пожеланий и предпочтений пользователя.

Исходя из вышеперечисленного, можно сказать, что наше решение представляет необходимый функционал для ведения бухгалтерского и складского учёта, является гибким в плане интерфейса, позволяет легко вносить новый функционал и обладает достаточно низкой стоимостью, способной привлечь организации малого и среднего бизнеса.

Список литературы

1. Водяхо А.И., Выговский Л.С., Дубенецкий В.А.Цехановский В.В. Архитектурные решения информационных систем. - СПб.: Издательство «Лань», 2017;
2. Erik Wilde, Cesare Pautasso. REST: From Research to Practice. — Springer Science & Business Media, 2011.

ПРИМЕНЕНИЕ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА В МЕДИЦИНЕ

М.А. Гуляев, А.М. Жубр, М.М. Цаллагова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной статье мы рассмотрели одну из многих областей применения метода линейной регрессии в медицинской области, а именно, в области предсказывания динамики параметров артериального давления, что помогает выявлять пациентов с риском гипотензии.

Ключевые слова: линейная регрессия, регрессионный анализ, медицина

Введение

Регрессионный анализ – статистический метод исследования влияния одной или нескольких независимых переменных на зависимую переменную. Независимые переменные иначе называются регрессорами или предикторами, а зависимые переменные – критериальными. Терминология зависимых и независимых переменных отражает лишь математическую зависимость переменных, а не причинно-следственные отношения.

Цели регрессионного анализа:

- определение степени детерминированности вариации критериальной (зависимой) переменной предикторами (независимыми переменными);
- предсказание значения зависимой переменной с помощью независимой (-ых);
- определение вклада отдельных независимых переменных в вариацию зависимой.

Поэтому, регрессионный анализ нашел свое применение во многих сферах человеческой деятельности, в частности, в сфере медицины, а именно, для нашего рассмотрения, мы возьмем область параметров артериального давления.

Модель зависимости артериального давления от пульсового давления

Наиболее доступной и важной из интегральных характеристик сердечно-сосудистой системы является величина артериального давления (АД), которая зависит от объема циркулирующей крови, работы сердца и сосудов, а также реологических свойств крови. Величина АД выражается несколькими показателями: систологическим давлением – S, диастологическим давлением – D, а также пульсовым давлением W (по определению $W = S - D$). Отсюда мы можем сделать вывод, что величина АД состоит из двух компонентов – постоянной (величина среднего гемодинамического давления M) и пульсирующей (величина W). Среднее давление M является искусственно выделенной величиной, вычисляют которую обычно по формуле Хикэма: $M = D + (S - D)/3$.

Рассматривая взаимосвязи S и W (или D и W) переменная S представляется независимой, а W–зависимой, но такая зависимость является неоднозначной, потому что каждому конкретному значению S может соответствовать некоторое вероятностное распределение зависимой переменной W. Математическое ожидание переменной и определяет функцию регрессии S на W. Функцию регрессии S на W определяет математическое ожидание переменной.

Ниже представлен пример построения линейной модели зависимости параметров S и D от W по заданной выборке, результат которой представлен на графике (рис. 1). Для заданного множества из N пар измерений (S_i, W_i), а также (D_i, W_i), $(i = 1 \ldots N)$ строится линейная модель: $S_i = f(W_i) + \varepsilon_i$, $D_i = f(W_i) + \varepsilon_i$ с аддитивной случайной величиной ε [2].

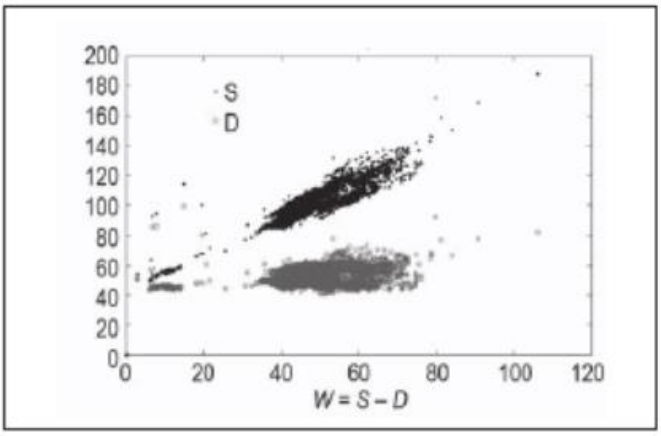


Рис. 1. Зависимость параметров АД от пульсового давления

Случайная величина распределена нормально с фиксированной дисперсией, которая не зависит от переменных S и D, и математическим ожиданием равным нулю. Поэтому линейная теоретическая функция регрессии будет рассчитываться как: $S = Q + a_i * W$, где Q и коэффициенты регрессии, найденные методом наименьших квадратов, что поможет минимизировать величину ошибки. Так как пульсовое давление $W = S - D$, то $D = Q + (a - 1) * W$. Аналогично строится и другое уравнение: $S = B + AD$, где A и B – второй набор коэффициентов линейной регрессии.

Значение коэффициентов состоит в следующем:

- Q – характеристика давления потока крови;

- a – соотношение вклада сердца и сосудов в кровообращение.

Для нормального типа кровообращения пациента значение Q практически совпадает с интегрированным средним значением АД за время сердечного цикла. Значение коэффициентов A и B, определяющих линейную регрессию систологического S на диастологическое давление D, может быть так же определено в терминах индекса жесткости сосудов AASI.

Таким образом, использование вектора характерных особенностей гемодинамиеской системы $X = \{Q, a, A, B\}$ с полным набором коэффициентов регрессии параметров АД позволит классифицировать гемодинамику пациентов в диагностических и прогностических целях [1].

Классификация на основании атрибутов

Применение ROC-критерия к компонентам вектора X позволило в итоге понизить размерность вектора признаков до 2, после чего рассчитанные данные $x = \{Q, a\}$, передаются для обучения классификатора на основе опорных векторов. Задачу построения разделяющей гиперплоскости для данного пространства признаков сводится к нахождению единственного минимума квадратичного функционала, когда суммирование осуществляется только по опорным векторам (они же приграничные вектора x_0). На рис. 2 показана основная идея метода опорных векторов с радиальной базисной функцией в качестве ядра при использовании двухмерного вектора атрибутов.

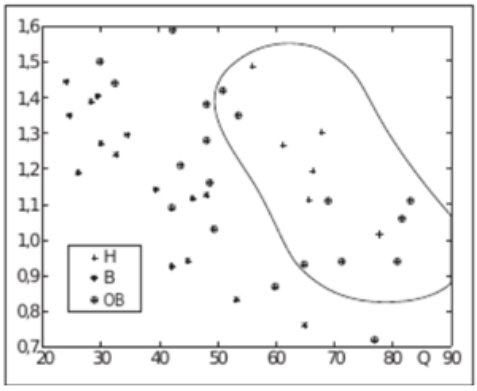


Рис. 2. Использование параметров регрессии a и Q, принадлежность к группе низкого (H, крестики) или высокого риска гипотензии (B, звездочки). Опорные векторы – OB, кружок [3]

На этом рисунке крестиками отмечены образцы АД с высоким риском, а звездочками – образцы с низким риском гипотонии из двух наборов (обучающий и тестовый), опорные вектора обозначены дополнительной окружностью.

Выводы

Приведенный пример показывает, что классификация на основании атрибутов (Q и a) дает высокий показатель качества разделения сигналов. Опираясь на данные ROC- анализа [2], позволяющие определить зависимость доли верных классификаций от доли ложных классификаций: 1 ложноотрицательный диагноз для 43 образцов АД с высоким риском гипотензии и 2 ложноположительных диагноза для 15 образцов АД с низким риском гипотензии [4].

Достоинство рассмотренного метода классификации состоит в его высокой эффективности (93%) [3] и достаточности ограниченного набора данных, что отличает его от большинства других методов, качество классификации является высоким даже при относительно небольшом размере обучающего набора АД.

Список литературы

1. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. – М.: Медицина1979. – 289с;
2. Moody G.B., Lehman L.H. // Computers in cardiology. – 2009. – v. 36 – P. 541-544;
3. The MIMICII Project database: http://physionet.org/physiobank/database/mimic2db;
4. Vapnik V. Statical learning theory. – Berlin: Springer, 1998.

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕГО ФИТНЕС-БРАСЛЕТ, ДЛЯ СВЯЗИ С ГЛУХОНЕМЫМИ

А.В. Епанечкина, В.В. Широков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данном докладе рассмотрена идея создания мобильного приложения, использующего функцию вибрации фитнес-браслета для контакта с глухонемыми. Также в приложении будет реализована возможность хранения изображений, документов, аудиозаписей, видео и заметок в базе данных на сервере у каждого пользователя, а также общения через сообщения.

Ключевые слова: фитнес-браслет, вибрация, глухонемые

Анализ проблемы общения с глухонемыми

Общение – это один из основных способов обмена информацией. И, конечно же, ни один человек не может полноценно функционировать без взаимодействия с внешним миром.

На данный момент проблема общения с глухонемыми людьми очень актуальна. К сожалению, не каждый знает язык жестов, но многие сталкивались с ситуацией, когда нужно поговорить с ними. В таких ситуациях проще всего воспользоваться жестами и мимикой, либо набрать сообщение на смартфоне в заметках. Кроме того, проблемы в общении могут возникнуть между глухонемыми. Например, когда нужно позвать человека, находясь на расстоянии от него. И хорошо, если вы находитесь в поле зрения, но бывает и по-другому. Чаще всего решением является виброзвонок или сообщение, но не всегда есть возможность отслеживать сообщения в реальном времени, а телефон может оказаться не близко к телу.

С этой задачей легко справятся фитнес-браслеты, обладающие способностью создавать вибрации. Они могут мгновенно оповещать пользователей о новых поступлениях в диалогах благодаря удобному расположению на запястье руки. Более того, реализовав возможность одним касанием вызвать вибрацию на браслете у выбранного пользователя, мы решим проблему коммуникации с глухонемыми на расстоянии.

Таким образом, пользователями данного приложения будут не только глухонемые, но и все, кому необходимо контактировать с ними.

Цели создания данного приложения

Прежде всего, главной задачей разработок в изучаемой нами области является упрощение взаимодействия с глухонемыми и как следствие улучшение жизненных условий, расширение границ и возможностей развиваться и работать в различных областях, даже в тех, которые до этого были малодоступны. Например, это может помочь глухонемому в работе официанта, где клиенты смогли бы вызывать персонал с помощью вибраций или сообщений на браслет.

Для достижения данной цели необходимо:

- разработать модель хранения данных;
- спроектировать и реализовать гибкую архитектуру приложения;
- реализовать серверную часть приложения;
- позволить пользователю входить в систему и выходить из нее, добавлять, изменять и удалять данные;
- использовать вибрацию фитнес-браслета для оповещения пользователей при помощи вибраций;
- обеспечить быстрое оповещение пользователей о сообщениях и звонках от других пользователей.

Данная разработка может быть дополнена в будущем более обширным функционалом, а также другими способами использования вибраций.

Реализация приложения

Суть работы заключается в написании мобильного приложения на типизированном объектно-ориентированном языке программирования Java в интегрированной среде разработки Android Studio. В качестве локальной СУБД использована SQLite, в качестве основной, хранящейся на сервере, СУБД - PostgreSQL.

Для работы с базой данных PostgreSQL необходим сервер, который создан с помощью интегрированной среды разработки ПО IntelliJ IDEA. В качестве конфигурации с IntelliJ IDEA использован контейнер сервлетов с открытым исходным кодом Apache Tomcat 9.0.14. Для удобства работы с базой данных PostgreSQL выбрана кросс-платформенная IDE JetBrains DataGrip.

Описание структуры приложения

При загрузке приложения пользователь может либо зайти в систему, используя существующие учетные данные, либо пройти регистрацию, если он заходит впервые. Пользователь, прошедший аутентификацию, может выполнять следующий ряд действий: просмотреть имеющиеся у него изображения, музыку, видео, заметки, документы или добавить/удалить их, также пользователь может изменять настройки приложения. Выбрав другого пользователя, он может нажать на кнопку «Вызов», тем самым вызвав вибрацию на браслете у выбранного человека.

Актуальность приложения

Данная функция вызова вибрации является основной приложения. Всего за один клик любой человек может связаться с глухонемым на расстоянии. Это позволит немного сдвинуть барьер в общении. Также можно использовать данную функцию по-другому. Например, во время проведения уроков или экзаменов, можно посылать на браслеты короткий вибрационный сигнал, который будет сигнализировать, что время вышло, и пора сдавать работы. Но это не все варианты использования. Случается такое, что знакомый уснул и совершенно не слышит входящий вызов. Тогда можно просто послать вибрацию на браслет,

которую он точно не сможет пропустить. На этом тоже нельзя останавливаться. Абсолютно все люди бывали в ситуациях, где очень шумно, либо легко потерять человека из виду. Например, в толпе, либо на концерте сложно привлечь внимание кого-то, кто тебя не слышит из-за постороннего шума. Здесь тоже придет на помощь эта функция быстрой связи. По сути, такой вибрационный сигнал – это уведомление о том, что нужно срочно подойти к телефону, что может быть удобно во многих ситуациях для каждого.

Заключение

В докладе была проанализирована актуальная проблема общения с глухонемыми и разработана технология, позволяющей упростить взаимодействие с ними, используя вибрации фитнес-браслета. А также освещен вопрос структуры данного приложения и его актуальности. В наше время существует множество возможностей, но в данной области по сравнению с другими проводится крайне мало разработок. Нужно и дальше работать в этой сфере, чтобы делать мир лучше.

Список литературы

1. С какими сложностями сталкиваются глухие в повседневной жизни? URL: https://thequestion.ru/questions/191344/s-kakimi-slozhnostyami-stalkivayutsya-glukhie-v-povsednevnoi-zhizni (дата обращения 10.03.2019);
2. Уроки по разработке в Android Studio. URL: https://startandroid.ru/ru/uroki/vse-uroki-spiskom.html (дата обращения 15.03.2019);
3. Работа с PostgreSQL. URL: https://proglib.io/p/learn-postgresql/ (дата обращения 11.04.2019).

ТЕХНОЛОГИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.М. Жубр, М.А. Гуляев, М.М. Цаллагова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной статье мы рассмотрели технологию Высокоуровневой архитектуры (HLA) и разработку интеллектуальных агентов по её стандартам.

Ключевые слова: интеллектуальные агенты, многоагентные системы, высокоуровневая архитектура (HLA)

К настоящему времени развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ) достигло очень высокого уровня. Динамично развивается направление ИИ, направленное на разработку интеллектуальных агентов (ИА) и основанных на них многоагентных систем (МАС). Активность исследований в этой области обусловлена возрастанием практической потребности создания подобных систем во многих прикладных областях для разработки автономных летательных аппаратов, наземных, надводных и подводных роботов, ориентированных на решения широкого круга задач, включающих себя групповое взаимодействие друг с другом.

При разработке ИА и МАС возникает ряд проблем и задач, решение которых требует детального изучения и исследования.

Одной из ключевых проблем построения ИА является принятие решений в реальном масштабе времени [1]. Существует ряд концепций построения таких ИА. Примером одного из таких подходов является построения ИА реального времени на основе модели опережающего итеративного планирования [2].

Другой проблемой разработки ИА и МАС, является необходимость создания такой среды, в которой возможно моделировать и использовать уже существующие ИА и МАС, разработанные разными компаниями, реализованные на разных языках программирования и использующие разные интерфейсы. Наличие такой среды позволяет комбинировать необходимое количество ИА и МАС для моделирования более сложных сценариев и цепочек событий.

Один из подходов решения этой задачи основан на использовании архитектуры, описывающей принципы организации любых систем распределенного моделирования имеющий название High-Level Architecture (HLA) – Высокоуровневая архитектура. Независимость HLA от её конкретной реализации стандартизирована. Разработана серия стандартов IEEE 1516, описывающих архитектурные принципы HLA и рекомендации по разработке конкретных систем на её основе. Основным достоинством HLA является функциональная совместимость различных ИА и МАС и их повторное использование.

В основе идеологии HLA лежит принцип объединения множества объектов, участвующих в процессе распределённого моделирования, в динамически формируемую сущность, именуемую федерация (federation). Входящие в состав федерации объекты называются федератами (federate). Механизмом взаимодействия федератов в архитектуре HLA является инфраструктура реального времени RTI (Real-Time Infrastructure) – набор сервисов, поддерживающих в едином модельном времени координацию федератов и обмен данными между ними [5]. Базовая топология HLA представлена на рисунке 1.

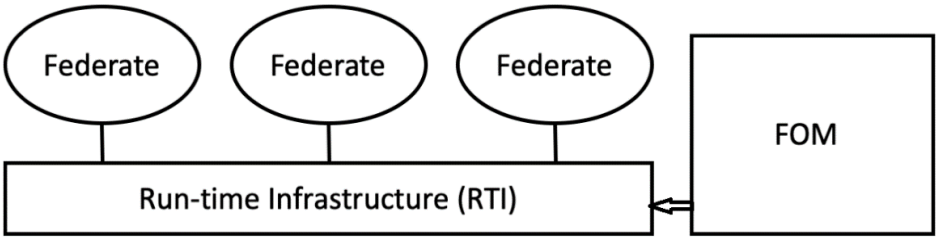


Рис. 3. Архитектура HLA

Топология состоит из 3 основных компонентов:

- Runtime Infrastructure (RTI);
- Federate;
- Federation Object Model (FOM).

Runtime Infrastructure (RTI) – программное обеспечение, сервисная шина, которая отвечает за передачу, синхронизацию и координацию данных.

Federate – система моделирования, которая подключена к сервисной шине (RTI).

Federation Object Model (FOM) – объектная модель федерации, файл, который содержит информацию в виде трёх видов классов:

- классы объектов;
- классы взаимодействия;
- типы данных.

Объекты сохраняются со временем и имеют атрибуты, которые можно обновлять.

Взаимодействие – это действие, которое не сохраняется со временем. Запуск, остановка, взрыв и радиосообщения являются типичными классами взаимодействия. Взаимодействие обычно имеет некоторые параметры.

Типы данных описывают семантику и техническое представление атрибутов класса объекта и параметров взаимодействия. В HLA есть несколько предопределенных типов данных, которые разработчики могут использовать для составления более сложных структур.

Архитектура HLA не накладывает каких-либо ограничений на реализацию федератов и RTI. По сути она представляет собой набор рекомендаций по форматам данных, которыми могут обмениваться федераты, и правилам их взаимодействия в разных условиях. Соблюдая всё это, любой разработчик может создавать как модели, которые можно использовать в разнообразных моделирующих системах, так и собственные варианты инфраструктуры RTI.

В качестве примера успешного использования технологии HLA можно привести работы по адаптации к стандартам HLA среды моделирования SIM_AGENT, где в качестве примера был использован Tileworld [3].

SIM_AGENT - это архитектурно-нейтральный инструментарий, изначально разработанный для поддержки исследований альтернативных агентных архитектур. SIM_AGENT может использоваться как последовательный, централизованный, управляемый временем симулятор для многоагентных системы. В SIM_AGENT агент состоит из набора модулей, например, восприятие, решение проблем, планирование, коммуникация и т. д. Группы модулей могут выполняться либо последовательно, либо одновременно, или в различном порядке. Каждый агент имеет некоторые общедоступные данные, которые «видны» другим агентам.

Разработанный по стандартам HLA SIM_AGENT называется HLA_AGENT. Разработанные на основе этого инструментария ИА способны взаимодействовать с другими HLA-совместимыми симуляторами и агентами. Объекты и агенты в симуляции могут быть гибко распределены по нескольким компьютерам, чтобы наилучшим образом использовать имеющиеся вычислительные ресурсы [4].

Преимущества использования HLA включают в себя поддержку широкого спектра программных и аппаратных платформ, гибкость архитектуры, широкую функциональность и масштабируемость. Все это определяет целесообразность изучения, освоения и применения HLA для разработки ИА реального времени.

В ходе нашей исследовательской работы мы изучили научные публикации и материалы по моделированию ИА в среде HLA. В дальнейшем мы планируем продолжить исследовать это направление искусственного интеллекта и разрабатывать новых ИА по этим стандартам.

Список литературы

1. Пузанков Д. В., Пантелеев М. Г. Интеллектуальные агенты и многоагентные системы. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2015. – 216 с;
2. Пантелеев М.Г. Концепция построения интеллектуальных агентов реального времени на основе модели опережающего итеративного планирования // Труды 13-ой национальной конф. по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2012. Т 3. – Белгород: Изд-во БГТУ. –2012. –С. 25-33;
3. Lees M., Logan B., HLA_AGENT: Distributed Simulation of Agent-Based Systems with HLA. -2005;
4. Lees M., Logan B., and Theodoropoulos, G. Distributed simulation of agent-based systems with HLA. – 2007;
5. Björn Möller. The HLA Tutorial. - Sweden, 2012.

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СТЕНДА

А.А. Калинин[1], О.В. Шелиховская[2], К.Б. Мухамедия[1]

[1]*Карагандинский государственный технический университет*

[2]*Карагандинский высший политехнический колледж*

Аннотация. В статье рассматривается вопрос реализации системы диспетчерского управления стендом для экспериментального изучения электротехнологического комплекса для автономного теплоснабжения. Описаны требования как к реализуемым функциям управления электромеханическим оборудованием стенда, так и к функциям исследования. Поставлен ряд условий к пользовательскому программному интерфейсу, который должен быть реализован в графических нотациях мнемонических технологических схем. В результате создана система с использованием современных информационных технологий и обеспечивающая визуализацию измеряемых параметров в реальном времени, их накопление в базе данных, предварительную обработку в заданных масштабах измерения и выдачу соответствующих аналитических отчетов.

Ключевые слова: система, управление, функционал, исследование, автономное теплоснабжение, программный интерфейс, мнемосхема.

В Карагандинском государственном техническом университете разработана конструктивная и технологическая схема электротехнологического комплекса для автономного теплоснабжения (ЭКАТ). На учебно-производственной базе вуза создан исследовательский стенд для изучения энергетических характеристик ЭКАТ [1]. Его функциональная схема приведена на рисунке 1. Стенд содержит автоматизированную систему научных исследований для выявления закономерностей преобразования электрической энергии в механическую, с последующим преобразованием в тепловую [2]. В процессе экспериментальных исследований была поставлена задача по оценке влияния частотно-регулируемого электропривода насосного агрегата на эксплуатационные характеристики гидродинамического нагревателя (ГДН), а также по определению энергозатрат ЭКАТ на получение тепловой энергии, достаточной для комфортного автономного теплоснабжения и горячего водоснабжения жилых и офисных помещений.

Конструктивные узлы стенда предназначены для обеспечения циркуляции рабочей жидкости (воды) в замкнутом теплогенерирующем контуре. При этом, в трубном реакторе ГДН [3] при вихревом движении жидкости создается эффект кавитации. В результате происходит выделение внутренней энергии из рабочей жидкости в виде тепла.

Стенд ЭКАТ оснащен измерительными вставками для цифрового измерения температуры, давления и расхода рабочей жидкости. Система диспетчерского управления (СДУ) является частью информационно-измерительной системы ЭКАТ (рисунок 1).

Полная функциональность СДУ ЭКАТ складывается из двух классов функций [2]:

1) функций управления электромеханическим оборудованием ЭКАТ, участвующим в реализации планов экспериментов посредством установки требуемых режимов работы;

2) функций исследования: планирования, ведения, обработки и представления экспериментов.

Функции управления реализованы в режиме ручного и автоматического управления объектами ЭКАТ.

Условные обозначения:

ПЧ – преобразователь частоты; ЭД – электродвигатель;

ЦН – циркуляционный насос;

ГДН – гидродинамический нагреватель с реактором трубного типа;

СДУ – система диспетчерского управления и сбора данных.

Класс функций управления представлен следующими экземплярами [2]:

– режим управления: ручной/автоматический;

– циркуляционный насос: включить/отключить, регулировать давление;

– вентилятор: включить/отключить;

– подпиточный насос: включить/отключить;

– контроль и сигнализация: давление на входе ГДН, длительность эксперимента, аварийное отключение.

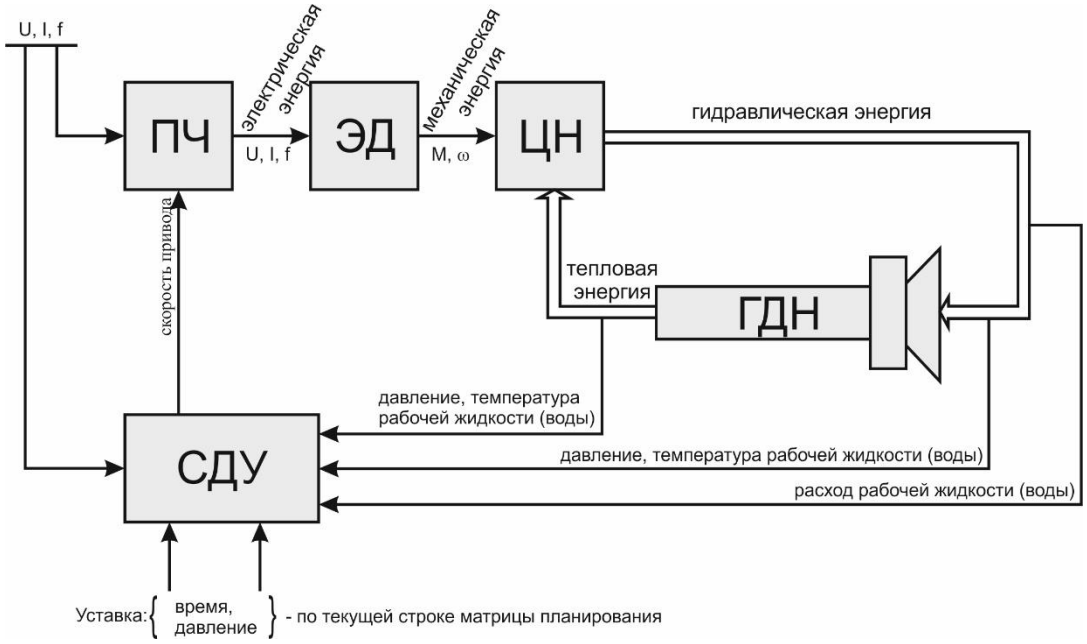


Рис.1. Функциональная схема стенда для экспериментального изучения электротехнологического комплекса автономного теплоснабжения

Класс функций исследования представлен следующими экземплярами функций [2]:

– режим работы оборудования: Аккумуляция тепла/Тепловая нагрузка;

– выбор исходных данных, согласно матрицы планирования экспериментов;

– архивация собранных данных в реальном времени;

– тренды регистрируемых процессов;

– первичная обработка результатов экспериментов;

– генерация отчетов.

Пользователями системы СДУ ЭКАТ являются инженеры-исследователи, обеспечивающие в среде системы реализацию заданного плана экспериментов и получение отчетов в форме составных документов. Составные документы должны включать результаты обработки измеренных данных в табличной и графической формах, а также математические модели, адекватно отражающие энергетические характеристики изучаемых теплогенераторов [3].

К пользовательскому программному интерфейсу, который должен быть реализован в графических нотациях мнемонических технологических схем, предъявлены следующие требования [3]:

– мнемоническая технологическая схема должна отображать все объекты реальной технологической схемы ЭКАТ с привлечением объемной графики;

– мнемонические объекты управляемой запорной арматуры на мнемосхеме должны быть оснащены средствами анимации режима работы (открытие, закрытие, установившееся состояние);

– движение и статическое состояние рабочей жидкости должно отображаться на участках трубопроводов анимационными средствами при включенном и отключенном состояниях циркуляционного насоса;

– включенное и отключенное состояния циркуляционного и подпиточного насосов, а также вентилятора воздушно-отопительного агрегата должно отображаться анимационными средствами;

– автоматическая реакция на возникновение аварийных ситуаций (превышение допустимого значения давления и температуры) должна происходить с отключением циркуляционного насоса, подачей звукового сигнала и с выводом на экран монитора предупреждающего сообщения;

– мнемонический пульт управления на экране монитора должен быть оснащен кнопками управления оборудованием системы, выбором режима работы и генерацией отчетов.

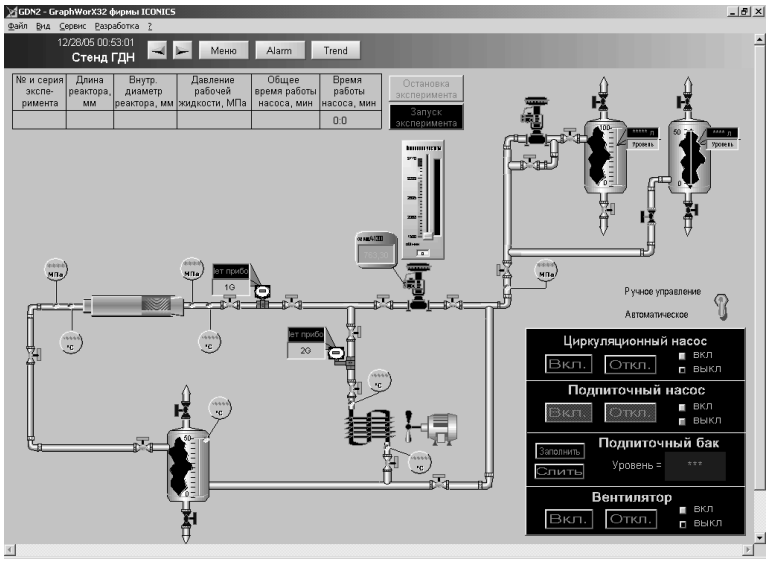


Рис.2. Главная мнемосхема СДУ ЭКАТ

В построении СДУ ЭКАТ использовалась одна из эффективных SCADA-программ широкого применения - GENESIS32, разработанная фирмой ICONICS [4]. SCADA-программа GENESIS32 является комплексом клиентских и серверных приложений, основанных на технологии OPC. Она предназначена для разработки прикладного программного обеспечения визуализации контролируемых параметров, сбора данных и оперативного диспетчерского управления в автоматизированных системах управления технологическими процессами. В состав GENESIS32 также входит среда разработки и исполнения сценарных процедур VBA, обеспечивающая возможность разработки части программного обеспечения средствами Microsoft VBA 6.0 [3], а также следующие клиентские приложения, соответствующие спецификации OPC: GraphWorX32; TrendWorX32; AlarmWorX32; DataWorX32.

Построение мнемосхемы в GraphWorX32 произведено в следующем порядке:

– определение числа и типов объектов функциональной схемы ЭКАТ, которые необходимо отобразить на мнемосхеме и разработка их символов;

– построение статики функциональной схемы;

– разработка структурной схемы управления;

– определение числа и типов локальных переменных в соответствии со структурной схемой управления;

– разработка алгоритма работы мнемосхемы;

– определение числа и типов псевдонимов;

– построение динамики мнемосхемы;

– построение конфигурации DataWorX32.

В результате в среде GENESIS32 создана мнемоническая схема, которая полностью отображает все объекты реальной технологической схемы стенда с привлечением объемной графики и отвечает предъявленным требованиям (рисунок 2).

Современные SCADA-программы реализуют основные функции сбора, передачи, визуализации и архивирования измеряемых и контролируемых данных, формирования команд в системе контроля и управления, а также аналитического анализа измеряемых процессов. Все это делает их привлекательными для использования в инженерном эксперименте. Особенностью выполненных исследований является созданная в КарГТУ автоматизированная система научных исследований для выявления закономерностей преобразования электрической энергии в механическую, с последующим преобразованием в тепловую, реализованная на современных средствах автоматизации с использованием SCADA-системы GENESIS32.

Список литературы

1. Breido, J.; Kalinin, A. & Tomilova, N. "Field and simulation study of the hydrodynamic heater for fluid environments", 2016 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), Chelyabinsk, Russia, 2016, pp. 1-4. doi: 10.1109/ICIEAM.2016.7911023;

2. Калинин А.А. Автоматизированная система научных исследований гидродинамических нагревателей. Труды международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования» 10-11 апреля 2014 г. НИУ МЭИ, Москва – М.: Издательство МЭИ, 2014. - 604 с., С.359-362;

3. Брейдо И.В., Калинин А.А., Карасев Н.И. Параметрическая оптимизация элементов конструкции ГДН методами планирования эксперимента. Монография. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2016, 118с;

4. Долгова А. Работа со SCADA-системой GENESIS32 // Современные технологии автоматизации. – 2005. – №3. – с.88-93.

ИНТЕГРАЦИЯ ПРОДУКЦИОННЫХ ПРАВИЛ ЭКСПЕРТИЗЫ РЕЗУЛЬТАТОВ В СИСТЕМУ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

А.Ю. Клименко

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной статье рассматривается применение экспертных систем, основанных на продукционных правилах, в составе программы контроля знаний. Такое использование повышает объективность выставления итоговых оценок студентам, благодаря тому, что учитываются не только результаты контрольных работ, но и прочая деятельность студента по конкретному предмету в семестре.

Ключевые слова: экспертная система, продукционные правила, система контроля знаний.

Интеллектуальная система – это программная система, которая предназначена для решения задач, которые считаются творческими и принадлежат конкретной предметной области. Такие системы чаще всего используются для решения задач, в которых логическая составляющая преобладает над вычислительной обработкой.

Одним из видов интеллектуальных систем являются экспертные системы (ЭС) [1,2].

К настоящему времени разработано большое количество ЭС, которые решают самые разные задачи, их отличительной особенностью является то, что они работают в узкоспециализированных предметных областях [3]. Для того, чтобы для предметной области можно было реализовать ЭС, она должна иметь четкие стратегии принятия решений, в том числе и в области контроля полученных знаний. В связи с этим целесообразно разработать приложение для контроля знаний на основе ЭС продукционного типа.

Контроль знаний – это выявление соответствия сформированного объема знаний студентов, требованиям стандарта или программы, а также определения уровня владения умениями и навыками. В настоящее время существует множество систем, которые позволяют упростить процесс контроля знаний студентов на основе тестов. В этих системах учащийся проходит один или несколько тестов и на их основе получает итоговую оценку. Но такой метод оценивания не всегда говорит о настоящих знаниях студента. Во время тестирования некоторых из нас охватывает страх, из-за которого мы не можем сосредоточиться и пройти тестирование, используя все полученные знания. Или наоборот, студент, который прочитал материал для подготовки перед выполнением теста, ответил правильно на все вопросы, но забыл всё через пять минут после того, как нажал на кнопку «Завершить тест». Поэтому была поставлена задача – реализовать приложение, которое бы учитывало не только баллы за тест, но и другие играющие роль факторы.

Для решения поставленной задачи был выбран способ объединения продукционных правил экспертизы результатов и системы тестирования, чтобы добиться объективности оценивания [4]. Благодаря этому решению, преподаватель сможет учесть деятельность студента в течение семестра, а также отметить как количественные факторы (посещаемость занятий, количество тематических докладов, рефератов и выступлений на конференциях), так и качественные (активность на занятиях, креативные решения, оригинальность ответов и т.п.).

После сравнительного анализа продукционных языков программирования, для разработки был выбран язык CLIPS [5]. Но используя CLIPS как отдельный язык, на нем нельзя реализовать эффективный пользовательский интерфейс. Поэтому для разработки пользовательского интерфейса был выбран фреймворк Qt. При выборе учитывалось свойство кроссплатформенности, которое позволяет запускать программу в любой операционной системе. Для хранения данных была выбрана реляционная СУБД SQLite. Особенностью этой СУБД является то, что SQLite не использует парадигму клиент-сервер, а представляет собой библиотеку, с которой программа компонуется.

В процессе разработки системы предложен следующий алгоритм взаимодействия пользователя с программой:

1. Преподаватель через свой модуль «ADMIN» создает тесты, добавляет в них вопросы;
2. Студенты, используя модуль «TEST», регистрируются в системе, после чего выбирают тест и проходят его;
3. Далее результаты теста записываются в базу данных и отображаются на экране для просмотра;
4. Преподаватель, используя модуль «ADMIN», может просмотреть информацию по тесту, а также заполнить дополнительную информацию о студенте.

5. Далее система, с использованием логического вывода на основе продукционных правил, предложит преподавателю оценку, которая будет основана не только на результатах теста.

Продукционные правила реализованы таким образом, что учитываются все введенные достижения и оценка за тест. На рисунке 1 приведен пример правила для студента, который дал на тесте правильных ответов от 70% до 90%, посетил от 80% до 90% занятий, на половине из которых получил дополнительные очки за активность и сделал презентацию по заданной теме.

```
;>70 <90, хорошие результаты результаты и студенту рекомендуется пятерка
(defrule rule14
        (scoresData  (groupNum ?groupNum)(surname ?surname)(minScore ?minScore)(maxScore ?maxScore)(maxPossibleScore ?
maxPossibleScore)(bonuses ?bonuses)(numClasses ?numClasses)(visitedClasses ?visitedClasses)(presentation ?presentation))
        (test
                (and
                        ( > (/ ?visitedClasses ?numClasses) 0 )
                        ( and (>= ?maxScore ( * ?maxPossibleScore 0.7 )) (< ?maxScore ( * ?maxPossibleScore 0.9 )))
                        (and ( >= (/ ?visitedClasses ?numClasses) 0.8 ) ( < (/ ?visitedClasses ?numClasses) 0.9 ))
                        (>= (/ ?bonuses ?numClasses) 0.5)
                        ( = ?presentation 1)
                )
        )
        =>
        (printout t "Result: 4. But can be 5, because active student" crlf)
)
```

Рис. 1. Пример продукционного правила экспертизы результатов

Проанализировав его баллы, система предлагает следующее: «Результат: 4. Но может быть 5, потому что студент активный». Таким образом, оценка, которую студент получил на контроле знаний, является определяющей, но не решающей.

Подводя итоги можно сказать, созданное приложение позволяет преподавателям выставить объективные оценки, основанные не только на результатах тестирования, но и на другой информации о достижениях студентов. В дальнейшем данную систему можно развивать, например, добавить автоматическую генерацию ответов на тесты, наподобие правильного ответа, а также дополнительные критерии оценки знаний и умений студента.

В заключение стоит отметить, что на сегодняшний день создано уже большое количество экспертных систем, которые имеют одно большое отличие от других систем искусственного интеллекта: они не предназначены для решения каких-либо универсальных задач. Они предназначены для качественного решения задач в определенной разработчиками области, в редких случаях – областях. И несмотря на все ограничения и недостатки, экспертные системы уже доказали всю свою ценность и значимость во многих важных приложениях.

Список литературы

1. Экспертные системы [Электронный ресурс]. URL: http://itteach.ru/predstavlenie-znaniy/ekspertnie-sistemi. 09.04.20129;
2. Бояркина А. К., Ермолаева В. В. Экспертные системы // Молодой ученый. — 2016. — №11. — с. 286-289;
3. Дошина А. Д. Экспертная система. Классификация. Обзор существующих экспертных систем // Молодой ученый. — 2016. — №21. — с. 756-758;
4. Современные средства оценивания результатов обучения: Учебное пособие /Сост. Е.В.Телеева - Шадринск: Изд-во Шадрин, 2009. - 116с;
5. Пантелеев М.Г., Родионов С.В. Модели и средства построения экспертных систем: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2003. – 68 с.

УМНОЖЕНИЕ МАТРИЦ НА ТРЕХ АБСТРАКТНЫХ ГЕТЕРОГЕННЫХ ПРОЦЕССОРАХ

Е.Г. Клюева

Карагандинский государственный технический университет

Аннотация. В работе представлены результаты нахождения оптимальной формы разбиения элементов матриц между тремя абстрактными гетерогенными процессорами при выполнении операции их перемножения. В исследовании используется абстрактная модель процессора, что позволяет применять его результаты для систем с различной гетерогенной архитектурой. Для оценки коммуникационной трудоемкости алгоритмов используется модель Хокни.

Ключевые слова: параллельные вычисления, параллельное умножение матриц, разбиение данных, гетерогенные параллельные системы, модель Хокни

Темпы увеличения количества обрабатываемой информации и сложность вычислительных задач увеличиваются с каждым годом.

В связи с этим все более популярным направлением вычислительной техники являются исследования в области параллельной обработки данных.

Параллельное умножение матриц является одной из самых распространенных задач в самых различных областях научных знаний. В частности, к таким задачам можно отнести работу с матрицами смежности и корреспонденциями в информационных, инженерных и транспортных сетях, которые концентрируют основную информацию о связности объектов и передвижении потоков при этом имеют значительную размерность и динамические элементы.

Если модели и методы распределения вычислительных ресурсов при умножении матриц на гомогенных системах изучены достаточно хорошо, то поиск оптимальных решений для гетерогенных систем изучается до сих пор.

Цель данного исследования заключается в определении оптимальных форм разбиения матриц для гетерогенных систем с различной латентностью между вычислительными элементами. Математическая модель строится для класса алгоритмов параллельного умножения матриц, использующих последовательную коммуникация с наложением (Serial Communication with Bulk Overlap (SCO)).

Для построения математической модели вычислений используется понятие «абстрактного процессора», рассмотренное в работах [1, 2]. Ранее в работе [3] было доказано, что модель абстрактного процессора, который главным образом основывается на объеме коммуникаций и вычислений, точно прогнозирует экспериментальную производительность множества процессоров и даже целых кластеров для матричных вычислений.

Для построения изучаемой модели было сделано несколько допущений:

- используются квадратные исходные матрицы A, B и результирующая матрица C размером $N \times N$ элементов;
- моделируется операция умножения матриц на трех абстрактных гетерогенных процессорах с полносвязной топологией;
- вычислительные мощности абстрактных процессоров P, R и S, определены отношением Pr : Rr : Sr, где P является самым мощным процессором и Sr = 1. T = Pr + Rr + Sr;
- элементы матрицы разделены между процессорами пропорционально их вычислительным мощностям;

- латентность сети передачи равна β_1 между процессорами P и S, β_2 между процессорами P и R, β_3 между процессорами S и R;

- оптимальность оценивается для следующих форм-кандидатов Square Corner (SC), Rectangle Corner (RC), Square Rectangle (SR), Block Rectangle (BR), L-Rectangle (LR), Traditional 1D Rectangular (TR) [4, с. 77] (рис. 1).

- для оценки коммуникационной трудоемкости рассматриваемых алгоритмов использована модель Хокни.

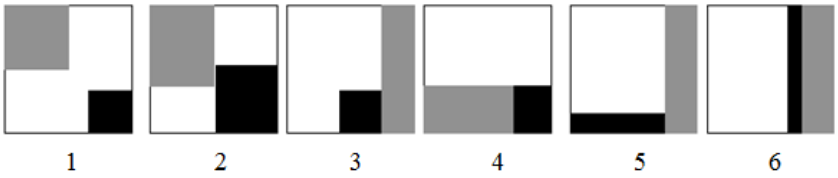


Рис. 1. Формы-кандидаты, определенные как потенциально оптимальные для трехпроцессорных систем:
1) Square Corner; 2) Rectangle Corner; 3) Square Rectangle;
4) Block Rectangle; 5) L-Rectangle; 6) Traditional 1D Rectangular

В отличии от алгоритмов последовательной и параллельной коммуникации с барьером, рассмотренных в работе [5], алгоритмы с наложением пытаются перемежать обмен элементами и вычисления там, где это возможно, в целях сокращения времени выполнения. Они описывают специфичные наложения для некоторых непрямоугольных форм, в которых возможно начинать вычисления прежде, чем будет завершена коммуникация между вычислительными элементами.

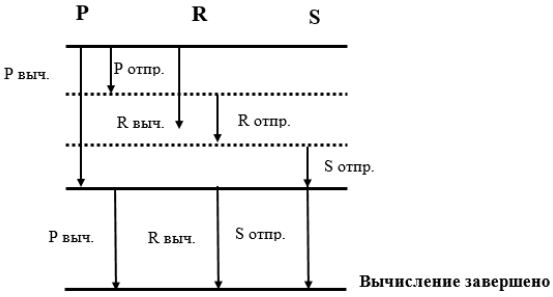


Рис.2. Алгоритм последовательной коммуникации с наложением для процессоров P, R и S

В алгоритме последовательной коммуникации с наложением (Serial Communication with Overlap (SCO)) все данные передаются процессорами последовательно, параллельно происходит вычисление элементов, не задействованных в обмене. Оставшаяся часть операций выполняется только после завершения коммуникации и наложенных вычислений (рис. 2).

Время выполнения алгоритма определяется по формуле:

$$T_{exe} = \max(\max(V\beta, O_{P_1}) + c_{P_1}, \max(V\beta, O_{P_2}) + +c_{P_2}, \dots, \max(V\beta, O_{P_p}) + c_{P_p}), \quad (1)$$

где O_{P_x}- время, затрачиваемое процессором X на вычисление элементов, не требующих коммуникации;

c_{P_x}- время, затрачиваемое процессором X на вычисление оставшихся элементов.

Определим время выполнения алгоритма T_{exe} для каждой рассматриваемой формы согласно формуле (1).

Время выполнения алгоритма для формы Square Corner будет определяться следующим образом:

$$T_{com} = 2SN + 2$$

$$O_p = \frac{N \cdot (N - r - s)^2}{S_p}$$

$$Texe_1 = T_{comm} + C_p = 2SN\beta_1 + 2rN\beta_2 + \frac{2N}{S_p}(Nr - r^2 - \frac{r^2}{\sqrt{R_r}} + \frac{N_r}{\sqrt{R_r}} - \frac{r^2}{R_r})$$

$$Texe_2 = O_p + C_p = \frac{N}{S_P}(N^2 - \frac{r^2}{R_r} - r^2)$$

$$Texe_3 = T_{comm} + C_R = 2SN\beta_1 + 2rN\beta_2 + r^2 \cdot \frac{N}{S_r}$$

Время выполнения алгоритма для формы Square Rectangle будет равно:

$$Texe = T_{com} + \max(C_P, C_R, C_S)$$

$$Texe = (2N - r)S\beta_1 + (N^2 - S^2)\beta_2 + (r + S)S\beta_3 + \max\left(\frac{P_r N^3}{TS_p}, \frac{R_r N^3}{TS_r}, \frac{N^3}{TS_s}\right)$$

Так как элементы матриц распределяются между процессами пропорционально их вычислительной мощности, значения $\frac{P_r N^3}{TS_p}, \frac{R_r N^3}{TS_r}$ $и$ $\frac{N^3}{TS_s}$ будут иметь одинаковое значение для всех форм разбиения и в остальных формулах будет обозначено через C_P, C_R, C_s соответственно.

Время выполнения алгоритма для формы Block Rectangle будет равно:

$$Texe = T_{com} + \max(C_p, C_R, C_s)$$

$$Texe = \frac{\beta_1 N^2}{T}\left(P_r - \frac{P_r R_r}{T - P_r} + 1\right) + \frac{\beta_2 N^2}{T}\left(P_r - \frac{P_r}{T - P_r}\right) +$$

$$+ \frac{\beta_3 N^2}{T}(1 + R_2) + \max(C_P, C_R, C_s)$$

Время выполнения алгоритма для формы L-Rectangle определяется как:

$$Texe = T_{com} + \max(C_P, C_R, C_S)$$

$$Texe = \frac{\beta_1 N^2}{T}(P_r + 1) + \frac{\beta_2 N^2}{T}(R_r + R_r \cdot \left(1 - \frac{1}{T - R_r}\right) + \frac{\beta_3 N^2}{T}\left(1 + \frac{R_r}{(T - R_r)}\right) +$$

$$+\max(C_P, C_R, C_S)$$

Время выполнения алгоритма для формы Traditional 1D Rectangular будет иметь вид:

$$Texe = T_{comm} + \max(C_{P_1}, C_{P_2}, C_{P_3})$$

$$Texe = \frac{\beta_1 N^2}{T}(P_r + 1) + \frac{\beta_2 N^2}{T}(P_r + R_2) + \frac{\beta_3 N^2}{T}(1 + R_r) + \max(C_{P_1}, C_{P_2}, C_{P_3})$$

Для формы Rectangle Corner оптимальный размер R и S будет являться комбинированной шириной N, что не может быть истиной исходя из классификации форм-кандидатов [4, с.78]. В качестве альтернативы, установим, что $R_w + S_w = (N - 1)$. Тогда:

$$Texe = \big((R_h + S_h)(S_w + 1) + N(N - R_h - 1)\big) \cdot \beta_1 +$$

$$+\big((R_h + S_h)(R_w + 1) + N(N - S_h - 1)\big) \cdot \beta_2 + \big((S_h + R_W)(S_h + R_h - N)\big) \cdot \beta_3 +$$

$$+\max(C_{P_1}, C_{P_2}, C_{P_3})$$

Для облегчения анализа полученной математической модели избавимся от коэффициента β_3, получив отношения пропускных способностей между вычислительными элементами $\frac{\beta_1}{\beta_3}, \frac{\beta_2}{\beta_3}$. Таким образом, мы получаем четыре переменные.

Исходя из проведенного анализа полученных данных, были сделаны следующие выводы. Для алгоритма SCO так же, как и в случае использования алгоритма SCB [5], оптимальными могут являться формы разбиения элементов матрицы BR, LR, SC, SR.

Формы SR и SC могут являться оптимальными при значениях мощности процессора P значительно превышающей мощность процессоров R и S. При этом для формы SR данное утверждение справедливо только при значении коэффициента $\frac{\beta_1}{\beta_3}$ >=2.

Форма LR оптимальна при значении коэффициента $\frac{\beta_1}{\beta_3} < 1$ и примерно равных мощностях процессоров P и R, значительно превышающих мощность процессора S. Во всех остальных случаях оптимальными являются формы BR.

Список литературы

1. Zhong Z., Rychkov V., Lastovetsky A. Data partitioning on heterogeneous multicore platforms // Cluster Computing (CLUSTER), 2011 IEEE International Conference, IEEE. 2011. С. 580-584;
2. Zhong Z., Rychkov V., Lastovetsky, a. Data partitioning on heterogeneous multicore and multi-GPU systems using functional performance models of data-parallel applications. Cluster Computing (CLUSTER), 2012 IEEE International Conference, IEEE. 2012. P. 191–199;
3. DeFlumere A., Lastovetsky A. Optimal data partitioning shape for matrix multiplication on three fully connected heterogeneous processors, Euro-Par 2014WS, HeteroPar 2014 - Twelfth International Workshop on Algorithms, Models and Tools for Parallel Computing on Heterogeneous Platforms. 2014. С. 201-214;
4. DeFlumere A. Optimal Partitioning for Parallel Matrix Computation on a Small Number of Abstract Heterogeneous Processors // PhD thesis, University College Dublin. 2014. 161 с;
5. Клюева Е.Г., Адамов А.А., Оспанова А.Е., Сницарь Л.Р., Кулбаева Л.Н. Исследование оптимальной формы разбиения данных для умножения матриц на трех гетерогенных процессорах с полносвязной топологией и различными пропускными способностями // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 2 – С. 83-88.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ

М.Г. Иваница, И.К. Ковалева, И.О. Тестов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Разработан программный интерфейс в среде LabVIEW, предназначенный для управления векторным анализатором цепей и обработки данных измерений электродинамических характеристик (удельных потерь и коэффициента поглощения) материалов с использованием копланарной линии передачи. Программный интерфейс опробован при исследовании образцов композитных материалов на основе диэлектрической матрицы с проводящими частицами наполнителей.

Ключевые слова: электромагнитное поле, электромагнитный экран, копланарная линия передачи, программный интерфейс.

Непрерывное увеличение числа источников электромагнитных полей (ЭМП) приводит к тому, что практически все объекты биотехносферы испытывают на себе их воздействие. В зависимости от длительности таких воздействий и параметров ЭМП (частоты, напряженности, плотности потока энергии и др.) в функционировании объектов

биотехносферы могут происходить обратимые или необратимые нарушения, приводящие к их полной или частичной деградации. Предотвратить развитие таких процессов можно путем применения специальных мер, направленных на ограничение воздействия ЭМП на определенную область пространства.

Одна из таких мер основана на применении электромагнитных экранов, препятствующих распространению ЭМП. Эффективность применения электромагнитных экранов зависит от их способности поглощать или отражать электромагнитную энергию.

Перспективным направлением при разработке электромагнитных экранов является использование в их конструкции композитных материалов, выбор которых производится на основании сравнения их электродинамических характеристик. Один из способов, позволяющих определить и сравнить электродинамические характеристики материалов в лабораторных условиях основан на исследованиях при помощи копланарной линии передачи, соединенной с векторным анализатором цепей.

Актуальность работы

Значительные временные затраты на обработку и сопоставление данных, полученных при измерениях, основанных на применении векторного анализатора цепей могут быть сокращены за счет разработки и использования программного интерфейса, позволяющего устанавливать параметры и сохранять данные при помощи персонального компьютера.

Цели работы заключались в создании программного интерфейса, оптимизирующего управление векторным анализатором цепей и обработку больших массивов данных при проведении исследований электродинамических характеристик материалов, а также проверки возможности его использования для расчета удельных потерь электромагнитной энергии в образцах на основе диэлектрической матрицы с распределенными проводящими частицами.

Создание программного интерфейса

Разработанный программный интерфейс (блок-схема приведена на рис. 1) позволяет рассчитывать удельные потери в исследуемом образце по формуле:

$$L^{(s)} = L^{(1)} + \frac{L^{(1)} - L^{(2)}}{\left|S_{21}^{(1)}\right| - \left|S_{21}^{(2)}\right|} \cdot (\left|S_{21}^{(s)}\right| - \left|S_{21}^{(2)}\right|), \qquad (1)$$

где $L^{(1)}$ и $L^{(1)}$ – потери для эталонных образцов 1-го и 2-го составов, $\left|S_{21}^{(1)}\right|$ и $\left|S_{21}^{(2)}\right|$ – модули коэффициентов передачи для эталонных образцов тех же составов, $\left|S_{21}^{(s)}\right|$ – модуль коэффициента передачи исследуемого образца.

Удельные потери $L^{(1)}$ и $L^{(2)}$ в формуле (1) для эталонных образцов двух различных составов рассчитывались по формуле:

$$L = \frac{1}{d} 10 \lg \left| \frac{1 - iZtg(knd)}{1 + iZtg(knd)} \right|,$$

где $Z = \sqrt{\frac{\mu' + i\mu''}{\varepsilon' + i\varepsilon''}}$ – волновое сопротивление материала эталонного образца,

$k = 2\pi / \lambda$ – волновой вектор, λ - длина волны, n – показатель преломления.

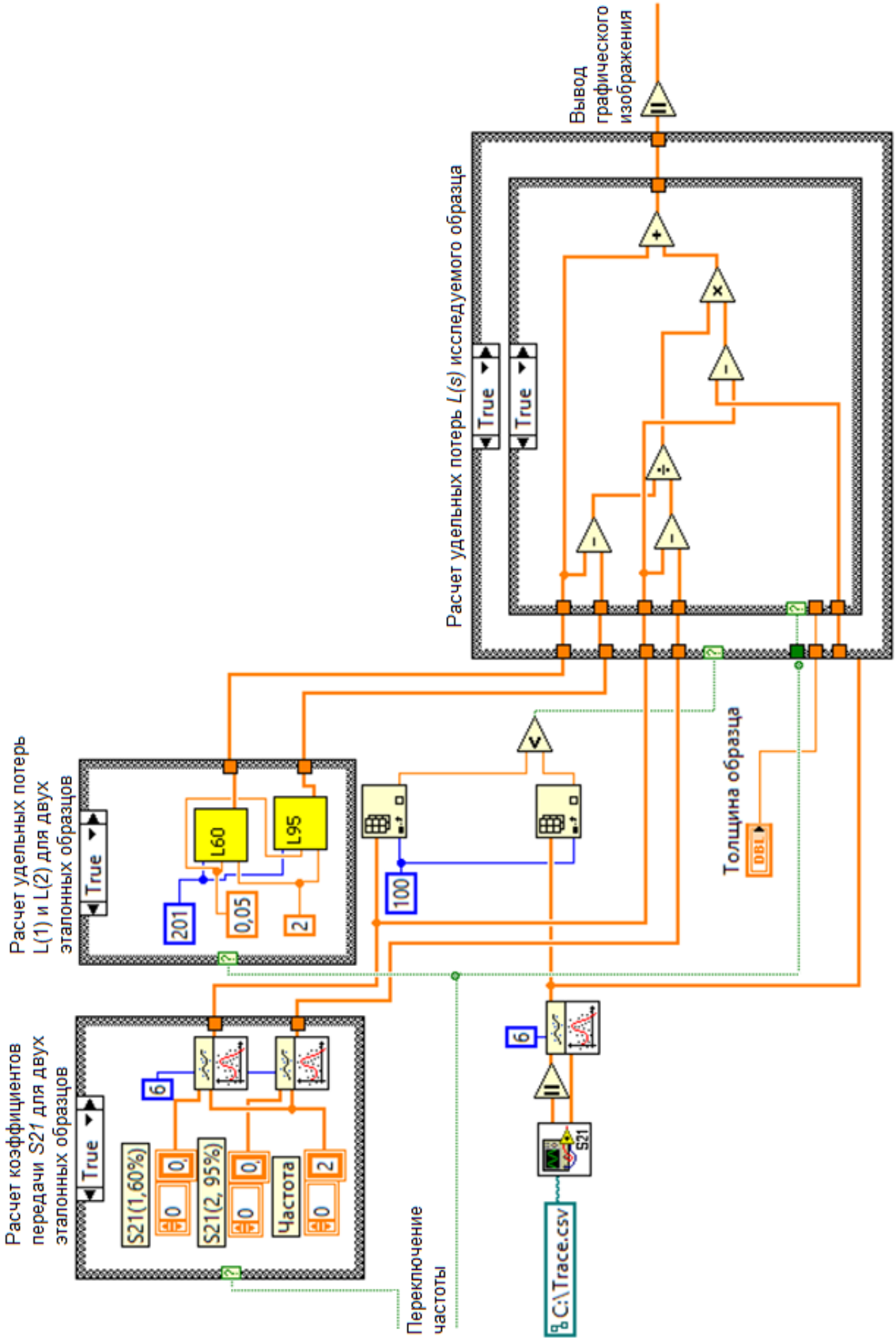


Рис. 1. Блок-схема расчета удельных потерь $L^{(s)}$

Проверка работоспособности программного интерфейса проводилась путем

измерения при помощи копланарной линии передачи параметров образцов, представляющих собой диэлектрическую матрицу на основе гипса с внедренными проводящими частицами в качестве которых использовался технический углерод. В результате были получены пять образцов, содержащих массовую долю технического углерода 2% и отличающиеся по среднему размеру его частиц, соответственно 20, 30, 50, 80 и 90 нм. Частотные зависимости удельных потерь и коэффициента поглощения приведены на рис. 2 и 3.

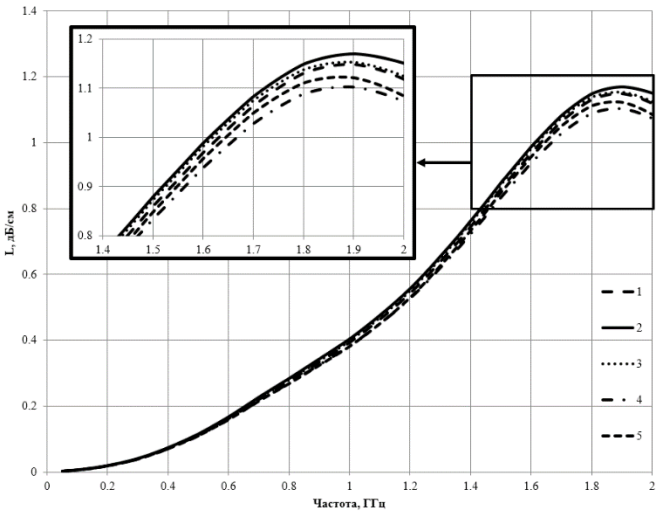


Рис. 2. Частотная зависимость удельных потерь $L^{(s)}$ для образцов с различным гранулометрическим составом наполнителей, имеющих средний размер частиц: 1 – 90 нм, 2 – 80 нм, 3 – 50 нм, 4 – 30 нм, 5 – 20 нм

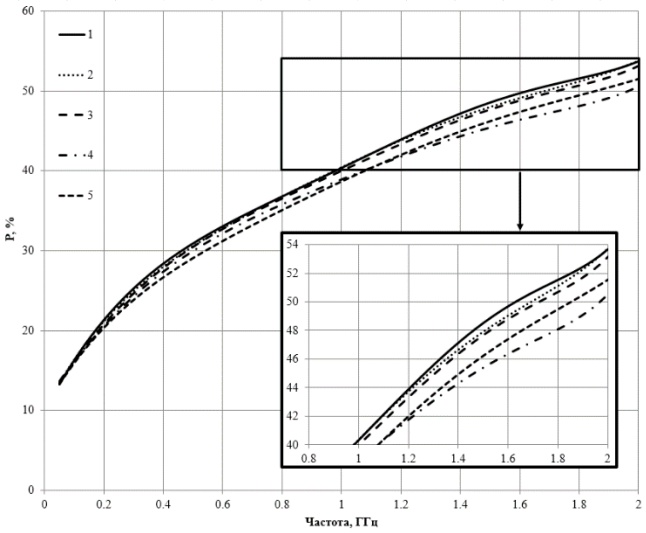


Рис. 3. Частотная зависимость коэффициента поглощения P для образцов с различным гранулометрическим составом наполнителей, имеющих средний размер частиц:
1 – 90 нм, 2 – 80 нм, 3 – 50 нм, 4 – 20 нм, 5 – 30 нм

Заключение

1. Разработан программный интерфейс для управления векторным анализатором цепей и обработки данных измерений электродинамических характеристик (удельных потерь и коэффициента поглощения) материалов с использованием копланарной линии передачи.

2. Программный интерфейс позволяет производить расчет удельных потерь и коэффициента поглощения электромагнитного излучения в лабораторных условиях при использовании образцов, имеющих небольшие геометрические размеры;

3. Программный интерфейс опробован при исследовании образцов композитных материалов на основе диэлектрической матрицы с проводящими частицами наполнителей.

4. Выбранный подход позволяет установить различия электродинамических характеристик образцов, в которых средний размер частиц наполнителей варьируется от 20 до 90 нм.

Список литературы

1. Шапиро Д.Н. Электромагнитное экранирование. Научное издание. Долгопрудный: Изд-во «Интеллект», 2010. – 120 с;
2. Ковалева И.К., Гареев К.Г., Иваница М.Г. и др. Электроника и микроэлектроника СВЧ. Сборник статей VII Всероссийской конференции. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018. – С. 272–276;
3. Андрющенко М.С., Гусаковский В.Е., Штагер Е.А., Штагер Д.Е. Методы расчета средств защиты радиоэлектронных систем от электромагнитного излучения. Монография. Под ред. С. С. Щесняка. СПб.: Изд-во ВВМ. 2016. 310 с.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНИВАНИЯ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

К.С. Константинова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной работе исследованы существующие методы оценивания учебной деятельности. Рассмотрен метод кластерного анализа, как способ дифференциации учащихся на группы в зависимости от таких факторов, как успеваемость. Предложена методика оценивания наклонностей студентов с использованием агломеративного иерархического алгоритма классификации.

Ключевые слова: кластерный анализ, оценивание, дифференциация, тенденции индивидуального и группового развития.

Особенностью современного этапа развития системы образования в России является внедрение современных информационных Интернет-технологий, позволяющих спроектировать как индивидуальную, так совместную траекторию развития учащихся. В этих условиях на первое место встают вопросы оценивания полученных в ходе обучения компетенций с выявлением наклонностей к тому или иному предмету и/или коррекции полученных знаний. В связи с этим возникает потребность в разработке методов индивидуального, группового и взаимного оценивания, а также средств мотивации учащихся.

Анализу оценивания посвящено большое количество работ, одной из важнейших задач которой является разработка критериев оценивания [1-6]. В работе рассмотрены особенности профессиональной мотивации студентов медицинских специальностей, определены мотивы выбора врачебной деятельности. На основании кластерного анализа выявлены типы профессиональной мотивации будущих врачей. Метод позволяет эффективно решать задачи отбора студентов, однако не рассматривается ситуация, при которой учащиеся не входят ни в один из выделенных кластеров.

В исследовании [2] ставится задача по выявлению подгрупп студентов по степени их успеваемости по результатам тестирований. При этом выделяется три кластера, но упор делается на анализе «переходного», что, с одной стороны, позволяет выделить группу учащихся, на которую стоит обратить внимание в первую очередь, но, с другой стороны, при этом не предлагается решений для мотивации других двух групп.

В статье [3] предлагается использовать кластерный анализ для выявления готовности студентов к исследовательской деятельности, при этом оценка проводится по нескольким параметрам на основе различных типов работа (исследования, тестовые задания и т.д.). Однако недостатком, как и в работе [1] является упущение ситуации, при которой обучающиеся могут не войти ни в один из кластеров.

Кластерный анализ также используется для прогнозирования успеваемости, что наглядно представлено в работе [4]. Прогнозируемые баллы и реально полученные на конец семестра практически совпадают, что подтверждает действенность применяемого метода оценивания.

В статье [5] рассматривается спектр направлений подготовки специалистов в области информационных технологий, при этом происходит объединение экспертного подхода и кластерного анализа. В результате оценивания можно сформировать список учебных материалов и модель изложения информации для создания определенных компетенций, однако анализ проводится лишь по трем группам (“математики-программисты”, “инженеры-программисты”, “системные администраторы”), а другие кластеры (“Бизнес-информатика”, “Прикладная математика (по областям)”, “Информационные технологии и системы”), хотя они также относятся к интересующей сфере.

Анализ релевантных работ показал, что в представленных методах отсутствуют средства взаимного и группового оценивания учащихся. Поэтому создание методических основ комплексного подхода на основе балльно-рейтинговой системы является актуальной задачей.

Для достижения поставленной цели разработана методика оценивания наклонностей учащихся к тому или иному предмету с использованием кластерного анализа, состоящая из следующих шагов:

1. Исследование необходимых для анализа концептуальных схем группирования объектов. На этом шаге целесообразно решить, какие методы будут использоваться при анализе (k-средних, k-медиан, графовые алгоритмы). Для повышения точности результата возможно использование комбинации нескольких методов.

2. Выбор пространства характеристик, по которым будет производиться оценивание (например, лидерские качества, наклонности, заинтересованность и т.д), а также количества субъектов для оценивания, например, будет ли это индивидуальное оценивание или групповое.

3. Отбор выборки для кластеризации характеристик (как пример, группа студентов первого курса технической специальности, предмет – линейная алгебра).

4. Проведение одного или нескольких тестирований до достижения необходимого объема выборки с формированием набора оценок по каждой характеристике, полученных в ходе тестирований.

5. Для каждой характеристики определяется граница, разделяющая кластеры между собой. Расчет границы производится по формуле:

$$B(x) = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^{n} x_i$$

где n – количество студентов, а x_i – оценка характеристики для i-ого студента.

6. Применение метода кластерного анализа для создания групп сходных объектов.

7. Оценка о направлении индивидуального или группового развития на основе проведенного анализа.

В качестве метода кластерного анализа воспользуемся агломеративным иерархическим алгоритмом классификации.

1. Выбирается количество кластеров, на которое будет производиться разделение.

2. В качестве расстояния между объектами принимается Евклидово расстояние. Так, для показателей X_1 и X_2 расстояние будет иметь вид:

$$D(X_1, X_2) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_{1i} - x_{2i})^2}$$

Это позволяет получить набор расстояний (таблица 1) для дальнейшего поиска минимального расстояния.

Таблица 1

№	1	2	3	4	…	n
X_1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	…	x_{1n}
X_2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	…	x_{2n}

3. На основании полученных данных формируется матрица расстояний с зануленной главной диагональю (таблица 2). Для ячеек (1,2) и (2,1), например, значения расстояний будет равными:

$$D(1,2) = D(2,1) = \sqrt{(x_{11} - x_{12})^2 + (x_{21} - x_{22})^2}$$

Таблица 2

№	1	2	3	4	…	n
1	0	D(1,2)	D(1,3)	D(1,4)	…	D(1,n)
2	D(2,1)	0	D(2,3)	D(2,4)	…	D(2,n)
3	D(3,1)	D(3,2)	0	D(3,4)	…	D(3,n)
4	D(4,1)	D(4,2)	D(4,3)	0	…	D(4,n)
…	…	…	…	…	0	…
n	D(5,1)	D(5,2)	D(5,3)	D(5,4)	…	0

4. В матрице находятся один или несколько минимальных расстояний. Объекты с минимальным расстоянием объединяются в кластеры. При формировании новой таблицы выбирается наименьшее значение из значений объектов i и j. Например, если D(1,2) = 0.5, а все остальные значения в матрице больше, то объединяем столбцы и строки 1 и 2 в одну. При этом во время формирования новой матрицы расстояний выбирается наименьшее значение из объектов 1 и 2. На пересечениях строк и столбцов будет выводиться расстояние между кластерами.

5. Повторяем шаги 3-4 до тех пор, пока количество строк и столбцов матрицы не будет равным принятому в шаге 1 количеству кластеров.

6. Результаты для наглядности представляются в виде дендограммы или графика по каждой характеристике с отмеченным граничным отрезком.

Список литературы

1. А.А.Фитьмова “Типологизация профессиональной мотивации будущих врачей на основе кластерного анализа” [Электронный ресурс] / URL: https://cyberleninka.ru/article/v/tipologizatsiya-professionalnoy-motivatsii-buduschih-vrachey-na-osnove-klasternogo-analiza (дата обращения: 17.03.2019);
2. М.Е.Вайнфорд-Сысоева, Н.Ю.Фаткуллин, В.М.Шашмович “Кластерный анализ данных балльно-рейтинговой системы (на примере дисциплины “Математика”)” [Электронный ресурс] / URL: https://cyberleninka.ru/article/v/klasternyy-analiz-dannyh-ballno-reytingovoy-sistemy-na-primere-distsipliny-matematika (дата обращения: 17.03.2019);
3. К.Ф.Габдрахманова “Кластерный анализ как инструмент формирования исследовательских компетенций у студентов младших курсов технического вуза” [Электронный ресурс] / URL: https://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=35910 (дата обращения: 17.03.2019);
4. В.А.Шевченко “Прогнозирование успеваемости студентов на основе методов кластерного анализа” [Электронный ресурс] / URL: https://cyberleninka.ru/article/v/prognozirovanie-uspevaemosti-studentov-na-osnove-metodov-klasternogo-analiza (дата обращения: 17.03.2019);
5. С.В.Русаков, И.Г.Семакин, Е.К.Хеннер “Анализ структуры подготовки специалистов по информатике в системе высшего профессионального образования” [Электронный ресурс] / URL: https://cyberleninka.ru/article/v/analiz-struktury-podgotovki-spetsialistov-po-informatike-v-sisteme-vysshego-professionalnogo-obrazovaniya (дата обращения: 17.03.2019);
Фаткиева Р.Р., Константинова К.С. “Применение проектной деятельности при обучении в вузе” // Информационные технологии в управлении (ИТУ-2018) материалы конференции. 2018. С. 605-609.

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ГИБРИДИЗАЦИИ ДЛЯ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ОБЛАСТИ ТУРИЗМА

Д.М. Кузина

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Рассмотрены различные типы рекомендательных систем (CF, CBF, DF), их недостатки и достоинства. Описано, на использование каких видов информации опираются алгоритмы рассмотренных типов. Разработана схема гибридизации для рекомендательных систем в области туризма, учитывающая дополнительный фактор, который не полагается на сохраненные в системе оценки достопримечательностей пользователями. Предложенная схема может быть использована для повышения эффективности работы с большими объемами информации в области туризма.

Ключевые слова: рекомендательные системы, гибридизация, гибридные рекомендательные системы, алгоритмы фильтрации

Введение

В настоящее время объем свободной информации в открытом доступе настолько велик, что зачастую только мешает сделать выбор. Современный путешественник сталкивается с огромным количеством стран, городов и достопримечательностей, из которых ему предстоит выбрать, чтобы построить свой маршрут. В своем выборе он вынужден опираться на предложения туристических сайтов, которые зачастую основаны только на количестве отзывов или средней оценке. В таком случае поиск достопримечательности, которая действительно интересна пользователю может быть довольно продолжительным и трудоемким занятием.

Рекомендательные системы (РС) созданы для того, чтобы избежать этого. РС помогает пользователю определиться с выбором, советуя достопримечательности, которые ему вероятно понравятся, основываясь на анализе некоторой информации. В зависимости от того, какую информацию рассматривает и анализирует алгоритм, рекомендательные системы делятся на несколько типов [1].

Коллаборативная фильтрация (collaborative filtering, CF) использует известные предпочтения (оценки) группы пользователей для прогнозирования неизвестных предпочтений другого пользователя. Основное допущение состоит в следующем: те, кто одинаково оценивали какие-либо предметы в прошлом, склонны давать похожие оценки другим предметам и в будущем. CF показывает плохие результаты в ситуации “холодного старта”, то есть, когда требуется вычислить оценку нового пользователя или новому предмету [2].

Фильтрация, основанная на контенте (content based filtering, CBF) использует атрибуты каждого предмета для прогнозирования оценок. CBF хорошо справляется с проблемой нового предмета, т.к. использует информацию о его критериях/параметрах, а не только поставленные ему оценки. Но плохо предсказывает оценки нового пользователя, т.к. нуждается в наборе предыдущих оценок.

Демографическая фильтрация (demographic filtering, DF) классифицирует пользователя, основываясь на информации из его профиля (возраст, пол, родной город). Сравнивая, как похожие люди оценивали данный предмет, формируется предполагаемая оценка. Т.к. оценки самого пользователя не важны, то DF можно применять при формировании рекомендаций для нового пользователя. Но алгоритмы DF становятся бесполезными, если оценка должна быть поставлена новому предмету.

РС, которые используют только один метод фильтрации, не являются достаточно эффективными. Существуют более эффективные гибридные рекомендательные системы. Они основаны на том, что используют несколько типов РС сразу, компенсируя недостатки каждого типа [6].

Постановка задачи

Разработать схему гибридизации для рекомендательных систем в области туризма, которая бы учитывала сильные и слабые стороны фильтрационных алгоритмов, а также добавляла бы дополнительный фактор по выставлению оценки, не зависящий от оценок пользователей системы, что позволит алгоритму выдавать более точный результат в ситуации “холодного старта”.

Реализация

Поскольку схема гибридизации разрабатывается в области туризма, под объектом оценки будем понимать туристические достопримечательности.

Чтобы эффективно применять каждый из типов фильтрации, необходимо понимать, в каком случае лучше его использовать. То есть, если необходимо предсказать оценку для нового пользователя, то предлагается использовать только алгоритм DF, а если предсказать необходимо оценку новой достопримечательности, то только алгоритм CBF. Если же и пользователь и достопримечательность имеют достаточное количество оценок, то предлагается применять все три типа фильтрации: CF, CBF, DF.

Будем считать пользователя новым, если он поставил меньше 5 оценок, и соответственно будем считать новой достопримечательность, если ей было поставлено менее 5 оценок.

Для типа CF используется алгоритм SVD. Исходными данными для него является матрица оценок, в которой по горизонтали расположены пользователи, а по вертикали - достопримечательности. На пересечении строк и столбцов расположены соответствующие оценки. Чаще всего данная матрица будет очень разреженная, с малым рангом, что является необходимым условием работы данного алгоритма. С его помощью данную матрицу можно представить в виде произведения матриц значительно меньшей размерности [3]. И при оптимальном приближении второго порядка можно изобразить пользователей и достопримечательности на плоскости, где расстояние между ними обратно пропорционально тому, насколько пользователю понравится данная достопримечательность.

Для типа CBF используется алгоритм, который берет данные из таблиц достопримечательностей и оценок для нахождения ближайшего соседа (в терминах меры близости, введенной на пространстве значений рассматриваемых атрибутов достопримечательностей) среди тех, что уже были оценены пользователем. В качестве критериев используются типы достопримечательностей, например “музей”, “памятник”, “открытое пространство”, а также дополнительные категории, например, “цена посещения”.

Для типа DF используется дерево решений. Алгоритм классифицирует пользователя по его демографическим признакам. В зависимости от того, как оценивали определенную достопримечательность пользователи, также попавшие в полученный класс, алгоритм предсказывает оценку конкретного человека.

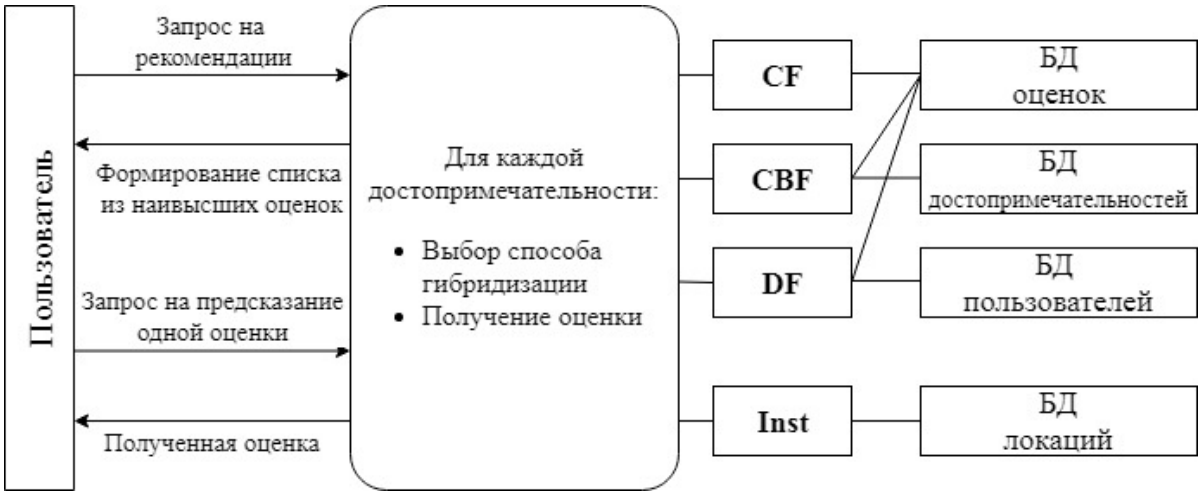


Рис. 1. Концептуальная модель системы

В качестве дополнительного фактора, влияющего на оценку, была выбрана карта локаций фотографий. Основным допущением в данном случае является то, что люди фотографируют те места в городе, которые им понравились. Соответственно, если взять фотографии с геолокацией и разместить их на карте города, то мы естественным образом получим карту туристических скоплений, то есть наиболее привлекательных для туристов мест в городе. Будем изменять оценку, полученную предыдущими способами при помощи коэффициента от 0 до 1, который будет уменьшаться, при увеличении расстояния от достопримечательности до “очагов туристической привлекательности”.

Для обеспечения данных алгоритмов необходимой информацией были сформированы два набора данных о достопримечательностях Санкт-Петербурга. Первый с сайта TripAdvisor при помощи парсера OctoParse (https://www.octoparse.com/). Перебирая

достопримечательности в городе Санкт-Петербурге и все отзывы к каждой из них, удалось получить данные, с помощью которых были сформированы таблицы пользователей, достопримечательностей и оценок. Второй из Instagram с помощью библиотеки на Python pyInstagram [5]. Просматривая фотографии по #spb, #питер и т.п. и сохраняя те, которые имели локацию, удалось получить набор данных с более чем 3200 уникальными записями, которые можно представить на карте в виде очагов туристических скоплений.

Концептуальная модель системы изображена на рис. 1.

Блок выбора используемых алгоритмов и их сочетаний изложен в табл. 1.

В случае, когда пользователь и предмет не новые, в формуле присутствуют коэффициенты *a*, *b* и *c*. Для их нахождения необходимо решить задачу оптимизации [4]:

$$\frac{\sum_{i=1}^{n}\left|r_i - r_{iR}\right|}{n} \to \min$$

$$a + b + c = 1,$$

$$a \geq 0,\ b \geq 0,\ c \geq 0.$$

Здесь r_i - это оценка, которую предсказывает алгоритм, а r_{iR} - реальная оценка, поставленная пользователем, n - общее количество оценок.

Таблица 1

		Достопримечательность	
		существующая	**новая**
Пользователь	**существующий**	$r_i = \left(a \cdot r_{CF} + b \cdot r_{CBF} + c \cdot r_{DF}\right) \cdot k$	$r_i = r_{CBF} \cdot k$
	новый	$r_i = r_{DF} \cdot k$	$r_i = 5 \cdot k$

Для этого разделим полученный набор данных из TripAdvisor на две части: обучающую и тестовую. Обучающую часть алгоритм будет использовать как исходные данные, а для тестовой части алгоритм попытается предсказать оценки. Необходимо минимизировать среднюю разницу между реальными и предсказанными оценками, постепенно изменяя коэффициенты. После решения данной задачи минимизации полученные коэффициенты можно будет использовать на реальном наборе данных.

Заключение

В статье были описаны различные типы рекомендательных систем, их сильные и слабые стороны, сформирована схема гибридизации.

Предложенный способ гибридизации позволяет эффективно использовать алгоритмы фильтрации и получать более точные оценки. Разработанная схема хорошо справляется с проблемой холодного старта и может быть использована для повышения эффективности при работе с большим объемом данных.

Список литературы

1. Francesco Ricci, Lior Rokach, Bracha Shapira, Paul B. Kantor Recommender Systems Handbook - Springer; 2011г - 842с;

2. Рекомендательные системы: постановка задачи. URL: https://habr.com/ru/company/surfingbird/blog/139022/ (дата обращения 02.04.2019);
3. Рекомендательные системы: SVD, часть I. URL: https://habr.com/ru/company/surfingbird/blog/139863/ (дата обращения 02.04.2019);
4. Kbaier, M. E. B. H., Masri, H., & Krichen, S. (2017). A Personalized Hybrid Tourism Recommender System. 2017 IEEE/ACS 14th International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA);
5. PyInstagram. URL: https://github.com/OlegYurchik/pyInstagram (дата обращения 15.03.2019);
6. Charu C. Aggarwal Recommender Systems: The Textbook - Springer; 2016г - 518с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ ЛИ ДРОБНОГО ПОРЯДКА

Р.С. Ларин, А.Г.Охота, Е.А.Родионова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Статья посвящена анализу динамики системы Ли дробного порядка с помощью бифуркационных диаграмм, используя при этом метод Грюнвальда-Летникова. Этот метод и бифуркационные диаграммы иллюстрируют различные режимы работы системы.

Ключевые слова: хаотические системы, бифуркационные диаграммы, дробно-интегральное исчисление

Введение

Теория дробных интегралов и производных известна с 1695 г. из работ Лейбница, однако серьезные исследования начали проводиться только в 1960 годах [1][2]. Такая проблема может быть связана с тем, что существуют множество разных определений дробных интегралов и производных.

В данный момент происходит множество исследований в этой области. Интерес к дробным дифференциальным уравнениям состоит в том, что они могут наиболее точно приблизить математическое моделирование к физическим процессам таким, как электромагнитные волны [3], механика жидкости, физика, химия и т.д. В этой работе исследуется гиперхаотическая система Ли [4], которая может менять свои режимы с гиперхаотического на хаотический и периодический при варьировании параметров системы.

Метод Грюнвальда-Летникова

Существует несколько методов численного интегрирования, которые можно использовать для моделирования систем дробного порядка. В этой работе мы использовали алгоритм, разработанный Петрасом [5]. Мы ищем численное решение для следующего уравнения:

$$\frac{d^q x}{dt^q} = f(x), \tag{1}$$

где q – порядок дифференциального уравнения и для простоты $x \in \Re$. Численное решение для (1) может быть получено как дискретное решение оригинального уравнения, как это делается для уравнений целого порядка.

Для начала, мы вычисляем биномиальные коэффициенты, используя следующее выражение:

$$c_j^{(q)} = \left(1 - \frac{1+q}{j}\right) c_{j-1}^{(q)}, j = 1, 2 \ldots N_h - 1,$$

где N_h количество итераций интегрирования с шагом h и $c_0^{(q)} = 1$. Дискретная версия (1) может быть записана в виде:

$$x_k = f(x_{k-1})h^q - \sum_{j=1}^{k-1} c_j^{(q)} x_{k-j}, k = 1, 2 \ldots N_h, \tag{2}$$

где x_0 - это начальное значение и для $k = 1$ сумма равна 0. Для долгих вычислений таких, как бифуркационные диаграммы, N_h может быть очень велико. Отметим, что (2) вычисляет сумму до $k-1$, которое линейно увеличивается.

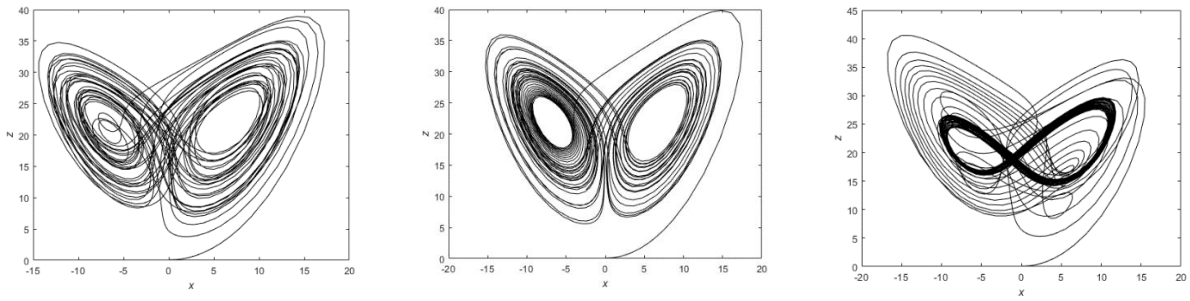
Биномиальный коэффициент $c_j^{(q)}$ имеет сходство с импульсным откликом, который затухает до 0 и сумма в (2) представляет собой свертку. Опираясь на предыдущие замечания, ради сокращения времени вычисления, суммирование следует заканчивать, как только выполняется следующее условие [6] $\left|c_j^{(q)} x_{k-j}\right| < 10^{-12}$. Такое ограничение существенно увеличивает производительность алгоритма.

Система Ли

В 2011 году Ли и др. представили новую гиперхаотическую систему, которая основывается на системе Лоренца. Новая система записывается, как

$$\begin{cases} \dfrac{d^{q_x} x}{dt} = a(y - x) \\ \dfrac{d^{q_y} y}{dt} = -xz + bx - cy + w \\ \dfrac{d^{q_z} z}{dt} = xy - dz \\ \dfrac{d^{q_w} w}{dt} = -ky - rw \end{cases} \tag{3}$$

где $q = (q_x, q_y, q_z, q_w)$ принимает значение $(1, 1, 1, 1)$ и (a, b, c, d, r) принимает значение $(12, 23, 1, 2.1, 0.2)$.



(а) *(б)* *(в)*

Рис.1 Хаотические аттракторы с разными режимами (а) k = 2.34 гиперхаотический (б) k = 0 хаотический (в) k = 17 периодический

Изменения параметра k дает разные режимы аттракторов, как показано на Рис. 1: когда $2.34 \le k < 8.04$, $12.64 \le k < 12.69$ или $12.79 \le k < 15.70$, эта система находится в гиперхаотическом режиме; если $0 \le k < 2.34$, $8.04 \le k < 8.12$, $12.69 \le k < 12.79$ или $15.70 \le k < 16.11$ система находится в хаотическом режиме и в случае $8.12 \le k < 12.46$ или $16.11 \le k \le 20$ находится в периодическом режиме [7].

Моделирование системы Ли дробного порядка

В предыдущем разделе было показано, что система меняет свои режимы в зависимости от выбранного параметра *k*.

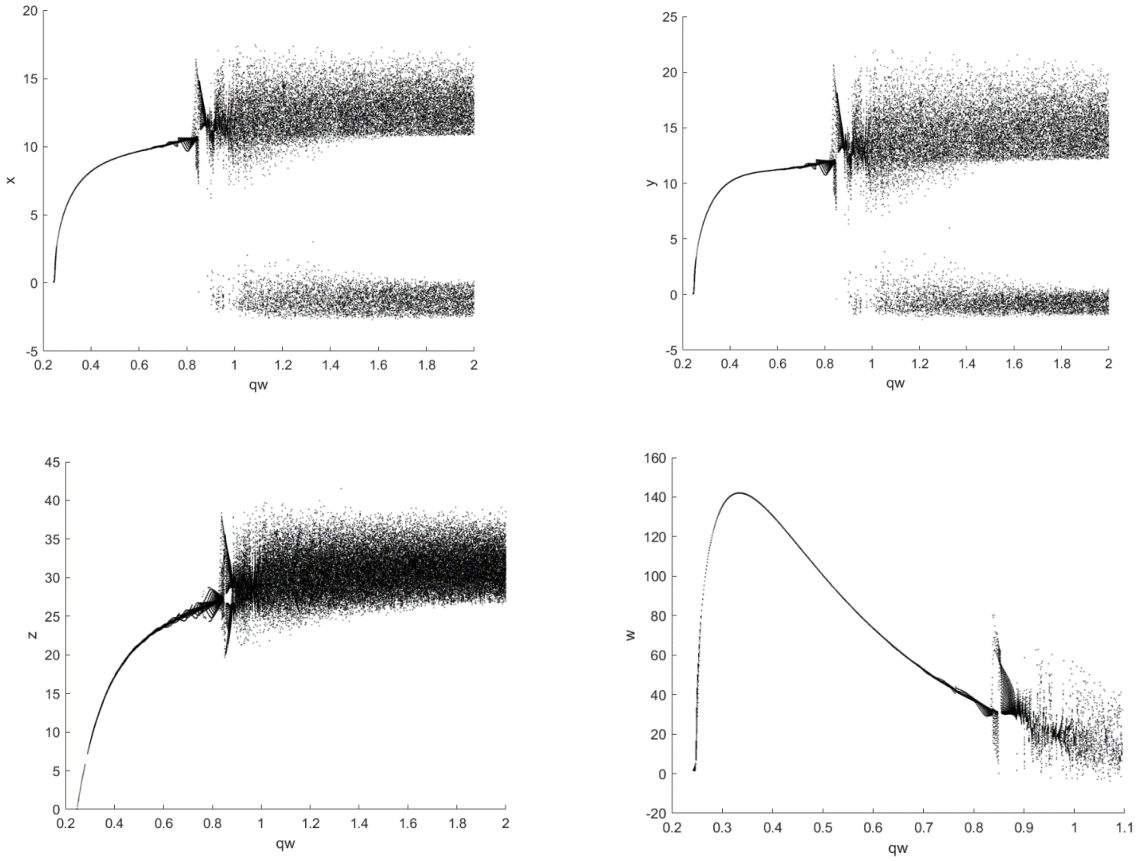
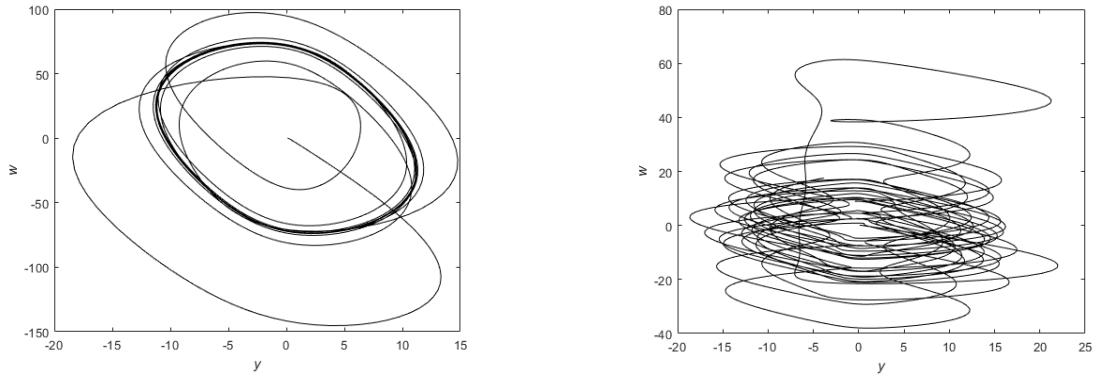


Рис. 2 Бифуркационные диаграммы по параметру q^w *для всех переменных системы*



(а) *(б)*

Рис. 3 YW проекции системы Ли при разных порядках интегрирования (а) $q^w = 0.6$ *(б)* $q^w = 1.1$

Существует такая же зависимость порядка интегрирования от q. На Рис. 2 представлены бифуркационные диаграммы для параметра q^w.

Остальные порядки интегрирования равны единице и параметры (a, b, c, d, k, r) принимают значения $(12, 23, 1, 2.1, 8, 0.2)$. На них виден переход от периодического режима к гиперхаотическому при $q^w = 0.83$.

На Рис. 3 приведены 2 одинаковых проекции системы (YW), для разных порядков интегрирования, которые показывают, как система меняет режим с периодического на гиперхаотический.

Выводы

Основная цель данной работы заключалась в том, чтобы исследовать гиперхаотическую систему Ли дробного порядка и выявить зависимость изменения режима от порядка интегрирования. Рассмотрен метод Грюнвальда-Летникова для моделирования исходной системы. В ходе работы было проведено несколько экспериментов. В ходе первого эксперимента была показана зависимость режимов аттрактора системы от параметра k, путем построения аттракторов с разными значениями переменной. Во втором эксперименте, используя метод Грюнвальда-Летникова, были построены бифуркационные диаграммы для демонстрации смены хаотического режима. В результате этой работы было доказано, что система меняет свои режимы не только при изменении параметров, но и при варьировании порядка интегрирования.

Список литературы

1. T.T. Hartley, C.F. Lorenzo, and H.K. Qammer, “Chaos in a fractional order Chua’s system,” IEEE Trans. Circuits Syst. I, Fundam. Theory Appl., vol. 42, no. 8, pp. 485–490, Aug. 1995;
2. C.G. Li and G. R. Chen, “Chaos and hyperchaos in the fractional-order Rossler equations,” Physica A, vol. 341, pp. 55–61, Oct. 2004;
3. O. Heaviside, Electromagnetic Theory. New York, NY, USA:Chelsea, 1971;
4. Y. Li, X. Liu, G. Chen, X. Liao, A new hyperchaotic Lorenz-type system: Generation, analysis, and implementation, Int. J. Circuit Theory App., 39(8):865–879, 2011;
5. I. Petras, Stability of fractional-order systems with rational orders: a survey, Fractional Calculus & Applied Analysis, 12 (3), 269-298, 2009;
6. A. Algaba, F. Fern´andez-Sanchez, M. Merino and A. J. Rodr´guez-Luis, Centers on center manifolds in the Lorenz, Chen and Lu systems, Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, Vol. 19 (4), pp. 772775, 2014;
7. Lassoued, A.; Boubaker, O. On new chaotic and hyperchaotic systems: A literature survey. Nonlinear Anal. Model. Control 2017, 21, 770–789.

МЕТОДИКА СААТИ ДЛЯ ВЫБОРА ВИДЕОКАРТЫ

Д.В. Легостаев, Л.А. Шумилов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В отечественной и зарубежной литературе отсутствуют примеры использования методики Саати для выбора электронных компонент. Особенности такого выбора в работе демонстрируются для электронного изделия – видеокарты.

Ключевые слова: теория принятия решений, метод анализа иерархий, видеокарта.

В состав видеокарты (также видеоплата, видеоадаптер, видеоускоритель, GPU) могут входить собственные процессор, память и система охлаждения.

Цены на видеокарты могут изменяться от 500 рублей на б/у рынке за слабые устаревшие модели, и до 150 тыс. рублей и выше за профессиональные решения. Определяющими факторами выбора являются: производительность, объем видеопамяти, ее пропускная способность, система охлаждения, тепловыделение(TDP), количество фаз питания. Использование методики Саати начинается с формирования цели, критериев, и альтернатив. Цель определена – выбор видеокарты. Далее – критерии.

Критерий 1 – производительность видеокарты. Производительностью видеокарты будем считать результат бенчмарка исследуемой видеокарты, однако реальность такова, что различных исполнений видеокарт с одним чипом много, все они имеют разную частоту и обычно каждую такую видеокарту в бенчмарке не тестируют. Но у каждого современного чипа существует эталонная(reference) видеокарта, поэтому для вычисления производительности будем использовать результаты бенчмарка этих эталонных видеокарт с одного ресурса. Формула вычисления производительности: $B_x = B_r / F_r * F_x$, где B_x – теоретическая производительность исследуемой видеокарты, B_r – производительность эталонной видеокарты, F_r – частота эталонной видеокарты, F_x – частота исследуемой видеокарты.

Критерий 2 – объем видеопамяти – C**.** Напрямую на производительность объем видеопамяти не влияет. Если две видеокарты имеют объем видеопамяти больше, чем требует программа, то между ними разницы в производительности не будет при прочих равных. Однако если программа будет требовать больше, чем имеется, то это серьезно ударит по производительности видеокарты и будет ограничивающим фактором.

В основном от объема видеопамяти зависит то, на сколько долго вы сможете комфортно пользоваться видеокартой, так как с каждым годом производительность чипа и требования к нему увеличиваются не такими быстрыми темпами, как объем видеопамяти и требования к ней.

Критерий 3 – пропускная способность памяти. Видеокарты, актуальные на момент исследования, имеют только 5 типов памяти, GDDR5, GDDR5X, GDDR6, HBM, HBM2, для которых свойственна разная частота, которую мы и будем учитывать. Разрядность шины может быть от 128 до 4096 бит. Пропускная способность вычисляется по формуле: $B_m = F_m * W$, где B_m – пропускная способность памяти исследуемой видеокарты, F_m – частота памяти исследуемой видеокарты, W – разрядность шины исследуемой видеокарты.

Критерий 4 – эффективность системы охлаждения. Основные различия систем охлаждения – количество вентиляторов, их размер, эффективность радиатора, количество теплотрубок. Систему охлаждения нужно рассматривать в совокупности с тепловыделением графического чипа, так как при малом тепловыделении чипа, мощная система охлаждения видеокарты будет попросту лишней тратой денег.

Ввиду сложности получения данных о тепловыделении, будем считать, что тепловыделение = энергопотребление.

Из-за нескольких неоднозначных параметров системы охлаждения, она будет выбираться через Матрицу Парных Сравнений (МПС). Функция полезности f будет учитывать эффективность радиатора (будет также определена через МПС), воздушный

поток вентиляторов F, количество теплотрубок. Формула вычисления воздушного потока: $F = \sum H_i$, где F – воздушный поток, H_i – размер *i*-го вентилятора видеокарты.

Формула вычисления эффективности системы охлаждения: $E_s = f / T$, где E_s – эффективность системы охлаждения видеокарты, f – функция полезности системы охлаждения по МАИ, T – TDP исследуемой видеокарты.

Критерий 5 – эффективность подсистемы питания. От количества фаз питания зависит разгонный потенциал чипа и видеопамяти, отказоустойчивость подсистемы питания. Количество фаз питания нужно рассматривать в совокупности с энергопотреблением чипа. Эффективность вычисляется по формуле: $E_p = N / P$, где E_p – эффективность подсистемы питания видеокарты, N – количество фаз питания видеокарты, P – энергопотребление видеокарты.

Таблица 1

Основные данные выбранных альтернатив

№	Название	Графический чип	Цена, ₽
1	Evga GTX 1070 SC Gaming Black Edition 8 GB OC	GP104-200	27489
2	Gigabyte GTX 1070Ti Gaming 8 GB OC	GP104-300	29471
3	Palit GTX 1080 Dual 8 GB	GP104-400	35799
4	Sapphire RX Vega 56 Nitro+ 8 GB OC	Vega 10 XL	34458
5	Asus ROG Strix RX Vega 64 OC Gaming 8 GB	Vega 10 XT	33883
6	MSI RTX 2070 Armor 8 GB	TU106-400A	37015

Таблица 2

Значения Критериев 1, 2 и 3

№	F_x, МГц	F_r, МГц	B_r, у.е.	B_x, у.е.	C, Гб	F_m, МГц	W, бит	B_m, 10^3 у.е.
1	1594	1683	11243	10648	8	8008	256	2050
2	1683	1683	12217	12217	8	8008	256	2050
3	1759	1733	12353	12538	8	10000	256	2560
4	1512	1471	11431	11749	8	1600	2048	3277
5	1590	1546	11919	12258	8	1890	2048	3871
6	1740	1620	14317	15377	8	14000	256	3584

Альтернативы выбора формируются в соответствии с актуальным рынком видеокарт и бюджетом покупателя. В настоящей работе для примера будет использован high-end сегмент видеокарт (от 25 до 45 тысяч рублей), по одной модели с каждым доступным за эти деньги графическим чипом разных компаний-вендоров, представленных в таблице 1.

Цена на видеокарту Palit была взята отдельно из интернет-магазина DNS. Цены на остальные видеокарты были взяты из интернет-магазина computeruniverse. Вычисление значений критериев и выявление лучшей альтернативы представлены в таблице 2.

Таблица 3

Значения Критериев 4 и 5

№	f	T, Вт	E_s, 10^{-6} у.е.	N	P, Вт	E_p, 10^{-3} у.е.
1	0,124	150	827	5	150	33,3
2	0,138	180	738	8	180	44,4
3	0,118	180	657	5	180	27,8
4	0,225	210	1070	15	210	71,4
5	0,208	295	706	13	295	44,1
6	0,192	175	1100	8	175	45,7

Таблица 4

МПС и СВ критериев выбора видеокарты

№	1	2	3	4	5	СВ
1	1	3	3	1	5	0,344
2	1/3	1	1	1/3	3	0,129
3	1/3	1	1	1/3	3	0,129
4	1	3	3	1	5	0,344
5	1/5	1/3	1/3	1/5	1	0,055

Таблица 5

Результирующая таблица

№	1	2	3	4	5	f	Цена	Отношение
1	0,142	0,167	0,118	0,162	0,125	0,148	0,139	1,069
2	0,163	0,167	0,118	0,145	0,167	0,152	0,149	1,020
3	0,168	0,167	0,148	0,129	0,104	0,148	0,180	0,820
4	0,157	0,167	0,189	0,210	0,268	0,187	0,174	1,073
5	0,164	0,167	0,223	0,139	0,165	0,163	0,171	0,954
6	0,206	0,167	0,206	0,216	0,171	0,202	0,187	1,082

Результаты исследования: Методика Саати позволила продемонстрировать, что наилучшей по критерию цена/качество является модель MSI RTX 2070 Armor 8 GB, впрочем, остальные модели не очень сильно отличаются от лидера.

Список литературы

1. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. - М.: Радио и связь, 1993. -278 с.

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС МАЛОГАБАРИТНОГО ПОДВОДНОГО РОБОТА

Нгуен Динь Хань, Фам Ван Туан, Нгуен Ван Лань

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В докладе рассматриваются задачи проектирования и реализации системы управления малым подводным роботом, предназначенным для поиска и мониторинга. Предложены структуры алгоритмического и программного обеспечения системы удаленного управления роботом. Приведены экраны приложения с результатами натурных испытаний подводного робота.

Ключевые слова: подводный робот; инерциально-измерительный модуль; фильтр Калмана; удаленное управление роботом.

Введение

За последние 20 лет с широко развитием в мире схемотехники, играющей важную роль в области морских технологий, было создано много малых подводных роботов (МПР) для решения широкого круга задач. Эти роботы уже продемонстрировали свою эффективность при выполнении аварийно-спасательных, обзорно-поисковых, научно-исследовательских и других видов работ. Малогабаритный подводный робот - это подводный робот, управляемый оператором с борта судна. Робот, как правило, связан с судном кабелем, через который на робот поступают электропитание и сигналы управления, а обратно передаются показания датчиков и видеосигналы. Необходимость и эффективность использования МПР для выполнения широкого спектра подводных работ не вызывает сомнения. Но динамика развития этого направления во многом обусловлена современными электронными технологиями. Поэтому рассмотрим состояние и общие тенденции применения робототехнических средств для построения современных МПР.

Главными исполнительными механизмами МПР являются бесколлекторные двигатели постоянного тока (BLDC). Неоспоримыми преимуществами вентильного двигателя являются широкий диапазон в изменении частоты вращения и лёгкость в его регулировании, энергетические показатели невероятно высоки – КПД составляет более 90%. т.д. Использование малогабаритного инерциально-измерительного модуля позволяет уменьшить массогабаритные характеристики МПР. При этом особую роль играет выбор алгоритма обработки информации и механизма передачи и приема данных робота и оператора.

Состав малого подводного робота

МПР можно представить, как сложный объект автоматического управления, который состоит из следующих элементов [1]: корпус МПР как твердое тело, движущееся в воде; движительно-рулевая система: информационная (сенсорная) система; система управления движением; коммуникационная система.

В статье рассматривается задача построения программно-аппаратного комплекса для робота, представленного на рисунке 1. Архитектура МПР как управляемого морского подвижного объекта приведена на рисунке 2.

В состав движительно-рулевой системы входят исполнительные механизмы МПР, с помощью которых он выполняет управляемое движение в воде. Обычно это гребные электродвигатели с их силовыми полупроводниковыми преобразователями энергии и гребные винты.

Элементы информационной системы – датчики обратной связи о текущих параметрах механизмов движительно-рулевой системы, информации о пространственных характеристиках МПР и сенсоры для измерения параметров внешней среды. К группе сенсоров относятся датчики угловой скорости вращения гребных винтов, скорости двигателя, датчики углов курса, крена и дифферента, датчики глубины и гидростатического давления МПР над грунтом и др.

В составе системы управления выделяют аппаратное обеспечение – компьютеры и микроконтроллеры, электронные преобразователи цифровой и аналоговой информации; и программное обеспечение, решающее задачи обработки информации и управления механизмами движительно-рулевой системы в реальном времени. Внутренний интерфейс связи между системами МПР и внешний интерфейс связи МПР с оператором и другим внешним оборудованием обеспечивает коммуникационная система

Рис. 1. Малый подводный робот

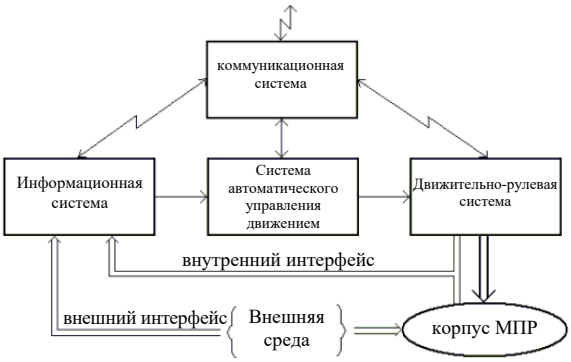


Рис. 2. Архитектура МПР

Функциональная схема малогабаритного подводного робота

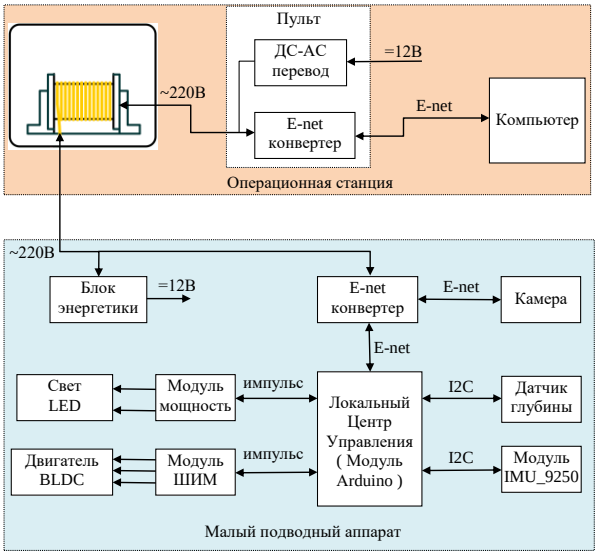


Рис. 3. Функциональная схема МПР

Функциональная схема МПР, приведенная на рисунке 3, учитывает требуемый выбор систем, необходимых для реализации перечисленных сценариев работы с наименьшим размером.

В качестве сенсоров пространственного движения на МПР применяются: системы гироскопического и магнитного указания курса; датчики глубины гидроакустического и гидростатического типа; сенсоры скорости движения. Вспомогательным источником информации от МПР служит видеосистема реального времени. На рисунке 4 показана схема информационного взаимодействия аппарата и оператора.

Для связи робота с блоком управления используется технология совмещенного силового и информационного кабеля. Это своеобразная альтернатива обычным оптоволоконным сетям, которая не потребует даже наличие роутера, все полностью будет реализовано посредством простой передачи тока через источник питания или обычную бытовую сеть. Главным достоинством такой передачи данных является бесперебойный перенос потоковой информации без какого-либо торможения, в отличие от кабельных проводных сетей.

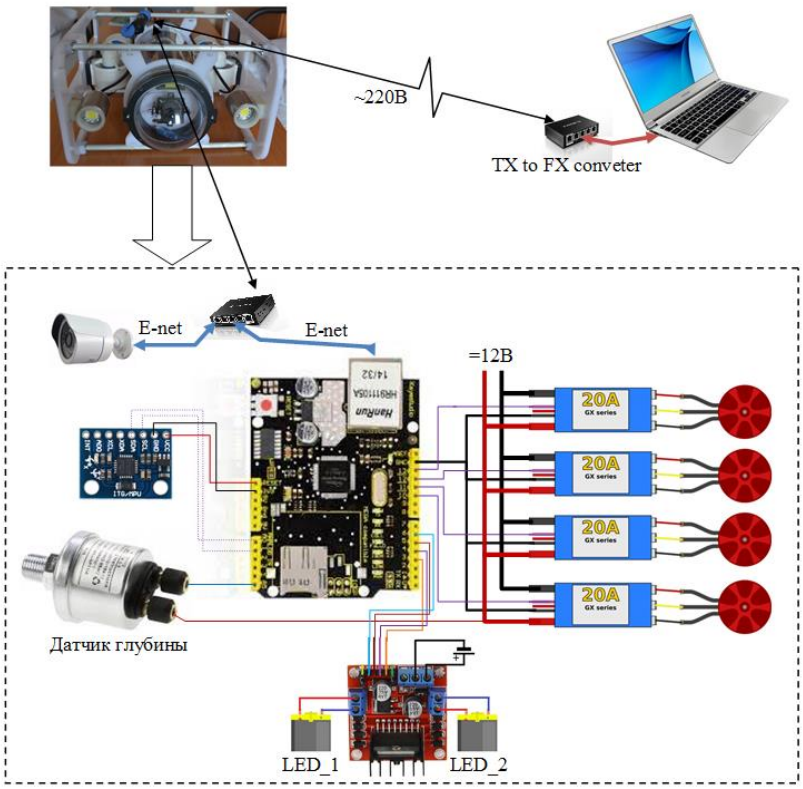


Рис. 4. Схема внутреннего малого подводного аппарата

Программное обеспечение комплекса управления МПР

Программное обеспечение комплекса управления МПР написано на основе компилятора (Arduino), у которого есть библиотеки интерфейса с датчиками (модуль MPU9250, датчик давления...) с компьютером по интерфейсу Modbus и библиотека управляемой команды двигателями, например, библиотеки «Wire.h», «SPI.h», «Ethernet.h». Для написания программы использован язык C++. Поэтому удобно написание программы управления МПР. Программа разделяется на 4 модуля (чтение текущего состояния МПР, передача и прием данных с операционной станции, фильтр Калмана и нечеткий регулятор). Установка программы в модуле Arduino удобно осуществляется по USB кабелю. Можно корректировать программу непосредственно в процессе работы робота.

На рис. 5 представлены результаты управления глубиной погружения робота. Эти результаты, в основном не отличаются от результатов оделированния [2, 3]. На основе результатов испытаний показано успешное применение алгоритмов фильтра Калмана и нечеткого регулятора в МПР. Оператор может управлять роботом с компьютера или ноутбука.

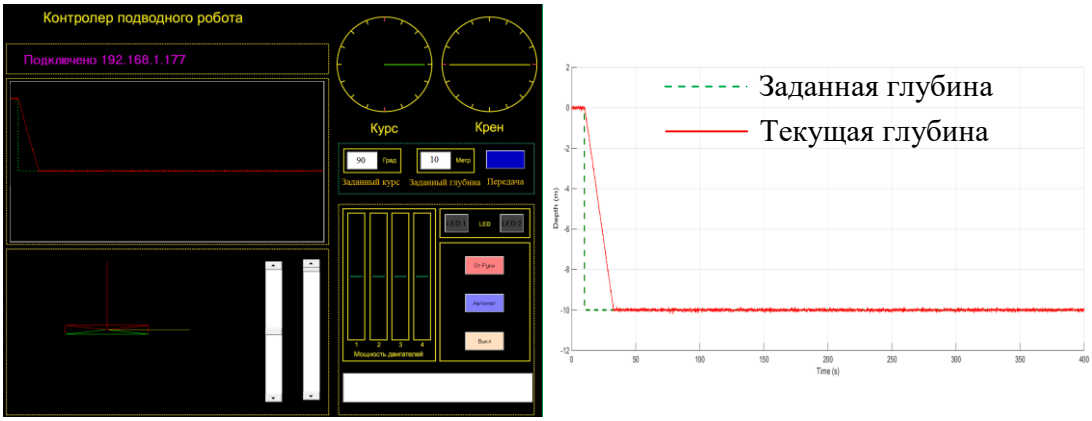


Рис.5. Экран операционной станции

Таким образом, современные системы управления движением МПР строятся, как правило, как многоканальные, причем каждый канал (тракт) обеспечивает управление отдельным параметром пространственного движения – глубиной, курсом, креном [4].

Список литературы

1. Тимофеев А.В. Управление роботами. – Л.: Издательство ЛГУ, 1985. – 217 с;
2. A.G. Shpektorov and Pham Van Tuan, "Comparison between methods for construction of the Kalman filter for inertial measurement module," 2017 XX IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), St. Petersburg, 2017, pp. 67-69;
3. T.V. Pham and A. G. Shpektorov, "Comparative analysis of fuzzy regulators for controlling the movement of an autonomous underwater vehicle," 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), Moscow, 2018, pp. 954-957;
4. Лукомский Ю.А., Пешехонов В.Г., Скороходов Д.А. Навигация и управление движением судов. Учебник. – СПб.: «Элмор», 2002. – 360 с.

СРАВНЕНИЯ СВОЙСТВ ЯВНЫХ И НЕЯВНЫХ МНОГОШАГОВЫХ АЛГОРИТМОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.Г. Охота, Р.С. Ларин, Е.А. Родионова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной статье приводится результат сравнения свойств многошаговых методов численного интегрирования Адамса-Башфорта и Адамса-Мултона 5-го порядка алгебраической точности. Сравнение проводится на линейной сходящейся системе 3-го порядка, а также на динамической системе Рёсслера.

Ключевые слова: многошаговые методы, численное моделирование, линейная система, динамическая система.

Введение

Многошаговые методы являются потенциально более эффективными, чем одношаговые методы за счёт меньшего количества обращений к функции правой части. Данная статья направлена на сравнение достигаемой точности многошаговых методов одного порядка алгебраической точности в одинаковых условиях.

Для многошагового метода k-го порядка необходимо использовать k точек с предыдущих итераций метода. В этом проявляется проблема многошаговых методов - необходимость в наличии k точек на первой итерации метода.

Данная проблема решается за счет использования разгонного метода, который должен иметь порядок точности не меньше, чем у основного многошагового метода [0].

Использование в качестве разгонного метода Дормана-Принца (DOPRI) [2] позволяет достичь необходимой точности для первых k точек на первой итерации основного многошагового метода как для линейной системы 3x3, так и для динамической системы Рёсслера.

Описание метода Адамса-Башфорта

Расчётная формула явного многошагового метода Адамса имеет следующий вид:

$$y_{n+1} = y_n + h\sum_{l=0}^{k} \alpha_l f(x_{n-l}, t_{n-l}), \tag{1}$$

где α – коэффициенты явного метода.

Коэффициенты для метода Адамса-Башфорта 5-го порядка приведены в Таблица 1

Таблица 1

k	α_0	α_1	α_2	α_3	α_4
5	1901	-2774	2616	-1275	251

Подставив эти коэффициенты в формулу (1), получим формулу Адамса-Башфорта 5-го порядка.

Описание метода Адамса-Мултон

Расчётная формула неявного многошагового метода Адамса имеет следующий вид:

$$y_{n+1} = y_n + h\sum_{l=-1}^{k-1} \beta_l f(x_{n-l}, y_{n-l}), \tag{2}$$

где β – коэффициенты неявного метода.

Коэффициенты для метода Адамса-Мултона 5-го порядка приведены в Таблица 2

Таблица 2

k	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4
5	251	646	-264	-106	-19

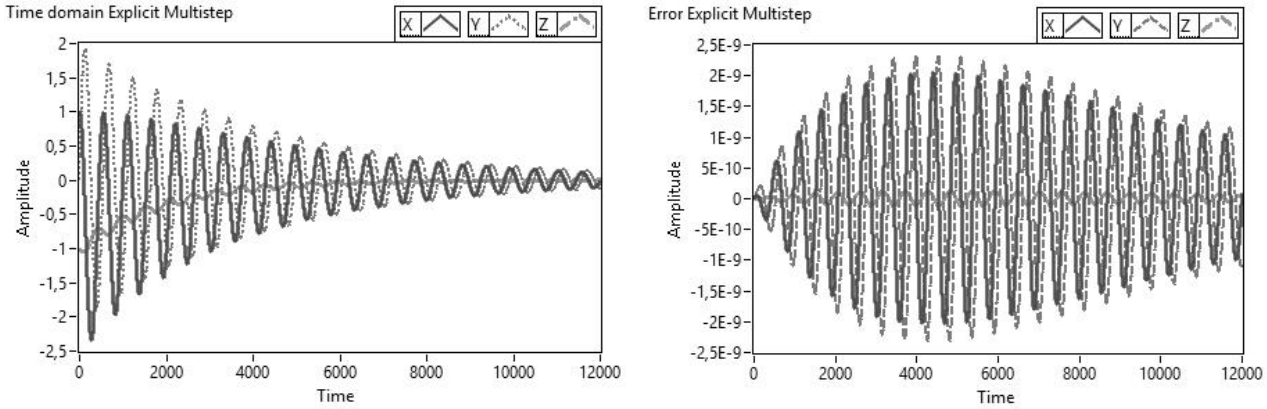
Подставив эти коэффициенты в формулу (2), получим формулу Адамса-Мултона 5-го порядка.

Результаты эксперименты

Проведём моделирование линейной системы (3) с начальными условиями (1, 0, -1) и шагом интегрирования $h = 0.01$.

$$\begin{cases} \dot{x} = -y \\ \dot{y} = 1.3x - 0.1y - z \\ \dot{z} = -0.07x + 0.002z \end{cases} \quad (3)$$

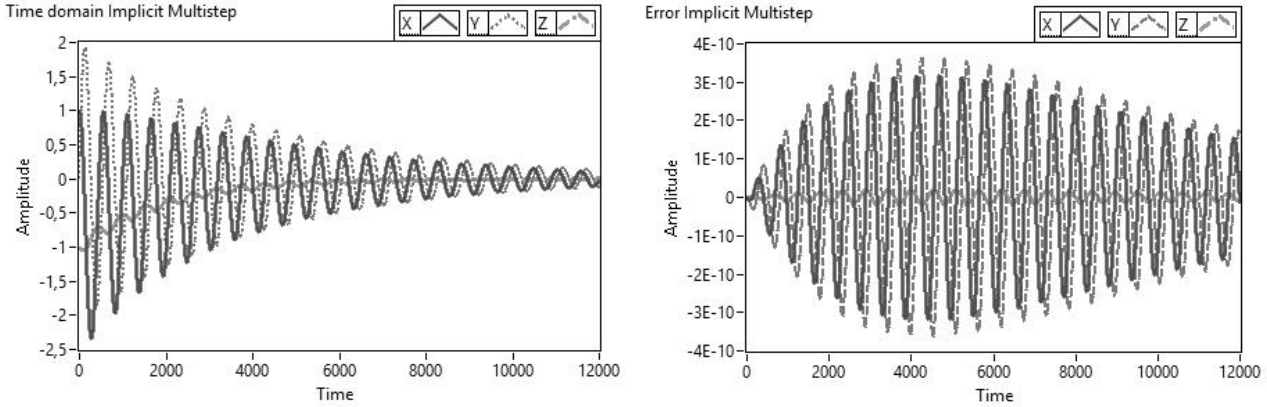
Значения координат точек во временной области линейной системы и график ошибки метода Адамса-Башфорта показаны на Рис. 1.



а) График временной области системы *б) График погрешности метода*

Рис. 1. Результат моделирования линейной системы явным методом

Значения координат точек во временной области линейной системы и график ошибки метода Адамса-Мултона показаны на Рис. 2.



а) График временной области системы *б) График погрешности метода*

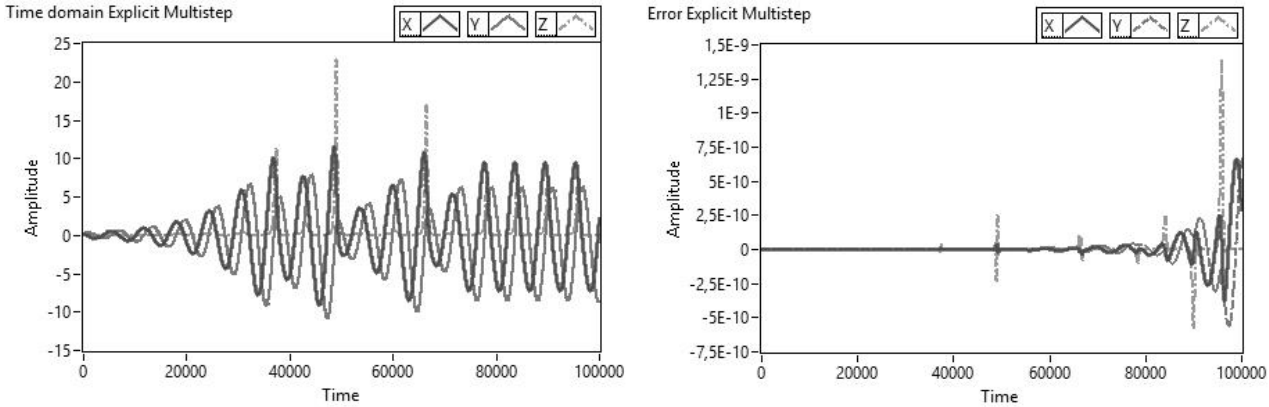
Рис. 2. Результат моделирования линейной системы неявным методом

Многошаговые методы Адамса при решении линейной системы дают результат с очень малой погрешностью при небольшом шаге, причём для одинакового значения шага *h* неявный метод показывает на порядок меньшую погрешность.

Для моделирования динамической системы Рёсслера (4) с параметрами *a = 0.2, b = 0.2, z = 5.7 (хаотический режим)* возьмём начальные условия (0.1, 0.1, 0.1) и шаг интегрирования *h=0.001*.

$$\begin{cases} \dot{x} = -y - z \\ \dot{y} = x + ay \\ \dot{z} = b + z(x - c) \end{cases} \tag{4}$$

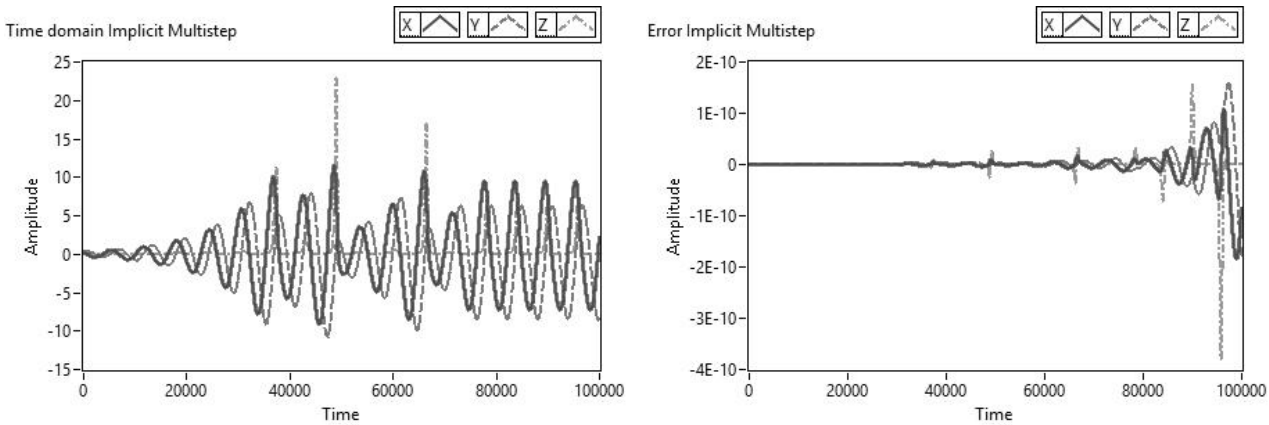
Значения координат точек во временной области динамической системы и график ошибки метода Адамса-Башфорта показаны на Рис. 3.



а) График временной области системы *б) График погрешности метода*

Рис. 3. Результат моделирования динамической системы явным методом

Поведение динамической системы во временной области и график погрешности метода Адамса-Мултона показаны на Рис. 4.



а) График временной области системы *б) График погрешности метода*

Рис. 4. Результат моделирования динамической системы неявным методом

Для нелинейной системы многошаговые методы Адамса также дают решение с малой погрешностью вычислений. Метод Адамса-Мултона показывает на порядок меньшую погрешность, чем явный метод Адамса.

Вывод

Исходя из результатов моделирования линейной и динамической систем, при одинаковом значении шага интегрирования, явный метод Адамса даёт численное решение системы с малой погрешностью, но уступает неявному методу Адамса в алгебраической точности.

Список литературы

1. Shampine, L. F. (1986). Some Practical Runge-Kutta Formulas. Mathematics of Computation, 46(173), 135.doi:10.2307/2008219;
2. Хайрер Э., Нёрсетт С., Ваннер Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Нежёсткие задачи / пер. с англ. М.: Мир, 1990. 512 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТ ХАОТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДАДРАСА

Е.А. Родионова, Р.С. Ларин, А.Г. Охота

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Данная статья посвящена анализу и изучению свойств автономной хаотической нелинейной системы Дадраса. При моделировании системы были использованы методы численного интегрирования второго порядка, с их помощью были построены бифуркационные диаграммы и ляпуновский спектр. Исходя из проведенных экспериментов, были получены данные о режимах работы системы в зависимости от значений её параметров.

Ключевые слова: хаотическая система, бифуркационные диаграммы, ляпуновский спектр

Введение

При изучении сложного поведения обычный подход типа аналитических вычислений индивидуальных траекторий дифференциальных уравнений не работает. В настоящее время существуют другие методы анализа хаотических систем, например бифуркационные диаграммы и ляпуновкий спектр.

В течение многих лет почти все зарегистрированные хаотические системы представляют собой системы с двухкрылыми хаотическими аттракторами [1-2]. Но в последнее десятилетие исследования более сложных хаотических систем были направлены на поиск хаотических систем с несколькими крыльями.

В 2012 году Дадрас предложил новую четырехмерную гладкую автономную гиперхаотическую нелинейную систему [3], которая может генерировать хаотический четырехкрылый аттрактор и имеет только 1 точку равновесия, расположенную в центре аттрактора.

Исследование системы

Исследуемая система Дадраса имеет вид:

$$\begin{cases} x' = ax - yz + w, \\ y' = xz - by, \\ z' = xy - cz + xw, \\ w' = -y. \end{cases}$$

При значениях параметров (a, b ,c) = (8, 40, 49) система демонстрирует хаотический режим.

Исследование режимов хаотической системы проводилось с помощью построения бифуркационных диаграмм и одномерных диаграмм ляпуновского спектра по каждому параметру системы.

Бифуркационные диаграммы демонстрируют смену режимов работы системы (равновесных состояний, стационарных точек и т.п.) при изменении значения бифуркационного параметра.

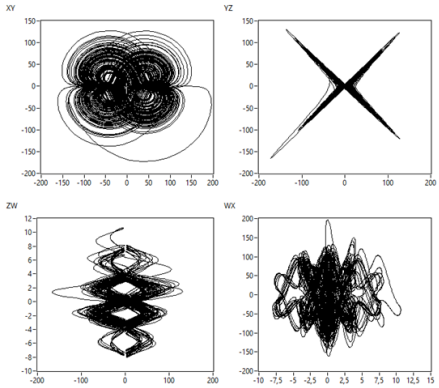


Рис. 1. Аттрактор системы Дадраса

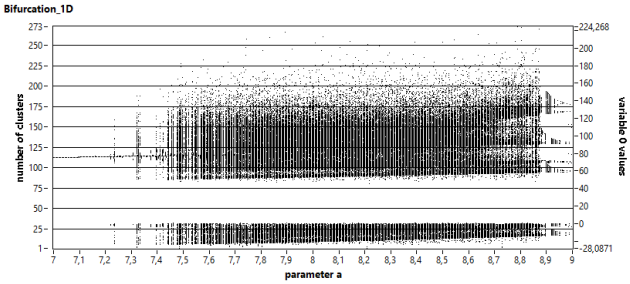


Рис. 2. Бифуркационная диаграмма для параметра a

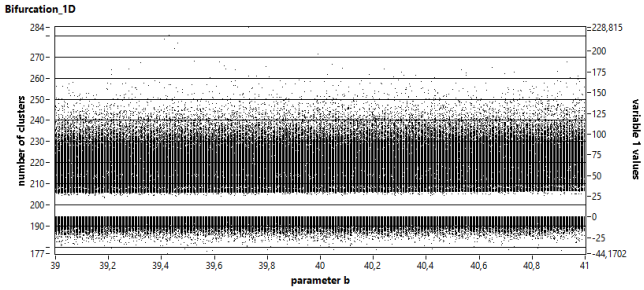


Рис. 3. Бифуркационная диаграмма для параметра b

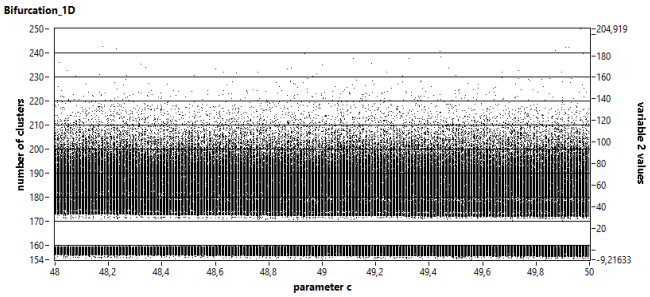


Рис. 4. Бифуркационная диаграмма для параметра c

Основываясь на данных о значениях ляпуновских экспонент, можно судить о том, является ли система хаотической. Если в ляпуновском спектре хотя бы одна из экспонент положительна, система считается хаотической.

Из бифуркационных диаграмм и ляпуновского спектра видно, что на всем исследуемом интервале сохраняется один режим – хаотический.

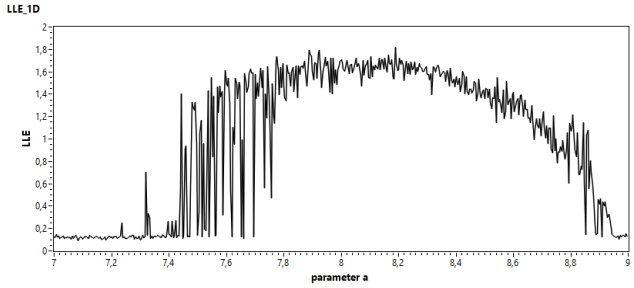


Рис. 5. Ляпуновский спектр для параметра a

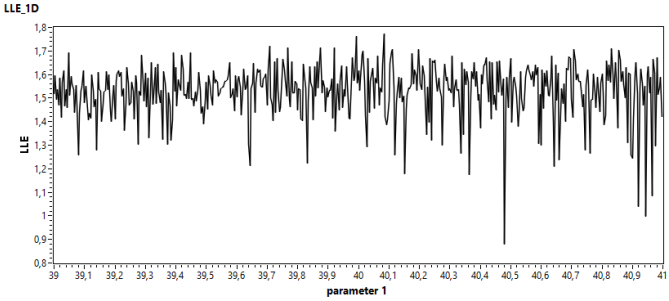


Рис. 6. Ляпуновский спектр для параметра b

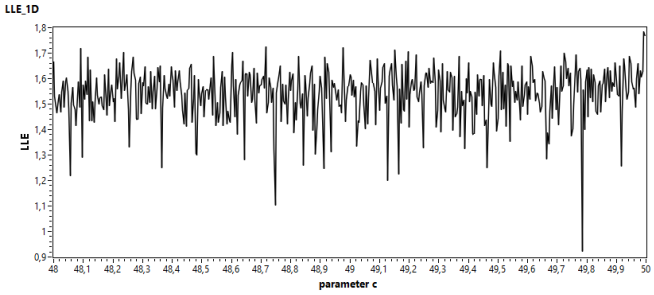


Рис. 7. Ляпуновский спектр для параметра c

Список литературы

1. Chen, G., Ueta, T.: Yet another chaotic attractor;
2. Liu, C., Liu, L.: A new three-dimensional autonomouschaotic oscillation system;
3. S.Dadras,H.R.Momeni,G.Qi,andZ.-l.Wang, Four-wing hyperchaotic attractor generated from a new 4D system with one equilibrium and its fractional-order form.

РАЗРАБОТКА ИГРОВОГО ПРИЛОЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДВИЖКА UNITY3D С ЭЛЕМЕНТАМИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

В.С. Селезнёв, В.В. Широков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной статье идёт речь о дополненной реальности и процессе создания мобильного приложения с дополненной реальностью, созданного с помощью игрового движка Unity3D и SDK Vuforia.

Ключевые слова: дополненная реальность, мобильное приложение, Unity3D, игровое приложение, Vuforia.

Под дополненной реальностью (augmented reality, AR) понимается наложение на реальное окружение виртуального контента. Для использования дополненной реальности лучше всего подходят мобильные устройства с камерой – смартфоны и планшетные ПК. Камера устройства фиксирует живой поток окружающего мира, а затем система компьютерного зрения пытается получить трёхмерную модель пространства и отобразить виртуальные объекты таким образом, чтобы максимально вписывались в визуальное представление зафиксированной реальности. Этот процесс называется трекингом (tracking).

Трекинг бывает двух видов: маркерный и безмаркерный. При маркерном трекинге в реальном мире должен быть конкретный физический объект, который может быть «захвачен» камерой устройства. При безмаркерном трекинге объект для связности виртуального контента и реального окружения заранее неизвестен. Но вместо него используются алгоритмы для компьютерного зрения, которые учат распознавать, к примеру текст, цвета или лица [1].

На данный момент AR начинает широко использоваться в образовании, медицине и других отраслях человеческой деятельности. Неограниченные возможности будет предоставлять AR и в игровых приложениях. В данной работе рассматривается применение технологии AR в игровом приложении «Морской Бой». Использование технологии AR в данном игровом приложении позволит существенно улучшить визуальное представление игры, что привлечет к ней дополнительный интерес.

Выбор инструментов разработки

Целевая платформа приложения – мобильные устройства, работающие на ОС iOS. Между игровыми движками Unity3D и Unreal Engine был выбран Unity3D. Это обусловлено тем, что Unreal Engine для работы с дополненной реальностью использует фреймворк Apple ARKit. Дело в том, что приложения, созданные с использованием этого фреймворка могут запускаться только на устройствах, вышедших после Apple iPhone X и имеющих версию iOS больше 12.0.

Кроссплатформенный движок Unity3D для работы с дополненной реальностью использует фреймворк Vuforia SDK. Использование Unity3D вместе с Vuforia SDK позволяет создавать AR-приложения одновременно для устройств на iOS и Android, в то время как использование Unreal Engine вынуждает разработчика использовать разные фреймворки для разработки AR-приложений для этих ОС. Для Android – ARCore, для iOS – ARKit.

Создание маркера

Vuforia – движок, который использует маркерный трекинг в AR. Маркеры должны обладать определённой особенностью: они должны иметь точки визуального контраста. Именно по таким точкам будут ориентироваться алгоритмы компьютерного зрения при добавлении виртуального контента на сцену.

При загрузке маркера, Vuforia сама оценит количество точек визуального контраста [2]. На рисунке 1 показана оценка двух маркеров с достаточным и недостаточным количеством точек контраста.

AR-сцена

При подключении к проекту Unity3D фреймворка Vuforia, на текущей сцене появляются объекты этого фреймворка: ARCamera и ImageTarget.

Все объекты, которые являются дочерними для ImageTarget, будут появляться на сцене только тогда, когда метка ImageTarget будет распознана устройством через камеру, которую на сцене имитирует ARCamera (см. рисунок 2).

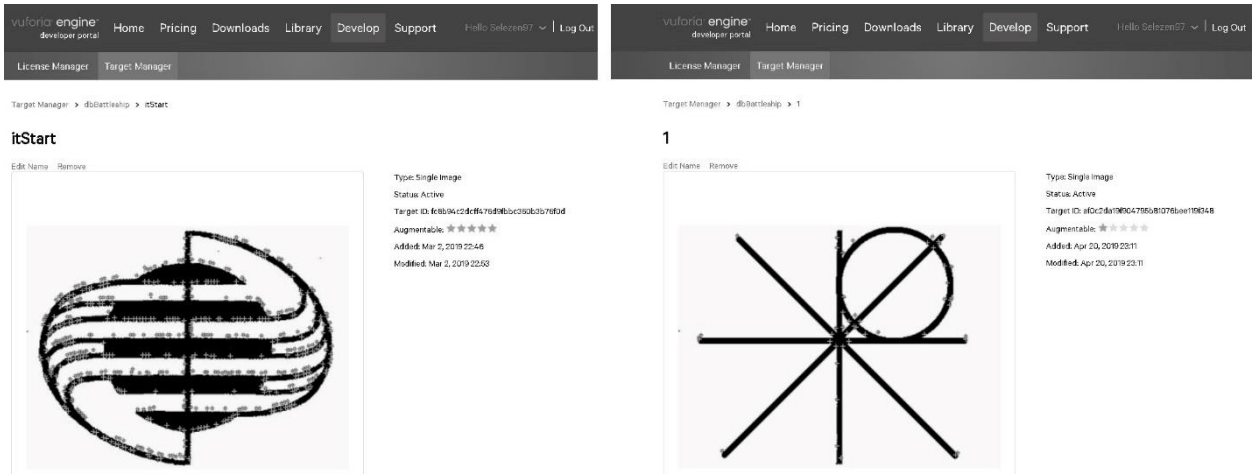


Рис. 1. Разная оценка «Augmentable» у двух маркеров

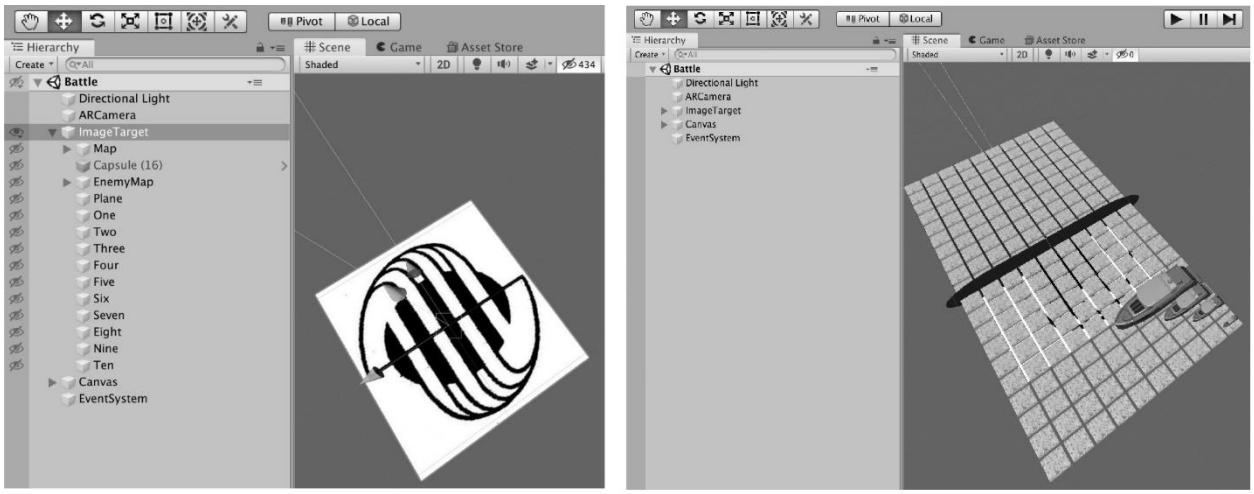


Рис. 2. Дочерние объекты ImageTarget появятся на сцене только при наведении камеры

Вся дальнейшая разработка ARприложения не отличается от обычных приложений, за исключением того, что все объекты сцены должны быть дочерними объектами ImageTarget.

В заключении следует отметить, что использование элементов AR в игровом приложении «Морской бой» повысило визуальную привлекательность игры и может привлечь к ней дополнительный интерес пользователей. Это повысит коммерческую привлекательность проекта.

Список литературы

1. Cushnan D., EI Habbak H. Developing AR Games for iOS and Android, 2013, pp.5 – 9;
2. AR-разработчик. Онлайн-курс по дополненной реальности [Электронный ресурс]. URL: https://coursehunters.net/course/ar-razrabotchik-onlayn-kurs-po-dopolnennoy-realnosti (дата обращения: 02.03.2019).

СИСТЕМА УМНОГО ДОМА НА ОСНОВЕ ПРОТОКОЛА MODBUS

М.М. Цаллагова, А.М. Жубр, М.А. Гуляев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В представленной статье концентрируется внимание на открытом коммуникационном протоколе Modbus в рамках концепции технологии «Интернета вещей» как одного из методов проектирования систем.

Ключевые слова: MODBUS, Умный дом

Modbus — это открытый коммуникационный протокол, основанный на принципе master-slave. В стандартной сети Modbus есть один Master и до 247 Slaves, каждый из которых имеет уникальный подчиненный адрес. Наиболее широко используется в промышленной автоматизации для организации связи между электронными устройствами. Протокол так же предназначен для передачи данных через последовательные линии связи, такие как RS-232, RS-422, RS-485, и сети TCP/IP (Modbus TCP).

Modbus относится к протоколам прикладного уровня сетевой модели OSI. Контроллеры, располагающиеся на шине протокола, взаимодействуют, используя клиент-серверную модель, которая основана на транзакциях, состоящих из запросов и ответов. Обычно в сети есть только одно клиент-устройство, и несколько серверов-устройств. Главное устройство формирует транзакции (передаёт запросы). В свою очередь, подчиненные устройства передают запрашиваемые главным устройством данные. Master может отправлять сообщение индивидуально к подчиненному или создать передачу широковещательного сообщения для всех устройств. Подчиненное устройство формирует сообщение и возвращает его в ответ на запрос, адресованный именно ему.

Спецификация Modbus описывает структуру запросов и ответов. Их основа — PDU Protocol Data Unit. Структура PDU не зависит от типа линии связи и включает в себя код функции и поле данных. Размер пакета PDU ограничен 253 байтами. Код функции может принимать значения в диапазоне 1...127. Диапазон значений 128...255 зарезервирован для кодов ошибок. Поле данных может быть переменной длины, в то время как код функции занимает 1 байт. Modbus RTU в структуру включает так же Slave ID (идентификатор устройства обращения) и контрольное число.

Рис 1. Структура сообщения Modbus RTU

«Умный дом» — современная система автоматизации, призванная сделать жизнь человека максимально комфортной. Она может включать в себя множество систем — от контроля температуры в комнатах и уровня их освещения до управления безопасностью.

Установка «Умного дома» значительно повышает эффективность и долговечность работы инженерных систем, а также снижает потребление энергоресурсов.

Программирование системы – трудоемкий и самый сложный из этапов формирования целостного проекта. Для организации приложения с графическим интерфейсом используются различные облачные платформы (например, ThingWorx) или серверные

модули (Lazurit, MajorDoMo), которые позволяют максимально быстро и просто создать веб-интерфейс и настроить взаимодействие с контроллером и сетью датчиков и устройств.

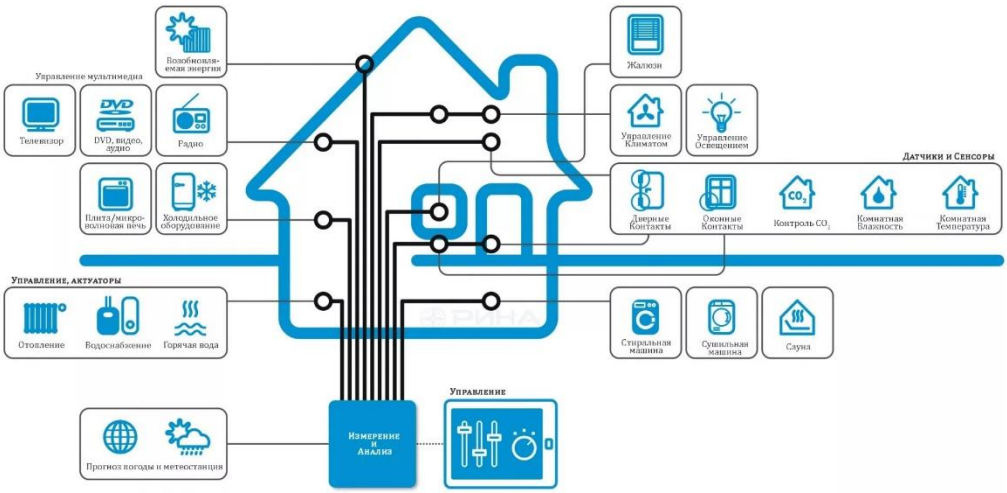


Рис 2. Архитектура «умного» дома

Для организации взаимодействия могут использоваться различные виды передачи данных. Самыми распространенными из них являются MQTT, HTTP и набирающий популярность вне промышленных сетей протокол MODBUS.

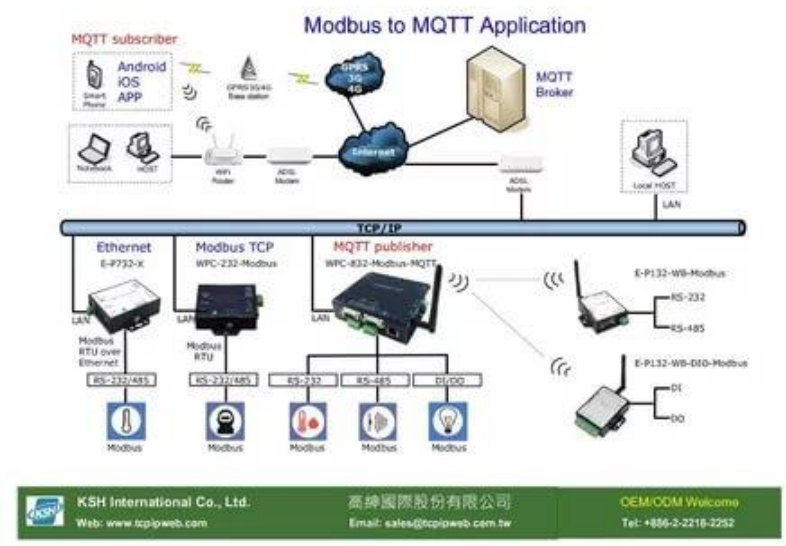


Рис 3. Схема взаимодействия протоколов

Некоторые преимущества использования протокола Modbus:

- Требуется минимальное число оборудования.
- Драйвер совместим с любой операционной системой.
- Отсутствие лицензионных сборов в связи с наличием в открытом доступе полной спецификации необходимой для использования протокола Modbus.
- Наличие взаимодействия и совместимости между устройствами разных производителей с установленной базой совместимых устройств.

- Многие открытые платформы для разработки веб-приложений уже имеют встроенные модули для работы с протоколом, что упрощает программирование клиент-серверной части.

Одна из возможных зон применения протокола - подсистема «умного» освещения в доме. Датчик освещенности предназначен для контроля уровня освещенности. По его показателям можно настроить автоматическое управления освещением. Зачастую, эти датчики устанавливают в местах, где в светлое время суток освещение происходит естественным путем, а при наступлении темноты – включением электричества. Датчик подключается напрямую к контроллеру или через модули аналогового ввода по RS-485 и Modbus RTU.

Управляемое устройство подсоединяется к релейному модулю. Главным устройством отправляется запрос подчиненному устройству на считывание данных с датчика. Пример запроса можно увидеть на рисунке 4. Данные, записанные в соответствующий регистр формы ответа, передаются главному устройству, где происходит их анализ и принятие решения о необходимости передать запрос на включение источника освещения.

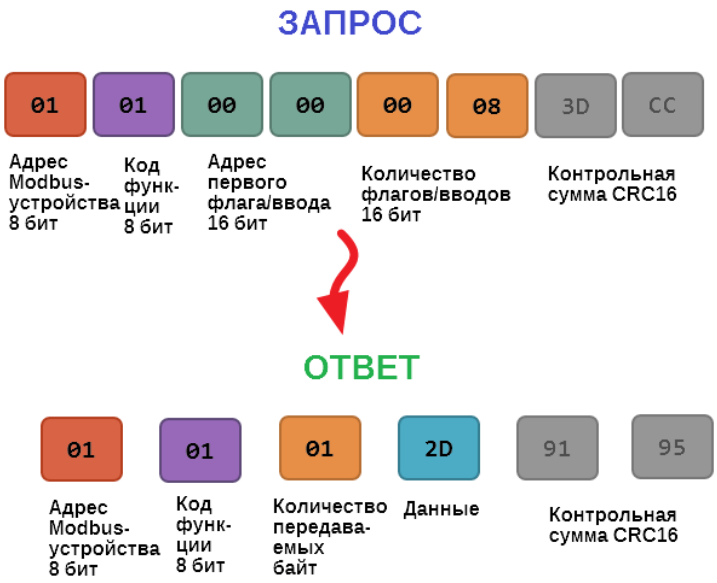


Рис 4. Схема обмена данными по протоколу MODBUS

В качестве заключения стоит отметить, что кроме широких возможностей для создания подсистем целостного объекта «умный дома», протокол Modbus находит применение и в других системах автоматизации и ограничен лишь количеством подчиненных устройств.

Список литературы

1. IPC2U: https://ipc2u.ru/articles/prostye-resheniya/modbus-rtu/;
2. Razumdom: https://razumdom.ru/catalog/modbus_rtu/datchiki_rtu_rs485/512/;
3. «Бесконтактные устройства»: https://habr.com/ru/company/contactless/blog/255657/;
4. Джордж Томас Введение в протокол Modbus.

СИМУЛЯТОР ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ РАБОТНИКА КАМЕРЫ ПУСКА ПРИЕМА СРЕДСТВ ОЧИСТКИ И ДИАГНОСТИКИ

Д.С. Цветанская, Е.В. Дружинская

Уфимский государственный нефтяной технический университет «УГНТУ»

Аннотация. Во время транспортировки нефтепродукта необходимы мероприятия по контролю чистоты линейной части трубопровода, представляющие особую опасность ввиду работы с легковоспламеняющимися веществами. В ходе исследования предметной области был сделан вывод, что при подготовке квалифицированных сотрудников неотъемлемым фактором является соблюдение безопасности при работе с камерой пуска приёма средств очистки и диагностики трубопровода (КПП СОД). С применением технологии виртуальной реальности создан симулятор работника КПП СОД, представленный как средство отработки профессиональных навыков. Применение программного продукта повышает качество обучения, благодаря возможности многократного повторения технологических операций без угроз для жизни работника.

Ключевые слова: камера пуска приема, сцена, тренажер, нефтеперекачиавающая станция

Продукты нефтепереработки широко используются как в промышленности, так и в повседневной жизни общества. На территории России добыча и переработка нефти осуществляется в дистанционно удалённых регионах, что порождает необходимость транспортировки природного ископаемого через всю страну посредством магистральных нефтепроводов под высоким давлением. При такой перекачке на внутренних стенках труб образуются осадки, мешающие прохождению нефти, тем самым уменьшая КПД всей системы. Мероприятия по устранению отложений с последующей диагностикой качества очистки реализованы в виде камеры пуска приема средств очистки диагностики (далее КПП СОД) [1]. Технологическая последовательность операций при работе с КПП СОД сложна и требует высокой точности выполнения при строгом соблюдении техники безопасности. Показатели устойчивости таких комплексов зависят не только от оборудования, но и от квалифицированной работы персонала.

Подготовка специалистов на реальном объекте невозможна из-за высокого уровня взрывоопасности нефтепродукта и его побочных продуктов, обучение персонала проводится с использованием промышленных тренажёров. Однако, не каждое предприятие, а тем более учебное заведение, имеет возможность приобретения дорогостоящих тренажёров, поэтому часто обучение проводится по методическим рекомендациям, опубликованным на бумажных носителях в виде схем. С развитием новых современных компьютерных технологий появляется шанс заменить дорогостоящие тренажёры мобильными виртуальными симуляторами. Технология виртуальной реальности обладает иммерсивным свойством, позволяя обучающемуся погрузиться в среду, приближенную к реальности.

Для практической тренировки обслуживающего персонала камеры пуска приема построен тренажер виртуальной реальности. Для отрисовки сцен симулятора использован макет действующей распределительной станции, что позволило произвести детальную прорисовку местности Графическое моделирование произведено с использованием межплатформенной среды разработки Unity. В качестве языка программирования использован C#, который имеет ряд достоинств [2]:

1. Используется объектно-ориентированная парадигма программирования.
2. Доступный и структурированный справочный материал, размещённый в свободном информационном пространстве.

Для использования приложения необходимо мобильное устройство под управлением операционной системы Android с версией 4.4 (KitKat) или выше. Для реализации виртуальной реальности потребуется любая гарнитура Cardboard. Принцип работы устройства основан на преобразовании изображения с экрана телефона через систему линз.

Прохождения самого обучения делится на этапы:

1. Знакомство с меню и подготовительный тест.
2. Виртуальное перемещение по КПП СОД.
3. Проведение ряда технологических мероприятий по пуску и приему.
4. Получение допуска/отказ в допуске к работе и оценка итоговых результатов.

Управление главным персонажем производится «от первого лица», взаимодействие с объектами сцены адаптировано для самых простых гарнитур, не имеющих устройств управления и реализовано обработкой направления и задержки взгляда. Проведена программная фиксация области перемещения персонажа и управление запуском и остановкой по управляющей кнопке гарнитуры.

По итогам прохождения всей последовательности операций приложение выдаёт рекомендацию о получении допуска к работе испытуемого или необходимости дополнительных тренировок.

Разработанный продукт служит механизмом отработки навыков и при этом обеспечивает безопасность входа в процесс обслуживания камеры пуска и приема средств очистки и диагностики линейной части магистральных трубопроводов. Приложение адресовано обучающимся по направлениям подготовки транспортировки нефти и газа, рекомендовано для проведения контрольных мероприятий по допуску работников КПП СОД к работе.

Список литературы

1. Коршак А.А., Нечваль А.М. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов // Учебник для вузов. Под ред. Коршака А.А. – СПб: Недра, 2008. – 488с;
2. Торн А. Искусство создания сценариев в Unity. СПБ: ДМК, 2016. – 362 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ БИОСОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ЖИДКИХ ОТХОДОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ И МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

И.И. Шпаковская

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Сформулирована проблема очистки сточных вод металлообрабатывающих и гальванических производств. Эффективность выбранной модели проявляется при работе очистных сооружений с загрязнениями, содержащими ионы тяжелых металлов. Представлены результаты моделирования, сравнительно новых для данной области, процессов биосорбционной очистки сточных вод.

Ключевые слова: гальванические предприятия, металлообрабатывающие предприятия, биосорция, биосорбер, математическая модель.

Введение

На сегодняшний день существует множество нерешенных экологических проблем, одна из которых — комплексное использование и сохранность водных ресурсов. Рост водопотребления, возросшие требования к качеству воды обусловливают строительство

новых систем и сооружений водоснабжения, расширение и реконструкцию существующих. Особое внимание уделяется очистным сооружениям на предприятиях машиностроительной, химической и нефтехимической промышленности из-за опасности выбросов на этих предприятиях. Основные отходы машиностроения составляют сточные воды гальванических цехов, содержащие ионы тяжелых металлов, а также отработанные смазочно-охлаждающие жидкости, шлаки, образующиеся при механической обработке металлических изделий.

Понятие «тяжелые металлы» характеризует широкую группу загрязняющих веществ. На сегодняшний день известно порядка сорока определений этого термина, в связи с чем состав тяжелых металлов согласно разным определениям включает в себя различные элементы. Ряд тяжелых металлов (например, железо, медь, цинк, молибден) задействованы в биологических процессах и в ограниченных количествах (определенных концентрациях) относятся к необходимым микроэлементам для развития и функционирования растений, животных и людей, входят в состав ферментов. Однако большинство тяжелых металлов и их соединения оказывают вредное воздействие на живые организмы, способны накапливаться в тканях и вызывать серьезные заболевания. В сточных водах гальванического производства следует выделить марганец, железо, кадмий, цинк, медь, хром.

Биосорционная обработка сточных вод

Как правило, на крупных промышленных предприятиях для очистки производственных вод используют аэротенки — резервуары, через которые пропускается сточная вода с илом. За счет аэраторов в резервуар вводится воздух (кислород) и осуществляется перемешивание обрабатываемой сточной воды с активным илом. Благодаря насыщению сточной воды активным илом и непрерывным поступлением кислорода обеспечивается высокая интенсивность биохимического окисления органических веществ.

Однако ряд предприятий, таких как гальванообрабатывающие, металлообрабатывающие или нефтеперерабатывающие, имеют специфический состав сточных вод, которые не могут быть очищены обычным биологическим способом.

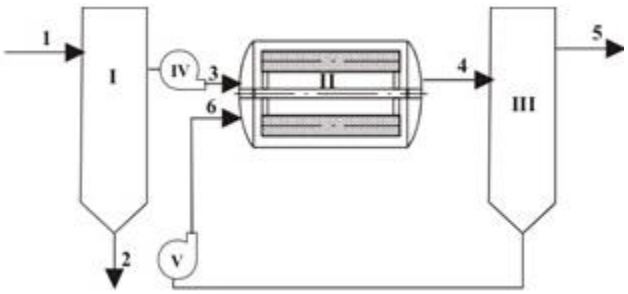


Рис. 1. Принципиальная схема пилотной установки биосорционным методом очистки:
I – первичный отстойник; II – биосорбер горизонтального типа с перемешивающим устройством барабанного типа; III – вторичный отстойник; IV, V – насосы; 1 – сточная вода, содержащая ионы тяжелых металлов; 2 – механические примеси; 3 – сток без механических примесей; 4 – обработанная жидкость в смеси с анаэробным илом; 5 – очищенная вода; 6 – рецикл анаэробного ила

В середине 90-х годов XX века был разработан новый метод, заключающийся в совмещении в пространстве и во времени процессов сорбции загрязнений на активном сорбенте с одновременным их биологическим окислением. Такой процесс получил название биосорбционной очистки, а аппарат для его реализации – биосорбер.

В [5] была предложена новая биосорционная технология очистки сточных вод гальванических и металлообрабатывающих предприятий. Технологическая схема обработки гальваностоков представлена на рис. 1.

Моделирование процессов биосорбционной очистки сточных вод

При разработке математических моделей в качестве точки сброса очищенной воды предполагался водный объект рыбохозяйственного назначения с высокими нормами очистки.

В условиях периодического режима кинетика хорошо описывается уравнениями типа Моно, которые учитывают лимитирование роста по концентрации субстрата:

$$\frac{dX}{dt} = \frac{\mu_m XL}{(K_L + L)};$$

$$\frac{dL}{dt} = -\frac{1}{Y} \cdot \frac{\mu_m XL}{(K_L + L)},$$

где X — концентрация ила, мг/л; L — концентрация загрязнений, мг/л; μm — максимальная удельная скорость роста, ч-1; KL — константа полунасыщения Моно, мг/л; Y — экономический коэффициент.

Так как в смазочно-охлаждающей жидкости присутствуют трудноутилизируемые углеводороды, субстрат будет обладать ингибирующим действием на скорость роста. Этот факт можно учесть, приведя модель к форме уравнения Моно-Халдейна.

Второй фактор, который обуславливает замедление скорости роста, связан с так называемым «эндогенным метаболизмом» и может быть учтен в соответствии с корректировкой уравнения Моно, выполненной Гербертом:

$$\frac{dX}{dt} = \frac{\mu_m XL}{(K_L + L + \frac{L^2}{K_i})} - \beta X;$$

$$\frac{dL}{dt} = -\frac{1}{Y} \frac{\mu_m XL}{(K_L + L + \frac{L^2}{K_i})},$$

где K_i — константа ингибирования субстратом, мг/л, β − константа Герберта, учитывающая отмирание клеток, $ч^{-1}$.

Для получения наиболее полной математической модели процесса в биосорбере необходимо дополнить ее для проточного режима и учесть рециркуляцию ила:

$$\frac{dX}{dt} = D(X_{вх} - X) + \frac{\mu_m XL}{(K_L + L + \frac{L^2}{K_i})} - \beta X;$$

$$\frac{dL}{dt} = D(L_{вх} - L) - K_x(L_C - L_р) - K_a(L - L_р);$$

$$\frac{dL_C}{dt} = K_X(L_{ср} - L_C) - \frac{1}{Y} \frac{\mu_m XL}{(K_L + L_C + \frac{L_C{}^2}{K_i})};$$

$$X_{\text{вх}} = \frac{rX_r}{1+r};\ L_{\text{вх}} = \frac{rL_f}{1+r} + \frac{rL}{1+r};\ D = \frac{1}{t_{\text{пр}}};\ t_{\text{пр}} = \frac{V}{\nu(1+r)},$$

где $X_{\text{вх}}$ — концентрация биомассы на входе в аппарат (после рецикла), мг/л;

L_C — концентрация загрязнений, адсорбированных на хлопья ила и биопленку, мг/л;

$L_{\text{р}}$ — равновесная концентрация загрязнений, мг/л;

$L_{\text{ср}}$ — равновесная концентрация загрязнений в жидкой фазе, мг/л; L_f — концентрация загрязнений на входе в систему, мг/л;

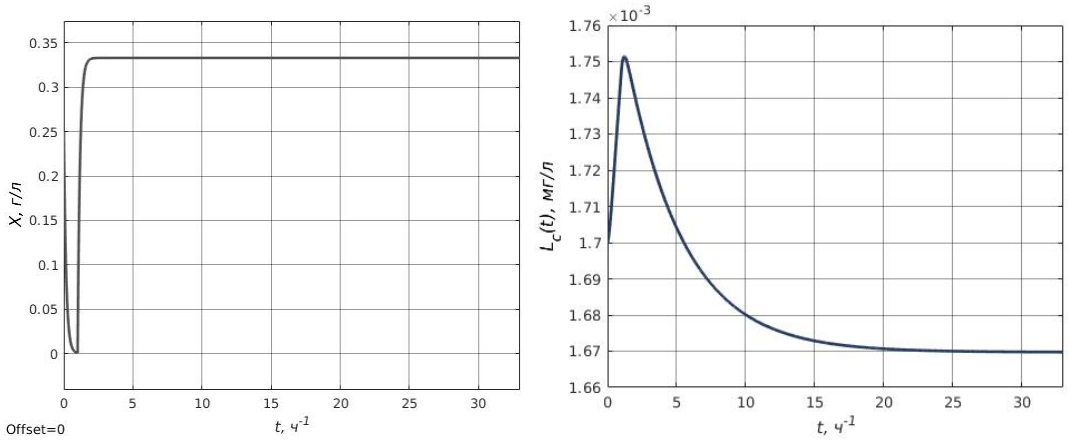
$L_{\text{вх}}$ — концентрация загрязнений на входе в аппарат, мг/л; X_r — концентрация ила на входе в систему, мг/л;

K_x — коэффициент массопередачи загрязнений к биомассе (хлопьям и биопленке), ч$^{-1}$;

D — скорость вымывания, ч$^{-1}$; V — объем аппарата, м^3;

ν — объемная скорость подачи сточной воды в аппарат, м^3/ч; r — коэффициент рециркуляции.

Моделирование процессов биосорбционной очистки производилось в среде MATLAB/Simulink. Полученные графики представлены на рис. 2.



а *б*

Рис. 2. Графики концентрации биомассы (а) и загрязнений, адсорбированных на хлопья ила и биопленку (б)

Моделирование процессов биосорционой очистки дало следующие результаты: в начальный момент времени наблюдается резкий спад концентрации микроорганизмов, и пропорциональное ему повышение концентрации загрязнений, адсорбированных на хлопья ила и биоплёнку. То есть, в результате подачи загрязненной сточной воды, популяция микроорганизмов находится на гране вымирания, но , можно предположить, что после того, как ил приходит в движение, процесс массообмена запускается и микроорганизмы анаэробного ила начинают развиваться на поверхности адсорбента, за счёт чего и повышается эффективность их работы. Что и наблюдается в виде установившего значения концентраций. Стоит отметить, ожидалось, что концентрация загрязнений, адсорбированных на хлопья ила и биоплёнку будет расти, что говорило бы о том, что процесс очистки активно протекает.

Заключение

В дальнейшем работа будет вестись с полной моделью, описывающей процесс биосорбционной очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов.

Установлена проблема очистки сточных вод предприятиями гальванообработки и металлообработки. Уточнен характер загрязнения. По нормативным актам установлены нормы концентраций загрязнений сточных вод. Проведено моделирования уравнений, описывающих процессы жизнедеятельности микроорганизмов, участвующих в очистке вод. Установлены необходимые параметры и уравнения для моделирования полной системы, описывающей биосорционную очистку вод, содержащим СОЖ и гальваностоки.

Список литературы

1. Вавилин В.А., Васильев В.Б. Математическое моделирование процессов биологической очистки сточных вод активным илом. М.: Наука, 1979. 119 с;
2. Ветошкин А.Г. Источники загрязнения гидросфер // Процессы и аппараты защиты гидросфер. Пенза, 2004. 222 с;
3. Ручай Н.С., Маркевич Р.М. Экологическая биотехнология: учеб. пособие для студентов специальности «Биоэкология». Минск : БГТУ, 2006. 312 с;
4. Грудяева Е.К., Душин С.Е. Моделирование управляемых процессов биологической очистки сточных вод. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2017. 222 с;
5. Шулаев М.В. Научные основы обезвреживания жидких отходов гальванических и металлообрабатывающих производств с использованием анаэробной биосорбционной технологии: дис. ... канд. техн. наук / Казан. гос. технол. ун-та. К., 2009. 307 с.

РЕШЕНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ПЕРЕВАЛКИ ГРУЗОВ

М. Л. Немудрук[1], И. И. Шпаковская[1], Д. А. Щуров[2], Н. А. Янкевич[2]

[1]Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина),

[2]ООО «АМТЭЛ»

Аннотация. В настоящий момент сложно представить предприятие, которое не имеет внешних логистических связей. В свою очередь, множество компаний предлагают свои услуги по организации перевозок груза, организуя длинные цепи поставок, которые могут включать в себя как морской, так и сухопутный транспорт. Предложены модели перевозки груза от предприятия-производителя до судна и отправки груза к портам-грузополучателям. На базе данных моделей разработано программное обеспечение, позволяющее прогнозировать время прибытия груза в основные узлы цепи поставок.

Ключевые слова: цепь поставок, целочисленное программирование, прогнозирование, расписание

Введение

Рассмотрим пример перевалки груза, при котором участвуют железная дорога и морские суда (Рис.1). Для решения задачи разрабатывались две модели. Первая модель описывает процессы, происходящие в ходе транспортировки партий грузов наземным транспортом в адрес порта отправителя грузов, вторая модель предназначается для моделирования процессов, протекающих при транспортировке грузов морским транспортом.

Разработанные модели потенциально могут быть использованы для описания транспортных процессов с применением любого вида транспорта.

Модель расчета отправки и прибытия груза в узлы поставки

В рассматриваемой модели груз начинает путь от завода-поставщика по железнодорожному транспорту. Проходя узлы «СТАНЦИЯ ЖД», составы с грузом могут быть перефор-

мированы. Некоторые вагоны могут быть оставлены на хранения именно в этих узлах. Далее груз в ж/д вагонах поступает через «УЗЕЛ РАЗГРУЗКИ» в «БУФЕР ХРАНЕНИЯ», где он находится до прибытия судна.

После того как судно прибыло, начинается перевалка груза на судно. В зависимости от возможностей транспортной сети и перевалочных мощностей может складываться ситуация, когда судно уже встало под погрузку, а часть груза еще находится в пути или еще даже не отгружена поставщиком. Возможен случай, когда судно уже начало грузиться, но часть груза еще не отправлено с завода-производителя.

В цепи поставки существует множество ограничений, связанных с арендой вагонов, штрафами за простои, объемом буфера хранения, арендой ж/д путей и т. д.

Цель разрабатываемого решения – повышение эффективности процесса перевалки грузов за счет нахождения правильного соотношения между всеми факторами, влияющими на процесс.

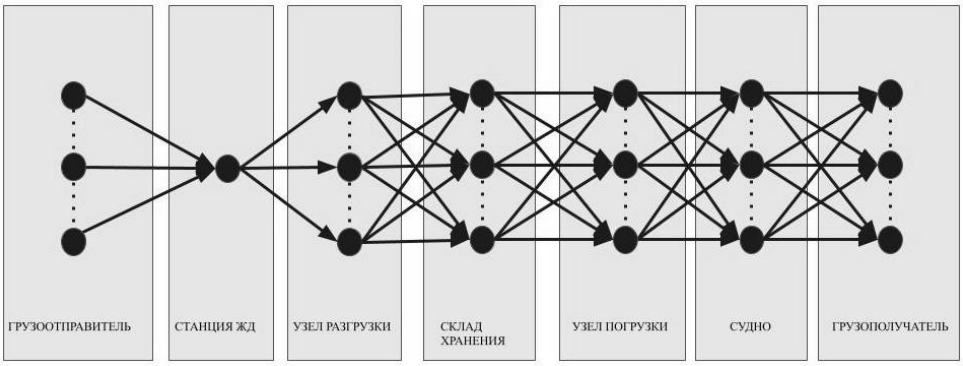


Рис. 1. Граф цепи поставок

Одна из наиболее широко распространенных логистических концепций в мире – «точно в срок» (JUST-IN-TIME). Следуя ей, решаются следующие задачи:

- распределение грузопотока во времени;
- минимизация складских операций;
- информационная поддержка принятия решений для узлов цепи.

Разработано программное обеспечение для составления графика отправления/прибытия груза для каждого узла производственной цепи за рассматриваемый промежуток времени. Входные данные для программы – расписание прибытия/отправления судов за ограниченный период, а также параметры цепи поставки (Рис. 2).

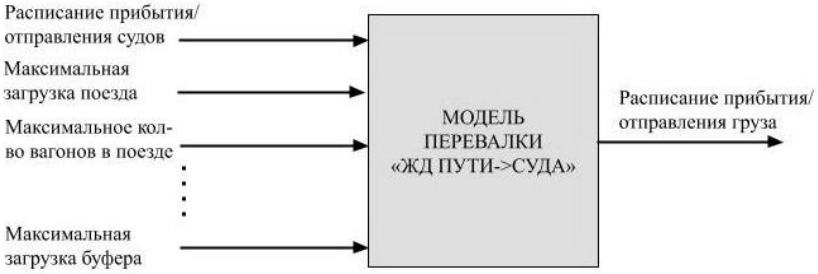


Рис. 2. Вход-выход модели

Для учета стохастических воздействий на параметры логистической цепи создан механизм, основанный на методе машинного обучения. Для обучения используется информация о функционировании предприятия за прошлые периоды.

Другой способ применения модели – оперативная корректировка расписания. На входе модели имеется начальное состояние системы – объем груза в каждом узле цепи поставок. Благодаря разработанным аналитическим алгоритмам модель цепи в сочетании с данными о начальном состоянии позволяет оперативно прогнозировать изменения состояния цепи поставок для каждого из узлов.

Полученные результаты передаются в инструментальную среду бизнес-аналитики, средствами которой реализована возможность просмотра статистики по перевозке конкретного типа груза в зависимости от времени года, от параметров системы и т. п.

Таким образом, предлагаемая модель может выступать помощником, как для краткосрочного, так и долгосрочного планирования.

Построение математической модели формирования и составления расписания отправки грузов методами целочисленного программирования

Разработана модель формирования расписания грузопотока на определенном виде транспорта в терминах целочисленного программирования.

Рассмотрим постановку и решения задачи на примере составления расписания отправления судов.

Пусть имеется морской торговый порт, который имеет в распоряжении S судов. Каждое судно имеет ограничения по максимальной массе или/и объему загрузки $\{V_1, V_2, ..., V_s\}$. Существует D грузополучателей (Рис. 3), которые заказывают определенные объемы груза $\{K_1, K_2, ..., K_D\}$. Также следует учесть время, затраченное на путь к разным грузополучателям $\{R_1, R_2, ..., R_D\}$. После доставки груза каждое судно возвращается в исходный порт для доставки следующей партии груза тому же или иному грузополучателю. При этом учитывается время погрузочно-разгрузочных работ τ.

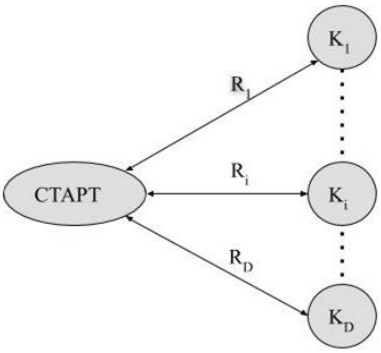


Рис. 3. Граф связей

Формируем судовые партии грузов с учетом наличного флота судов и составляем расписание их движения к грузополучателю.

Для постановки задачи дискретизируем шкалу времени с условным шагом равным единице (например, день). Обозначим множество моментов времени $\{0, 1, ..., T\}$, где T – достаточно большой период времени, за который должны доставить грузы.

Для описания задачи вводятся следующие массивы целочисленных переменных:

- x_{jt} равна объему (массе), отправляемому к i-ому грузополучателю в текущий момент времени;
- y_{ijt} равна единице, если j-ое судно отправляется к i-ому грузополучателю в момент времени t и равна нулю в противном случае.

Основные ограничения задачи:

1. Значения всех переменных должны быть неотрицательными:
$$x_{it} \geq 0, y_{ijt} \geq 0, i \in I, j \in J, t \in H, I \subseteq \{1,2,...,D\}, J \subseteq \{1,2,...,S\}, H \subseteq \{1,2,...,T\}.$$
2. Весь объем груза для K_i-го грузополучателя должен быть доставлен:
$$\sum_{t=1}^{T} x_{1t} = K_1, \quad \sum_{t=1}^{T} x_{2t} = K_2, \quad \cdots \quad \sum_{t=1}^{T} x_{Dt} = K_D.$$

3. За один шаг может отправляться только одно судно:
$$\sum_{i=1}^{D}\sum_{j=1}^{S} y_{ij1} \leq 1, \quad \sum_{i=1}^{D}\sum_{j=1}^{S} y_{ij2} \leq 1, \quad \ldots \quad \sum_{i=1}^{D}\sum_{j=1}^{S} y_{ijT} \leq 1.$$

4. Отправляемый груз ограничивается максимальной вместимостью судна:
$$x_{11} \leq \sum_{i=1}^{D}\sum_{j=1}^{S} y_{ij1}, \qquad x_{12} \leq \sum_{i=1}^{D}\sum_{j=1}^{S} y_{ij2}, ..., \qquad x_{1T} \leq \sum_{i=1}^{D}\sum_{j=1}^{S} y_{ijT},$$
$$x_{21} \leq \sum_{i=1}^{D}\sum_{j=1}^{S} y_{ij1}, \qquad x_{22} \leq \sum_{i=1}^{D}\sum_{j=1}^{S} y_{ij2}, ..., \qquad x_{2T} \leq \sum_{i=1}^{D}\sum_{j=1}^{S} y_{ijT},$$
$$\vdots$$
$$x_{D1} \leq \sum_{i=1}^{D}\sum_{j=1}^{S} y_{ij1}, \qquad x_{D2} \leq \sum_{i=1}^{D}\sum_{j=1}^{S} y_{ij2}, ..., \qquad x_{DT} \leq \sum_{i=1}^{D}\sum_{j=1}^{S} y_{ijT}.$$

5. Судно может перевозить следующую партию груза только после того, как доставит и разгрузит предыдущую партию и вернется в порт:
$$\sum_{i=1}^{D}\sum_{T=1}^{T} y_{i1t}(T-t) \leq \sum_{i=1}^{D}\sum_{T=1}^{T} y_{i1t}(T-t+2Ri+\tau),$$
$$\sum_{i=1}^{D}\sum_{T=1}^{T} y_{i2t}(T-t) \leq \sum_{i=1}^{D}\sum_{T=1}^{T} y_{i2t}(T-t+2Ri+\tau),$$
$$\vdots$$
$$\sum_{i=1}^{D}\sum_{T=1}^{T} y_{iSt}(T-t) \leq \sum_{i=1}^{D}\sum_{T=1}^{T} y_{iSt}(T-t+2Ri+\tau).$$

Алгоритм реализован на языке Python. Для решения систем уравнения выбран решатель GLPK_MI, предназначенный для смешанного целочисленного программирования. В результате работы программы сформировано расписание судов.

Выводы

Предложенные модели и реализованный подход позволяют планировать нагрузку на узлы цепи поставок, прогнозировать проблемные ситуаций и дают возможность заблаговременно принять решения по их преодолению. Помимо планирования нагрузки на узлы, возможно устранение последствий сбоев в цепи поставки, посредством корректировки расписания.

Составление расписания для всей цепи поставки в дальнейшем может быть применено как для оптимизации нагрузки на технологические компоненты, так и для прогнозирования технического состояния оборудования.

В будущем реализованные модели планируется использовать как для оперативного, так и долгосрочного планирования.

Список литературы

1. Бережная Е. В., Бережной В. И. Математические методы моделирования экономических систем. М.: Финансы и статистика, 2003. 233 с;
2. Лазарев А.А., Мусатова Е.Г., Кварацхелия А.Г., Гафаров Е.Р. Теория расписаний. Задачи управления транспортными системами. М.: Физический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, 2012. 159 с.

РАЗРАБОТКА МАКЕТА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ В ПЕЧАХ ДЛЯ ВАРКИ СТЕКЛА НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ATMEGA2560

Д.В. Огурецкий[1], Е.А. Гурвиц[2]

[1] *Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

[2] *ООО "Системы фотоники"*

Аннотация. В статье рассматривается разработка макета программно-аппаратного комплекса для управления температурой в печах для варки стекла на основе микроконтроллера ATmega2560. Для контроля и поддержания температуры в камере печи использован алгоритм с ПИ-регулятором, который управляет симисторной сборкой для подачи киловаттной мощности на рассеивающий тепло элемент печи. Обратная связь осуществляется посредством оцифровки сигнала с термопары микросхемой CJMCU-MAX31856. Для ввода/вывода информации был разработан пользовательский интерфейс на основе TFT дисплея Nextion.

Ключевые слова: пользовательский интерфейс, TFT дисплей, ПИ-регулятор, микроконтроллер ATmega2560, симисторная сборка, печь для варки стекла, термопара, система управления, объект управления.

Введение

Объектом управления является электрическая печь косвенного сопротивления периодического действия. В печах косвенного сопротивления тепло передается материалу излучением или теплопроводностью от введенного в печь сопротивления. Электрические печи сопротивления обычно используют для термической обработки изделий, которые должны изменять свою температуру в соответствие с заданным режимом обработки. Для печи периодического действия (садочной) характерно неизменное положение нагреваемого тела (садки) в течение всего времени пребывания в печи. Цикл работы печи включает загрузку, тепловую обработку по заданному режиму и выгрузку. Печь может работать круглосуточно (тогда циклы непрерывно следуют друг за другом) или с перерывами – в одну или две смены.

Традиционным решением для управления температурой в печах для варки стекла является терморегулятор. Самые известные в России организации, выпускающие данные устройства: НПК «ВАРТА»; ООО НПП «Системы контроля», Приборостроительный завод "Термодат"; ООО "Производственное Объединение Овен".

Данные фирмы имеют схожие преимущества и недостатки:

Преимущества: относительно низкая стоимость.

Недостатки:

- Элементы отображения ─ семисегментные индикаторы, индикаторные светодиодные лампы. Данные элементы не позволяют создать современный человеко-машинный интерфейс.
- Нет возможности расширить функционал устройства в процессе эксплуатации, потому что отсутствует возможность перепрограммирования.

Было рассмотрено несколько организаций зарубежного рынка: LOVATO ELECTRIC S.P.A., ITALY; Unitronics Inc., USA.

Преимущества:

- Широкие возможности программирования с использованием программного обеспечения производителя или его партнеров.
- Использование принципа PLC+HMI (совмещение функций контроллера и элемента ввода-вывода в одном устройстве), что позволяет повысить компактность устройства и добиться лучшей гибкости в настройке параметров.
- В качестве HMI используется полноценный сенсорный дисплей, что позволяет гибко настраивать систему под нужды заказчика.
- Возможности расширить функционал устройства в процессе эксплуатации под требования заказчика.

Недостатки:

- Цена относительно традиционных решений, применяющихся в России, выше.

В связи с этим данные производители являются для нас ориентиром.

Нами разработан макет системы управления с обратной связью на основе ПИ-регулятора для управления и контроля температуры.

Описание комплекса

Система управления температурой в печке представляет собой несколько устройств, связанных вместе посредством различных интерфейсов, которые передают и обрабатывают информацию, управляют нагрузкой:

1. Микроконтроллер ATmega2560.

Микроконтроллер, включающий в себя различные периферийные устройства, является связующим звеном между остальными частями макета. Данный контроллер, ATmega2560 на плате Arduino Mega 2560 R3, был выбран из-за большого объема FLASH-памяти .

2. Модуль термопары ─ микросхема CJMCU-MAX31856.

CJMCU-MAX31856 Thermocouple Module High Precision Development Board (Модуль высокоточной обработки термопары) от Maxim Integrated позволяет быстро и несложно реализовать готовый измерительный тракт для работы с термопарами (K, J, N, R, S, T, E и B типов) на одной микросхеме, т.к. содержит в себе все необходимые и достаточные функциональные блоки, в том числе 19-Bit АЦП, позволяет учитывать напряжение холодного спая термопары, например, типа K при максимальной температуре 1372 °C равное 54.886 мВ [1]. В настоящем проекте термопара типа K выбрана для обеспечения измерения в необходимом температурном диапазоне от −180 до +1300 °C [1].

3. Симисторная сборка.

Симисторная сборка управляет подачей напряжения от сети на нагревательный элемент. Для этого используется симистор, управляемый сигналом с микроконтроллера, с помощью которого симистор закрывается или открывается и, соответственно, реализуется подача напряжения на нагревательный элемент печи. Когда на симисторную сборку подается 5В ─ симистор закрыт, когда 0В ─ открыт. Для управления симистором

используется ШИМ сигнал с коэффициентом заполнения в относительных единицах Output (от 0 до 1023). То есть за 1 сек на нагревательный элемент поступает от 0 до 100 % от максимального количества энергии (или на симистор попадёт от 0 до 100 полупериодов сетевого напряжения).

4. Сенсорный TFT дисплей Nextion NX8048T050.

Для реализации любых проектов, будь то умный дом или производственная автоматика, необходимо устройство ввода/вывода. Простой вариант – семисегментные светодиодные индикаторы, но такая реализация будет неудобной для использования. Применение LCD дисплея более распространено на рынке, но такое решение не позволяет быстро и удобно обеспечить доступ информации пользователю, особенно в случае большого количества параметров. Чтобы система была современной и удобной – нужно использовать полноценные дисплеи желательно с сенсорным вводом. Сенсорный дисплей Nextion выступает в роли удобного человеко-машинного интерфейса (HMI). Среда разработки Nextion предоставляет широкий набор стандартных элементов для упрощения работы с дисплеем. Обмен данных с микроконтроллером происходит по стандартному интерфейсу UART.

5. Печь с нагревательным элементом.

Внутри печи находится нагревательный элемент, представляющий собой провод с малым сопротивлением (≈100 Ом) и высокой температурой плавления.

Описание принципиальной схемы комплекса со всеми устройствами

Управляемые элементы показаны на принципиальной схеме комплекса на рисунке 1 и краткий перечень элементов приведен в таблице 1.

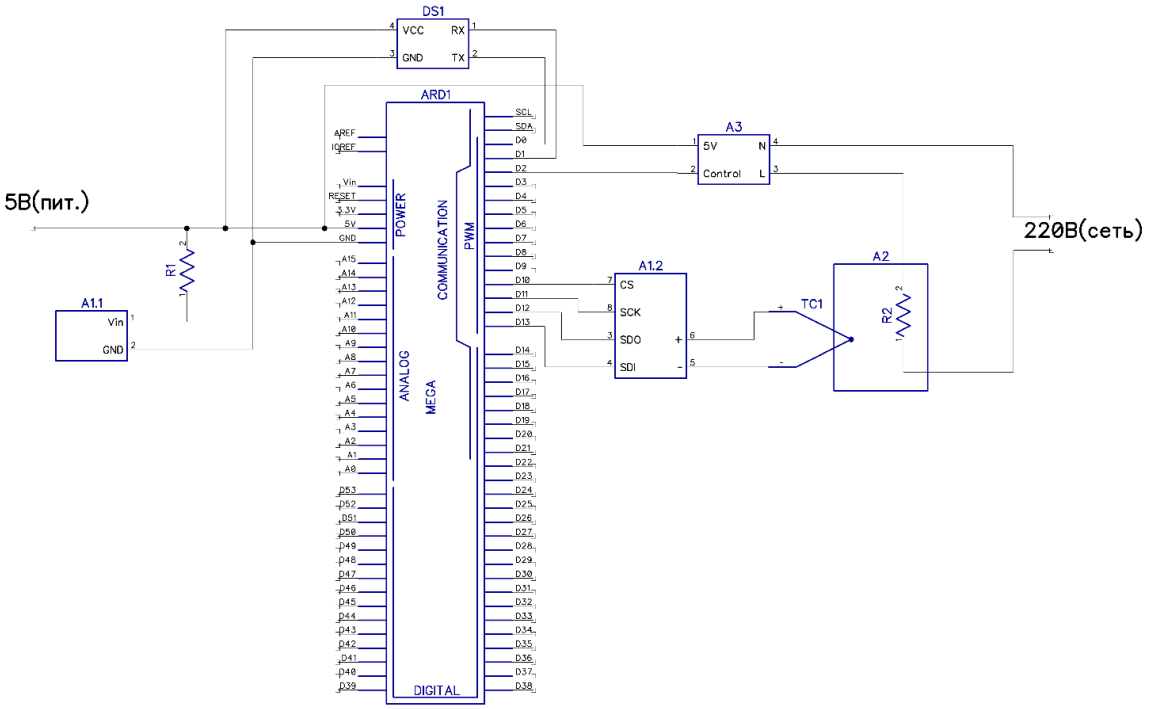


Рис.1 принципиальная схема комплекса со всеми устройствами

Для работы комплекса требуется источник постоянного напряжения (ИПН) с напряжением на зажимах равным 5 В и источник переменного напряжения в 220В. Входной ток **модуля высокоточной обработки термопары 2мА [2], поэтому нужен** резистор R_1, ограничивающий ток питания модуля термопары, с сопротивлением 2.5 кОм.

На схеме камера печи изображена условно для того, чтобы показать, что термопара и нагревательный элемент печи находятся внутри неё. Как видно, переменный ток сетевого напряжения проходит через симисторную сборку, которая осуществляет коммутацию этого тока, далее этот ток поступает непосредственно на печь, где происходит преобразование электрической энергии в тепловую.

Таблица 1

Позиционное обозначение	Описание
A1	**CJMCU-MAX31856 (модуль высокоточной обработки термопары)**
A2	камера печи
A3	симисторная сборка
R2	нагревательный элемент печи, представленный в виде резистора, 100 Ом
R1	резистор ограничивающий ток питания модуля термопары, 2.5 кОм
ARD1	Arduino Mega 2560 R3 с ATmega2560
DS1	Nextion NX8048T050 - 5.0" LCD TFT HMI интеллектуальный сенсорный дисплей
TC1	термопара типа K

Заключение

Разработанный макет системы управления отличается от традиционных терморегуляторов, предлагаемых на российском рынке:

- Возможностью создавать до 10 программ нагрева и сохранять их в памяти.
- Выводом информации о температуре и цикле нагрева на TFT дисплей с возможностью построения графика температуры в реальном времени.
- Настройкой коэффициентов регулятора вручную с TFT дисплея, используя встроенный алгоритм нахождения времени регулирования и отображение его на дисплее с возможностью записи на SD-карту.
- Сохранением данных о работе комплекса на SD-карту.
- Отображением сообщений об ошибках на дисплее в случаи их возникновения в удобном пользователю виде.
- Интуитивно понятным человеко-машинным интерфейсом.
- Возможностью расширить функциональность комплекса по требованию заказчика путём перепрограммирования микроконтроллера и дисплея.

Список литературы

1. ГОСТ Р 50342-92 (МЭК 584-2-82) Преобразователи термоэлектрические. Общие технические условия
2. Техническое описание модуля высокоточной обработки термопары MAX31856 [электронный ресурс] URL: https://www.compel.ru/item-pdf/bc72dddbfdaeb6899908c1b93692326d/ps/max~max31856.pdf (дата обращения 09.05.2019)

ГРАНИЧНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В ИНТЕРНЕТЕ ВЕЩЕЙ

В. Касалица

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В связи с быстрым развитием мобильного Интернета и Интернета вещей (IoT) ожидается, что в ближайшие годы мобильный трафик данных будет стремительно расти. Чтобы поддержать этот беспрецедентный рост, академические и промышленные сообщества провели обширные исследования по проектированию беспроводных сетей пятого поколения (5G). Сети 5G должны значительно улучшить пропускную способность беспроводной сети и удобство работы пользователей.

Кроме того, традиционные централизованные облачные вычисления сталкиваются с серьезными проблемами, такими как высокая задержка и низкая спектральная эффективность, поэтому возникает необходимость в решении данных проблем. Новая технология продвигает тенденцию, которая переносит функцию централизованных облачных вычислений на периферийные устройства сетей. В этой статье представлены идеи Интернета вещей и проблемы, возникающие при использовании облачных вычислений в системах IoT. Кроме того, выдвигаются идея Граничных вычислений и причины, по которым эта технология необходима в системах IoT. В связи с этим введены технологии, используемые в граничных вычислениях.

Ключевые слова: Интернет вещей, облачные вычисления, граничные вычисления, клаудлеты, туманные вычисления.

1. Введение

С развитием информационных технологий Интернет вещей (IoT) стал играть важную роль в нашей повседневной жизни. Взаимосвязанные датчики / устройства могут собирать и обмениваться различными данными между собой через современную инфраструктуру сети связи, соединенную миллионами узлов IoT. Затем различные приложения IoT могут предоставлять пользователям более точные и более детальные сетевые услуги. В этом случае все больше датчиков и устройств соединяются с помощью технологий IoT, и эти элементы системы Интернета вещей будут генерировать массивные данные и требовать дальнейшей обработки, предоставляя информацию как поставщикам услуг, так и пользователям.

В обычных облачных вычислениях все данные должны загружаться на централизованные серверы, а после вычислений результаты должны отправляться обратно на датчики и устройства. Этот процесс создает большую нагрузку на сеть, особенно в отношении затрат на передачу данных, связанных с пропускной способностью и ресурсами. Кроме того, производительность сети будет ухудшаться с увеличением размера данных.

2. Расширение IOT

Кевин Эштон впервые ввел термин «Интернет вещей» в 1998 году как будущее Интернета. Эта технологическая революция представляет будущее связности и достижимости. В «Интернете вещей» под «вещами» понимается любой объект на поверхности Земли, будь то коммуникационное устройство или какой-либо предмет без доступа к сети. От умного устройства до бутылки с напитком, все может стать частью Интернета. Объекты становятся связанными узлами через Интернет. Через средства передачи данных, в основном, через метки радиочастотной идентификации (RFID). IoT также включает умные объекты. Умные объекты - это те объекты, которые являются не только физическими, но и цифровыми объектами и выполняют некоторые задачи для людей

и окружающей среды. Вот почему IoT - это парадигма не только для аппаратного и программного обеспечения, но и для различных сфер жизни человека.

Термин IoT был первоначально предложен для обозначения однозначно идентифицируемых связанных объектов с технологией радиочастотной идентификации (RFID). Позже, исследователи связали IoT с большим количеством технологий, таких как датчики, исполнительные механизмы, устройства GPS и мобильные устройства.

Ожидается, что появляющаяся технология «Интернет вещей» (IoT) предложит многообещающие решения для преобразования работы и роли многих существующих промышленных систем, а также для области здравоохранения и бытовой техники. Например, когда IoT используется для создания интеллектуальных транспортных систем, транспортный орган может отслеживать существующее местоположение каждого транспортного средства, отслеживать его движение и прогнозировать его будущее местоположение и возможное движение.

3. Облачные вычисления и проблемы их использования в "интернете вещей"

Облачные вычисления, недавняя тенденция в области ИТ, переносят вычисления с настольных компьютеров на всю Всемирную паутину, и при этом пользователю не нужно беспокоиться о поддержке и управлении всеми ресурсами. Пользователь должен нести только стоимость использования услуги , которая называется «оплата по мере использования» (англ. pay-as-you-use) с точки зрения облачных вычислений. Благодаря этим облачным вычислениям смартфон может стать интерфейсом для центров обработки данных.

Теперь с IoT мы придем в эпоху после облачных вычислений, когда будет большое качество данных, генерируемых вещами, которые погружены в нашу повседневную жизнь. По оценкам Cisco GlobalCloud Index, к 2019 году объем данных, полученных людьми, машинами и другими предметами, достигнет 500 зетабайт. Некоторым приложениям IoT может потребоваться очень короткое время отклика, некоторые могут включать личные данные, а некоторые могут создавать большое количество данных, что может быть большой нагрузкой для сетей. Облачные вычисления недостаточно эффективны для поддержки этих приложений.

Рассмотрим автономный автомобиль в качестве примера. Камеры и все другие виды датчиков в автономном автомобиле будут генерировать один гигабайт данных каждую секунду, и для принятия правильных решений требуется обработка в реальном времени. Если все данные необходимо отправить в облако для обработки, время отклика будет слишком большим. Не говоря уже о том, что текущая пропускная способность и надежность сети будут поставлены под сомнение из-за ее способности поддерживать большое количество транспортных средств в одной области. В этом случае данные должны обрабатываться на краю сети, ближе к пользователю, чтобы сократить время отклика, повысить эффективность обработки и уменьшить нагрузку на сеть.

4. Граничные вычисления

Граничные вычисления - это вычислительная парадигма, которая позволяет выполнять вычисления на границе сети, скачать данные из облака (от имени облачной службы) и загрузить данные на облаке (от имени служб IoT). Терминология «граничные вычисления» относится к ресурсам вычислительной сети на пути между источниками данных и облачными центрами данных. Вот почему мы также используем термин «туманные

вычисления», чтобы представить технологию как облако, расположенное ближе к устройствам.

Мы выступали за двухуровневую архитектуру: первый уровень - это сегодняшняя немодифицированная облачная инфраструктура; второй уровень состоит из рассредоточенных элементов, называемых клаудлеты (англ. cloudlets) с состоянием, кэшированным с первого уровня.

По мере того как мы исследуем новые приложения и приложения для мобильных устройств и Интернета, преимущества близости становятся все более очевидными. Физическая близость влияет на время ожидания от конца до конца, экономически эффективную полосу пропускания и построение доверия.

Для решения проблемы близости предлагается «клаудлет», представляющее собой маломасштабный центр обработки данных с улучшенной мобильностью, расположенный на краю Интернета. «Клаудлет» - это надежный, богатый ресурсами компьютер или кластер компьютеров, которые хорошо подключены к Интернету и доступны для использования близлежащими мобильными и IOT устройствами.

Основное назначение клаудлета - поддержка ресурсоемких и интерактивных мобильных приложений путем предоставления мощных вычислительных ресурсов для мобильных устройств и устройств IOT с более низкой задержкой.

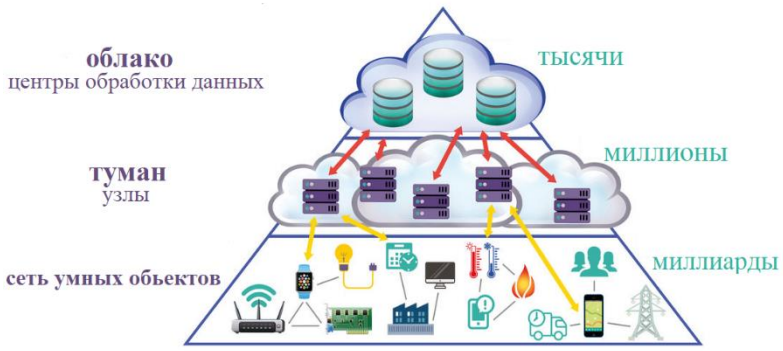


Рис. 1. Парадигма граничных вычислений

Клаудлеты могут быть расположены на базовых станциях сотовой сети и могут быть распределены географически. Эти мобильные пограничные облака изменяют базовые станции сотовой сети с точек пересылки на вычислительные точки.

5. Почему близость важна?

Близость клаудлета помогает, по крайней мере, четырьмя различными способами:

- Высокочувствительные облачные сервисы. Физическая близость клаудлета к устройствам облегчает достижение низкой сквозной задержки, высокой пропускной способности и низкого джиттера для служб, расположенных в клудлете. Это полезно для таких приложений, как распознавание изображений, дополненная реальность и виртуальная реальность, которые переносят вычисления в клудете.
- Масштабируемость с помощью граничной аналитики. Совокупная потребность в полосе пропускания в облаке от большой коллекции IoT-датчиков с высокой полосой пропускания, таких как видеокамеры, значительно ниже, если исходные данные анализируются в клудлете. Только (гораздо меньшая) извлеченная информация и метаданные должны передаваться в облако.

- Политика конфиденциальности. Служа в качестве первой точки соприкосновения в инфраструктуре для данных датчиков IoT, клудлет может обеспечивать соблюдение политик конфиденциальности своего владельца до выпуска данных в облако.
- Маскирование облачных сбоев. Если облако становится недоступным из-за сбоя в сети, сбоя в облаке, резервный сервис в соседнем облачке может временно скрыть сбой.

6. Заключение

Мы пришли к выводу о необходимости пограничных вычислений и смены парадигмы, когда роль пограничных устройств будет меняться от потребителей данных к производителям / потребителям данных. Пограничные вычисления обеспечат более короткое время отклика, лучшее использование полосы пропускания, гарантированную надежность, когда данные будут обрабатываться на границе, а не загружаться в облако.

В этой статье изложено видение и определены ключевые характеристики туманных вычислений, платформы для предоставления богатого портфеля новых услуг и приложений на границе сети.

Список литературы

1. Li Da Xu, Wu He, Shancang Li. «Internet of Things in Industries: A Survey», IEEE Transactions on industrial informatics, Vol. 10, 2014;
2. Wei Yu, Fan Liang, Xiaofei He. «A Survey on the Edge Computing for the Internet of Things» IEEE Access, vol. 6, 2018;
3. Vandana C.P, Dr. Chikkamannur A.A. «IOT future in Edge Computing», IJAERS, vol. 3, 2018;
4. Satyanarayanan K. «The Emergence of Edge Computing», IEEE, 2017;
5. Sharma V., Rai V.P., Sharma K.K. «Edge Computing: Vision and Challenges», 2016;
6. Bonomi F., Milito R., Jiang Zhu, Addepal S. «Fog Computing and Its Role in the Internet of Things», 2017.

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

ПОИСК ПЛАГИАТА В КОДАХ ПРОГРАММ

И.А. Посов[1], В.Е. Допира[2]

[1]*Санкт-Петербургский государственный университет*

[2]*Санкт – Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Сформулированы требования к алгоритмам обнаружения плагиата. На языке программирования Python реализовано разбиение текстов программ из массива решений студентов на токены, для них рассчитаны метрики: расстояния Жаккара и расстояние Левенштейна. Полученные результаты визуализированы с помощью многомерного шкалирования, они показывают, насколько тексты программ похожи между собой.

Ключевые слова: плагиат, токен, метрика, расстояние Левенштейна, расстояние Жаккара, многомерное шкалирование

В учебной деятельности задача поиска плагиата является актуальной, потому что студенты копируют решения у одногруппников или берут из интернета. Соответственно возникает необходимость установления авторских прав на интеллектуальный труд, а также проверка новых работ на плагиат. Под плагиатом понимается: "Умышленное присвоение авторства чужого произведения или использование в своих трудах чужого произведения без ссылки на автора"[1].

Целью является реализация программного модуля, осуществляющего поиск плагиата в кодах программ. Объектом исследования является методы обнаружения плагиата, а предметом расстояние между текстами программ.

Поставлены следующие задачи:

1. тексты программ из массива решений студентов разбить на токены;
2. сравнить между собой расстояние Левенштейна и расстояния Жаккара;
3. оценить их время работы, память, вероятность найти пару похожих программ, вероятность того, что найденная пара будет действительно похожа;
4. реализовать нахождение расстояния левенштейна и жаккара;
5. составить матрицы расстояний для определения похожести текстов;
6. визуализировать полученные результаты с помощью многомерного шкалирования.

Таблица 1

Имя токена	Описание	Примеры лексем
Идентификаторы	Имена переменных или функий, которые задает программист	x, tokenizer, digit
Ключевые слова	Имена индентификаторов, которые имеют специальное значение для компиляторов на языке программирования (не могут совпадать с именами переменных)	function, if, for
Разделители	Знаки пунктуации и парные разделители	{, (, ;
Имя токена	Описание	Примеры лексем
Операторы	Наборкоманд	+, =, <
Литералы	Фиксированные значения некоторого типа данных	True, 1, «String»
Комментарии	Строка или блок, содержащие пояснения к коду	# решаем систему уравнений

Входными данными проверки на плагиат является текст программы. Лексемой является последовательность символов исходной программы, которая соответствует шаблону токена. Вместе лексемы и соответствующие им шаблоны рассматриваются как лексическая

единица. [2] Тогда токенизация — это процесс преобразования текста в последовательность строк (лексических единиц) с определенным значением [3].

Токены состоят из имени токена и его значения, которое может присутствовать не обязательно. Имя токена представляет собой категорию лексической единицы. Выделены следующие имена (таблица 1).

Токенизация позволяет добиться игнорирования пробелов, комментариев, а также имен переменных, иначе говоря, снизить чувствительность к пробелам и символам.

Также разбиение на токены помогает добиться того, чтобы совпадения должны быть достаточно длинными. Так как обнаружение коротких совпадений не показывает, что программы скопированы.

Перестановка переменных или порядка строк в программе не должны влиять на обнаруженные совпадения. Добавление или удаление символов в тексте также не должно влиять на набор совпадений. Токенизация также позволяет добиться независимости от положения слов.

В итоге, можно сказать, что токенизация позволяет сохранять существенные и игнорировать легко модифицируемые детали кода программы.

Многие компиляторы используют разделение текста на лексемы, а затем обрабатывают их список с помощью конечного автомата, преобразующий лексемы в токены. Библиотеки языка программирования Python позволяют обрабатывать текст без поиска лексем и преобразования их в токены, а делают токенизацию за один шаг.

Реализован модуль, который сначала разбивает каждую программу из массива решений студентов по предмету Математические Пакеты за 2015 и 2017 года на токены. Далее сформированы списки из токенов для каждой программы.

Для того, чтобы определить, насколько похожи программы, основным методом является расчет расстояния между текстами. Сначала введены метрики: расстояние Левенштейна и расстояния Жаккара. Сложность(оценка времени) расчета метрики и оценка памяти показывают затраты на реализацию алгоритма поиска плагиата. А также следует оценить с какой вероятностью конкретная пара похожих программ будет найдена и с какой вероятностью пара программ, определенная алгоритмом как похожие, действительно является похожей.

Расстояние Жаккара

Коэффициент (индекс) сходства Жаккара сравнивает элементы из двух текстов и определяет, какие из них являются общими, а какие – различными. Коэффициент Жаккара равен количеству общих элементов, деленному на количество всех элементов в обоих текстах. Иначе говоря, пересечение двух текстов программ деленное на их объединение. Этот коэффициент показывает, насколько похожи два текста и принимает значения от 0 до 1.

Расстояние Жакарра показывает, насколько различны два текста. Оно является дополнением к коэффициенту Жаккара и может быть найден вычитанием коэффициента Жаккара из 1. Чем меньше расстояние Жакарра, тем больше похожи две программы.

Метод работает за квадратичное время при линейной памяти. Вероятность найти похожие программы и вероятность того, что они будут действительно похожи, высокие.

Преимущества:

- легко интерпретировать.

Недостатки:

- при малых наборах данных может дать неверный результат;

- возможны совпадения при токенизированном представлении программ, но их отсутствие в исходных кодах программ.

Расстояние Левенштейна

Для того, чтобы найти функцию расстояния между двумя словами, наиболее часто применяют расстояние Левенштейна. Расстояние Левенштейна является дистанцией редактирования, то есть минимальным количеством операций вставки, удаления или замены одного символа на другой, необходимых для превращения одной строки в другую. [4] Чем меньше расстояние Левенштейна, тем больше похожи две программы.

Алгоритм имеет временную сложность O(mn) и потребляет O(mn) памяти, где m и n — длины сравниваемых строк.

Вероятность найти похожие программы очень высокая, а найденные решения с высокой вероятностью действительно будут похожими.

Преимущества:

- нахождение расстояния редактирования повышает шансы найти похожие программы.

Недостатки:

- при перестановке местами слов или их частей могут получаться большие расстояния;
- расстояния между совершенно разными короткими словами оказываются небольшими, а между очень похожими длинными словами – значительными.

Затраты памяти больше у расстояния левенштейна, но для выполнения задач важнее качество преобразований текста. а также расстояние левенштейна вероятнее найдет похожие программы.

Реализованы алгоритмы нахождения расстояния Левенштейна и Жаккара для сравнения каждой программы с каждой. Результаты записываются в файл формата csv, где содержатся имена студентов, программы которых сравнивались и расстояния между ними.

Многомерное шкалирование

Многомерное шкалирование – это метод визуализации уровня сходства набора данных. В пространстве меньшей размерности. чем пространство признаков объектов, расположены точки, соответствующие изучаемым (шкалируемым) объектам. [5] Точки размещаются так, чтобы расстояния между каждыми двумя точками в декартовом пространстве как можно меньше отличались от рассчитанных метрик. Многомерное шкалирование является формой нелинейного уменьшения размерности, так как визуализирует данные из матрицы расстояний n на n, где n – количество сравниваемых текстов программ. [6]

В программе используется функция sklearn.manifold.MDS из библиотки sklearn для языка Python.

Программа протестирована на решениях студентов по предмету «Математические пакеты» за 2015 и 2017 год. На рисунках приведены графики, построенные для одной из задач, используя 42 решения. На рисунке 1 отображены точки с расчетом расстояния Левенштейна.

А на рисунке 2 с расчетом расстояния Жаккара.

На первом рисунке близкие точки находятся кучнее, а дальние на большем расстоянии. То есть похожие работы четче видны на графиках, что совпадает с теоретической оценкой.

В результате выполнения работы была разработан программный модуль, осуществляющий поиск плагиата в кодах программ. Исходный код программы разделяется на токены,

так как токенизация позволяет сохранять существенные и игнорировать легко модифицируемые детали кода программы.

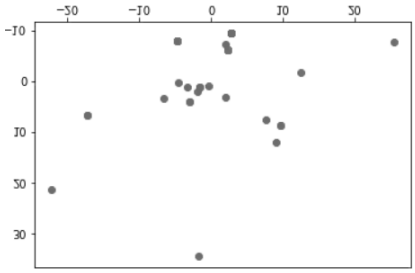


Рис. 1. Расстояние Левенштейна

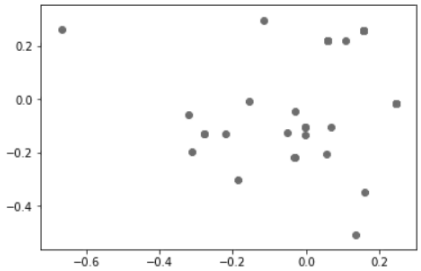


Рис. 2. Расстояние Жаккара

Рассчитаны расстояния Левенштейна и Жаккара, которые имеют высокую вероятность найти правильный результат: вероятность найти похожие программы и вероятность того, что похожие программы действительно похожие. Недостатком решения являются затраты памяти на расчет расстояния Левенштейна. При этом после анализа полученных расстояний, метрика Левенштейна дает более точный результат, что является более весомым исходя из поставленных задач. Преимуществом является открытый исходный код. Программный модуль был протестирован на реальных данных: решениях задач студентов по программированию за 2015, 2017 года. Для наглядной демонстрации результатов расстояния отображены в декартовом пространстве с помощью многомерного шкалирования. Планируется объединять группы похожих решений.

Список литературы

1. Бобкова О. В., Давыдов С. А., Ковалева И. А.Плагиат как гражданское правонарушение // Патенты и лицензии. – 2016. – № 7;
2. АхоА., Сети Р., Ульман Д. Компиляторы //Принципы, технологии, инструменты. М.: Вильямс. – 2003;
3. Schütze H., Manning C. D., Raghavan P. Introduction to information retrieval. – Cambridge University Press, 2008. – Т. 39. С. 19-47;
4. Левенштейн В. И. Двоичные коды с исправлением выпадений, вставок и замещений символов //Доклады Академии наук. – Российская академия наук, 1965. – Т. 163. – №. 4. – С. 845-848;
5. Дэйвисон М. Л., Айвазян С. А. Многомерное шкалирование: методы наглядного представления данных. – Финансы и статистика, 1988;
6. Cox T. F., Cox M. A. A. Multidimensional scaling. – Chapman and hall/CRC, 2000.

ОЦЕНКА ЕМКОСТИ АККУМУЛЯТОРОВ ПОРТАТИВНЫХ УСТРОЙСТВ ПОД УПРАВЛЕНИЕМ ОС ANDROID

А.А. Закоморный

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. К настоящему времени портативные мобильные устройства имеют широкое распространение. Важным элементом современных портативных устройств является аккумуляторная батарея, от её технических характеристик и текущего состояния зависят критические для пользователя эксплуатационные характеристики устройств, обусловленные продолжительностью автономной работы. В процессе эксплуатации происходит деградация аккумулятора, характеризующаяся уменьшением его емкости. В работе предлагается методика оценки ёмкости аккумуляторов портативных мобильных устройств в процессе их естественной эксплуатации, предназначенная для диагностики состояния аккумуляторов мобильных устройств без необходимости использования специального оборудования и выведения устройства и/или аккумулятора из режима повседневной эксплуатации. Представлена реализация для устройств под управлением ОС Android, а также проведена оценка точности вычислений.

Ключевые слова: Емкость аккумулятора, мобильное устройство, естественные условия

Введение

На сегодняшний день мобильные устройства занимают неотъемлемую часть повседневной жизни многих людей. Они задействованы как в различных профессиональных сферах деятельности, так и в быту. Одним из преимуществ мобильных устройств является их автономность, обеспечиваемая внутренней емкостью аккумулятора.

В современных портативных устройствах преимущественно используются литий-ионные аккумуляторы, обладающие рядом преимуществ по сравнению с другими типами аккумуляторов при использовании в бытовых портативных устройствах [1]. Каждый аккумулятор имеет номинальную емкость – количество энергии, которым теоретически должен обладать аккумулятор в полностью заряженном состоянии. Однако в процессе эксплуатации происходит естественная деградация аккумулятора, характеризующаяся уменьшением его емкости. При достижении определенного уровня износа аккумулятора наблюдается прекращение его стабильной работы, в таком случае требуется замена аккумулятора. Повсеместное распространение мобильных устройств и высокая степень зависимости пользователей от их работоспособности приводят к необходимости разработки и реализации методов оценки состояния аккумуляторных батарей с целью прогнозирования конечными пользователями значений эксплуатационных характеристик устройств и срока замены аккумулятора. Вместе с тем, широко распространенные операционные системы (ОС), под управлением которых работает большинство современных мобильных устройств, не предоставляют штатных средств оценки состояния батареи устройства, что обусловливает актуальность задач по разработке подобных средств. Целью работы является вычисление остаточной емкости аккумулятора под управлением ОСAndroid. Для этого необходимо формализовать метод оценки емкости аккумулятора и составить реализацию, используя средства ОСAndroid.

Обзор существующих решений. Классическим методом проверки аккумулятора является контрольный разряд. Аккумулятор заряжают, а затем разряжают постоянным током или мощностью до минимального допустимого значения напряжения, регистрируя время до конечного напряжения разряда. Известен также метод измерения емкости в процессе зарядки устройства в выключенном состоянии через промежуточный узел (usb-тестер), регистрирующий значения токов заряда и продолжительность зарядки [2].

Указанные методы обеспечивают наиболее высокий уровень точности получаемых результатов, однако их применение в бытовых условиях, как правило, невозможно по причинам необходимости выведения аккумулятора, а, значит, и устройства из эксплуатации на период проведения измерений, сложности извлечения аккумулятора во многих устройствах, а также необходимости наличия специального оборудования.

Вместе с тем, задача оценки состояния аккумуляторов мобильных устройств остается актуальной, в связи с чем разрабатываются и реализуются методы определения емкости, доступные конечным потребителям. В настоящее время существуют приложения, позволяющие оценить емкость аккумулятора устройства, например AccuBattery или 3CBatteryMonitorWidget. Основными используемыми при этом методами являются следующие: оценка полученной аккумулятором энергии в процессе зарядки и последующее вычисление его емкости, создание искусственной нагрузки на устройство с целью стабилизации значения тока потребления, измерение тока потребления в процессе проведения тестов и последующее вычисление емкости аккумулятора. Недостатки указанных методов очевидны: необходимо заряжать устройство во включенном состоянии, что не соответствует паттернам использования мобильных устройств некоторыми пользователями согласно исследованиям 2011 года [3], актуальность исследований подтверждают более поздние исследования [4]. Кроме того, в процессе заряда во включенном состоянии устройство продолжает оставаться в эксплуатации, что снижает точность замеров значений тока заряда. А при создании искусственной нагрузки требуется выведение устройства из активной эксплуатации на период проведения измерений. Кроме того, данный метод не обеспечивает высокую точность в связи с необходимостью интерполирования полученных результатов и отсутствием контроля над процессами и приложениями ОС, активность которых может стать причиной резких скачков уровня потребления энергии устройством.

Можно сделать вывод, что существующие методы требуют дополнительного оборудования, вывода устройства из эксплуатации либо необходимости проводить измерения в условиях, непривычных для пользователя.

Метод решения. Предлагается метод оценки емкости аккумуляторов, предполагающий выполнение вычислений в процессе анализа характеристик потребления энергии устройством в периоды естественного разряда аккумулятора.

Метод базируется на принципах метода контрольного разряда, с учетом того, что устройство находится в процессе естественной эксплуатации, т.е. значение потребляемого тока не является постоянным. В процессе эксплуатации регулярно рассчитывается моментальная мощность, потребляемая устройством (1).

$$P_M = U_M \cdot I_M, \tag{1}$$

где U_M – напряжение аккумулятора, I_M – значение силы тока в момент измерений.

Единицей измерения емкости аккумуляторов, как правило, являетсямAh. Смысл значения емкости в mAh заключается в том, что аккумулятор способен обеспечивать питание потребителя в течение одного часа при указанном значении силы потребляемого тока. Таким образом, в общем случае емкость аккумулятора вычисляется по формуле (2).

$$E = I \cdot T, \tag{2}$$

где I – ток разряда, T – время разряда.

При наличии набора значений моментальных мощностей, потребляемых устройством в регулярные моменты времени на протяжении периода измерений оценка емкости аккумулятора в единицах Ah или mAh может быть вычислена по формуле (3).

$$E = \sum_{i=1}^{N} P_{M_i} \Big/ \left(\bar{U}_M \cdot N_h\right), \tag{3}$$

где P_{M_i} – моментальная потребляемая мощность в i-й момент времени периода измерений; N – количество измерений; $\bar{U}_M$ – среднее значение напряжения. N_h – количество измерений в час.

Получаемое значение емкости отражает актуальную емкость аккумулятора только в случае проведения замеров, начиная от момента полного заряда аккумулятора и заканчивая моментом его полного разряда. В условиях естественной эксплуатации мобильных устройств такой сценарий не является преимущественным. Таким образом, требуется интерполировать полученное значение для получения оценки полной актуальной емкости аккумулятора:

$$E = \sum_{i=1}^{N} P_{M_i} \Big/ \left(\bar{U}_M \cdot N_h\right) \cdot 100 \Big/ \left(L_F - L_S\right), \tag{4}$$

где L_S – уровень заряда аккумулятора в процентах на момент начала измерений; L_F – уровень заряда аккумулятора в процентах на момент окончания измерений.

Реализация. В качестве операционной системы был выбран Android в виду своей распространенности на данный момент. По данным на Январь 2019 года 75% мобильных устройств использует эту операционную систему [5]. ОС Android предлагает разработчикам класс BatteryManager [6], методы которого предоставляют текущее значение тока, напряжения и уровня заряда аккумулятора в процентах. Недостатком библиотеки является предоставление значения тока только для устройств с API 21 (Android 5.0 Lollipop) и выше, что по последним исследованиям Android составляет примерно 89% устройств [7]. Для поддержки более старых версий необходимо обратиться к файлу в системе, в который записывается текущее значение тока, однако у разных производителей путь к файлу будет свой.

Для исследования метода в ОС Android реализуется сервис, который в фоновом режиме периодически записывает в базу данных значения тока, напряжения и уровня заряда аккумулятора. Частота фиксации показаний имеет следующее влияние: чем чаще записываются измерения, тем точнее результат (чем меньше период, тем меньше вероятность незафиксированных скачков тока и напряжения между двумя измерениями) однако частые измерения быстрее расходуют аккумулятор, таким образом, этот вопрос предоставляется пользователю. Начиная с момента, когда разность между начальным и текущим значением уровня заряда становится отличным от нуля, появляется возможность рассчитать емкость по формуле (4). Чем больше будет разность между начальным и текущим уровнем заряда, тем точнее будет результат. Для проведения оценки точности результат работы реализации сравнивается со значением, близким к эталонному, рассчитанным с помощью usb-тестера. Для расчета с его помощью требуется полностью разрядить аккумулятор устройства и произвести полный заряд устройства в выключенном состоянии через usb-тестер. Производятся измерения на устройстве SonyXperiaLT25i с версией Android 4.3. Значение емкости, указанное производителем равно 1700 mAh, однако аккумулятор уже продолжительный срок пребывает в эксплуатации, следовательно это значение несколько уменьшилось. Период измерений взят равным 5 секундам. Результат,

приближенный к эталонному, рассчитанный с помощью usb-тестера равен 1247 mAh. Результат реализации приведен в виде графика зависимости значения емкости от разности между начальным и конечным уровнем заряда в процентах (рис. 1).

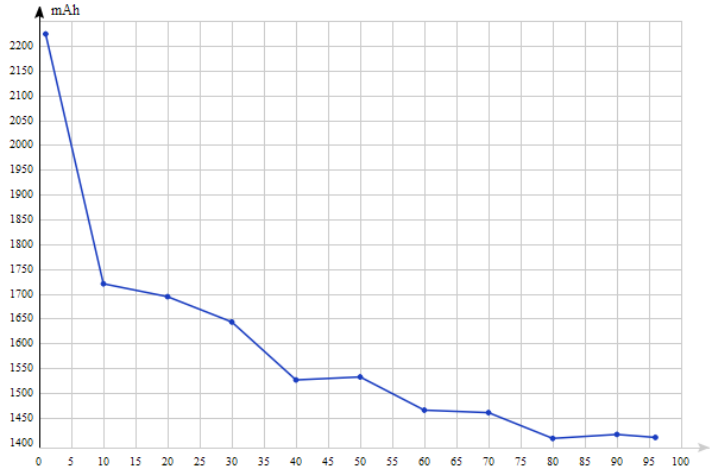


Рис. 1. Зависимость полученного значения емкости от разности между начальным и конечным уровнем заряда

При значении разности между начальным и конечным уровнем заряда равном 96, результатом реализации является 1410 mAh, что достаточно точно относительно эталонного, учитывая, что произведен только один цикл измерений.

Вывод. Предлагаемый метод оценки емкости аккумуляторов не обладает уровнем точности, сравнимым с уровнем точности методов контрольного разряда или заряда, поскольку результаты вычисления зависят от особенностей функционирования ОС, контролера аккумулятора устройства; кроме того, вычисления проводятся над усредненными значениями показателей. Однако предложенная методика удобна для конечных потребителей и отличается простотой реализации. Для достижения более высокой точности результатов можно также проводить вычисление среднего значения емкости аккумулятора по результатам измерений, проводимых в каждом цикле разряда аккумулятора. Также можно производить измерения при заряде аккумулятора, что в некоторых случаях эксплуатации может привести к более быстрому получению значения. Кроме этого, для поддержки большего количества устройств с уровнем API ниже 21, следует создать отображение версии устройства на путь к файлу, в котором записывается значение тока аккумулятора.

Список литературы

1. Груздев А.И. Опыт создания батарей на базе литий-ионных аккумуляторов большой емкости [Текст] / А.И. Груздев // Электрохимическая энергетика. – 2011. – №3. – С. 128−135;
2. Hoque M.A., Siekkinen M., Koo J., Tarkoma S. Accurate Online Full Charge Capacity Modeling of smartphone batteries [Электронный ресурс]: / M.A. Hoque. – 2016. – Режим доступа: https://arxiv.org/pdf/1604.05689.pdf;
3. Ferreira D., Dey A. K., Kostakos V. Understanding human-smartphone concerns: a study of battery life / D. Ferreira // Proc. International Conference on Pervasive Computing (Pervasive). – 2011. – С. 19-33.
4. Huoran Li, Xuanzhe Liu, Peking University, Qiaozhu Mei Predicting Smartphone Battery Life based on Comprehensive and Real-time Usage Data [Электронный ресурс]: / Huoran Li – 2018. – Режим доступа: https://arxiv.org/pdf/1801.04069.pdf
5. Mobile Operating System Market Share Worldwide // statcounter [Электронный ресурс]: http://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide/
6. BatteryManager // Developers [Электронный ресурс]: https://developer.android.com/reference/ android/os/Battery Manager
7. Distribution dashboard // Developers [Электронный ресурс]: https://developer.android.com/about/dashboards/

ПОСТРОЕНИЕ ПОЛУСТАНДАРТНЫХ ТАБЛИЦ ЮНГА С ПЛАНШЕРЕЛЕВСКИМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ С ПОМОЩЬЮ БЫСТРОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ RSK

А.Д. Кузьмин

Санкт – Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Алгоритм Робинсона-Шенстеда-Кнута (RSK) преобразует последовательность чисел в пару таблиц Юнга одинаковой формы. Рассматривается реализация быстрого алгоритма RSK с применением такой алгебраической структуры, как лес выталкиваний. С помощью предлагаемой реализации можно генерировать пары полустандартных таблиц, распределенных по мере Планшереля. Сформулированы задачи, которые могут быть решены с помощью быстрого преобразованияRSK.

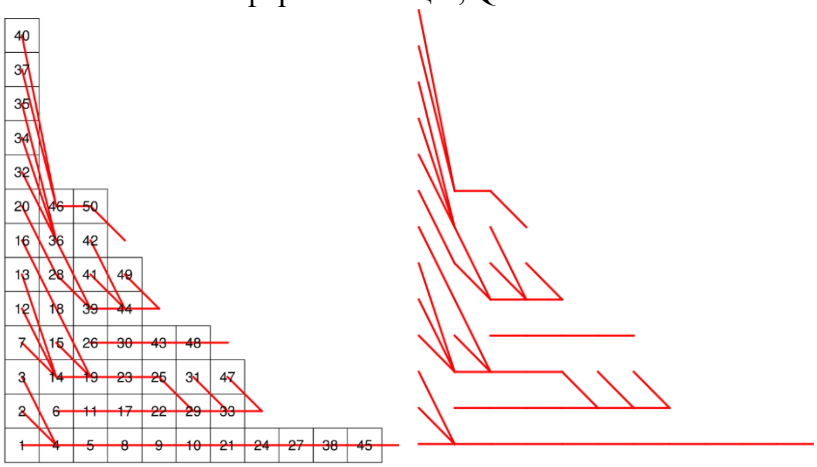
Ключевые слова: Таблица Юнга,алгоритм RSK, асимптотическая комбинаторика,мера Планшереля

Преобразование Робинсона-Шенстеда-Кнута (RSK) представляет собой биекцию между набором перестановок и набором парстандартных таблиц Юнга одинаковой формы: записывающей P и нумерующей Q. Таблицы, получаемые при преобразовании равномерно распределённых случайных перестановок, имеют т.н. планшерелевское распределение[1]. Данное распределение соответствует центральной вероятностной мере Планшереля на графе Юнга. Алгоритм RSK способен принимать на вход не только перестановки натуральных чисел, но и последовательности произвольных вещественных значений. В таком случае, в результате работы алгоритма образуются полустандартная таблица P и стандартная таблица Q. Обе эти таблицы имеют планшерелевское распределение, если значения входной последовательности– равномерно распределённые случайные величины.Построение планшерелевских таблиц большого размера необходимо для исследования многих задач асимптотической комбинаторики. В предыдущих работах удавалось построить таблицы, состоящие из десятков тысяч клеток [2], а также из 10-15 миллионов клеток [3]. В данной работе рассматривается новый подход, идея которого была впервые рассказана на конференции [4].

В начале работы стандартного алгоритма RSK первое значение последовательности помещается в таблицу P, а в таблицу Q помещается 1. Затем, на каждом шаге алгоритма, очередное значение последовательности записывается в первый столбец таблицы P. Если это значение наибольшее в столбце, то оно помещается в новую клетку сверху столбца. Иначе оно записывается на место ближайшего большего числа, которое в свою очередь “выталкивается” в соседний столбец справа. Вытолкнутое значение занимает позицию в следующем столбце по тому же принципу. Данный процесс завершается, когда очередное вытолкнутое значение окажется максимальным в столбце. Затем в таблицу Q помещается порядковый номер элемента последовательности в ячейку, в которой изменилась форма таблицы P. Алгоритм завершает работу после обработки всех элементов последовательности.

С ростом размера таблиц растёт количество операций, необходимых для обработки очередного значения входной последовательности. Это вызвано тем, что для каждого выталкиваемого значения необходимо искать в следующем столбце позицию ближайшего большего числа. Предлагаемая в данной работе реализация алгоритма RSK позволяет решить эту проблему. Идея алгоритма состоит в том, чтобы для каждой клетки хранить позицию в следующем столбце, куда она может быть вытолкнута.

Последовательность положений в таблице P, где происходит смещение во время одной итерации преобразования RSK, будем называть *путём выталкивания*. Множество всех путей выталкивания заданной таблицы представляет собой т.н. *лес выталкиваний*. На рисунке 1 (а) показан пример таблицы Юнга и соответствующий ей лес выталкиваний. Этот же лес отдельно показан на рис. 1 (б). Легко видеть, что он состоит из связных компонент, которые мы называем *деревьями выталкиваний*. Каждое дерево выталкиваний представляет собой объединение путей выталкиваний, сходящихся к одной и той же позиции, где может быть изменена форма таблиц P, Q.



а) б)

Рис. 1 Пример леса выталкиваний: а) с соответствующей ему таблицей Юнга, б) отдельно от таблицы

На каждом шаге алгоритма необходимо поддерживать корректную структуру леса выталкиваний, что приводит к дополнительным затратам вычислительных ресурсов. С другой стороны, не требуется вычислять позиции для выталкиваний ячеек таблицы P. Численные эксперименты показывают, что предлагаемый алгоритм работает быстрее, чем стандартный алгоритм RSK, и выигрыш в производительности увеличивается с ростом длины последовательностей.

Существует множество задач, для решения которых необходимо построение полустандартных таблиц Юнга большого размера. Например, это оказывается необходимым при изучении траектории некоторого конкретного значения в таблице P при преобразовании RSK. При изучении свойств таблиц, образующих класс двойственной эквивалентности по Кнуту, скорость вычислений для таблиц размера 10^5 и более была недостаточна в силу крайне медленной сходимости значений из численных экспериментов к теоретически предсказанным [5,6]. Применив быстрый алгоритм RSK, можно продолжить это исследование для таблиц гораздо больших размеров. Представляет интерес изучение диапазона значений в первом столбце, принадлежащих некоторому дереву с фиксированным корнем. Также предполагается в дальнейшем изучить характер роста количества деревьев выталкиваний таблицы P в зависимости от количества её угловых клеток.

Список литературы

1. Вершик А. М., Керов С. В. Асимптотика максимальной и типичной размерностей неприводимых представлений симметрической группы // Функциональный анализ и его приложения. 1985. Т. 19. № 1. С. 25–36;
2. Вершик А. М., Павлов Д. А. Численные эксперименты в задачах асимптотической теории представлений // Записки научных семинаров ПОМИ. 2009. Т. 373. С. 77–93;

3. V.S. Duzhin, N.N. Vasilyev, Asymptotic behavior of normalized dimensions of standard and strict Young diagrams – growth and oscillations, J. Knot Theory Ramifications, Vol. 26 (2016);
4. Vasilii Duzhin, Artem Kuzmin, Nikolay Vassiliev. RSK bumping trees and a fast RSK algorithm. International Conference “Polynomial Computer Algebra 2019”, Saint-Petersburg, 15-20 April 2019, Ed. by N. N. Vassiliev, VVM Publishing, Saint-Petersburg, 2019, pp. 64-66;
5. Обратное RSK преобразование. Исследование классов эквивалентности перестановок. https://cloud.mail.ru/public/oe3M/TavEAmnhP(Дата обращения 25.04.2019);
6. Васильев Н.Н., Дужин В.С., Кузьмин А.Д. Исследование свойств классов эквивалентности перестановок с помощью обратного преобразования Робинсона – Шенстеда – Кнута. Информационно-управляющие системы. 2019;(1):11-22. https://doi.org/10.31799/1684-8853-2019-1-11-22.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ МОДЕЛИ КОМПЛЕКСА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО ПРИБОРА

Н. И. Лисс

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) «ЛЭТИ»

Аннотация. В докладе представлено описание разработанной программной модели диагностирования гидроакустического прибора. Для разработки модели сформулированы требования к программному продукту, определены технологии и средства реализации.

Ключевые слова: диагностирование состояния узлов, система диагностирования, графический интерфейс системы диагностирования

В области гидроакустики к надежности любого гидроакустического прибора предъявляются повышенные требования, учитывая особую важность решаемых задач [1]. Поэтому задача сквозного и оперативного контроля состояния узлов гидроакустического прибора или комплекса является актуальной. Для эффективного диагностирования гидроакустического комплекса необходимо автоматизировать процесс с помощью программно-аппаратного обеспечения, предоставляющего пользователю информацию о состоянии всех узлов комплекса. Контроль состояний каждого узла должен проводиться без прерывания его работы, методом неразрушающего контроля. Для отладки разрабатываемого программного обеспечения (ПО) удобно применить программную модель, о которой сообщается в докладе.

Программная модель состоит из двух компонентов: графического интерфейса пользователя, запускаемого на блоке управления и контроля (БУК) и имитации взаимодействия с программно-аппаратной частью, т.е. центральным вычислительным комплексом (ЦВК). Компоненты могут работать на разных компьютерах, обмен данными производится по протоколу UDP. Графический интерфейс модели предназначен для управления диагностированием и вывода результатов на экран для дальнейшего анализа экспертами. Управление заключается в запросе к другому компоненту на запуск диагностирования методом сквозного или оперативного контроля. Имитатор центрального вычислительного комплекса генерирует по заданной спецификации результат вычислений ЦВК и отправляет их на БУК. После получения результатов диагностирования производится вывод результатов на экран.

Разработанное ПО представляет собой программную модель программно-аппаратной системы, у которой определены такие функции как:

– контроль функционирования прибора в процессе использования без перерыва в работе (осуществляемый как режим оперативного контроля, производимый постоянно),

результат – постоянно обновляющийся табель технического состояния с указанием работоспособности каждого узла;

– контроль технического состояния прибора при его включении и периодически за время не более 5 минут (осуществляемый как режим сквозного контроля, производимый периодически), результат – табель технического состояния работоспособности или неработоспособности прибора;

– поиск места отказа за конечное время;

– выдачу и документирование информации по результатам диагностирования.

Также, для корректного функционирования ПО, накладываются некоторые ограничения.

Для сквозного контроля:

– величина вероятности ложного отказа – не выше 0,04;

– величина вероятности необнаруженного отказа – не выше 0,04.

Для поиска места отказа:

– вероятность правильного обнаружения отказавшего элемента – не ниже 0,95;

– в состав входят средства автодиагностирования;

– отказ не приводит к нарушению работоспособности прибора.

Разработка программной модели диагностирования состояний узлов гидроакустического прибора, обладающей характеристиками, изложенными выше, состоит из двух частей:

– разработка графического интерфейса;

– разработка имитатора ЦВК прибора.

Графический интерфейс для программно-аппаратной системы диагностирования состояний узлов гидроакустического прибора не имеет особых требований к выбору технологии разработки, так как графический интерфейс не подключается непосредственно к прибору, а запускается на рабочей станции пользователя. Основные требования к виду и структуре графического интерфейса основываются на удобстве получения информации о прохождении диагностирования. Пользователю важно получить информацию о виде проводимого контроля и о неисправности определённых узлов прибора.

Графический интерфейс разработан в Qt [2] на основе технологии Qt Quick с помощью декларативного языка QML [3]. Такой инструментарий был выбран в связи с удобством его использования: разработка графического интерфейса в Qt позволяет повысить эффективность выполнения программы и уменьшить время на создание программного приложения.

Для разработки описанного графического интерфейса большим плюсом является наличие в Qt инструмента «сигналы и слоты». С помощью этого инструмента обеспечивается взаимодействие между программной и аппаратной частью. Пользователь выбирает вид контроля и нажимает нужную экранную кнопку, после чего запускается программный слот, привязанный к сигналу нажатия кнопки. Ноутбук, соединенный по кабелю Ethernet с прибором, гидроакустическим маяком, отправляет сигнал о начале проведения контроля на цифровой вычислительный комплекс (ЦВК).

Для разработки и отладки ПО в качестве технологической операционной системы (ОС) используется ОС типа UNIX. Программирование прикладного ПО осуществляется на языке Си и обосновывается возможностью эффективного взаимодействия с ОС, высоким быстродействием программ, компактностью программ, наличием доступа ко всем аппаратным средствам.

Диагностирование состояния всех узлов гидроакустического прибора выполняется на узле ЦВК. После диагностирования всех узлов прибора ЦВК выполняет автодиагностирование. Оперативный контроль осуществляется с помощью отправки запроса каждому узлу о состоянии и идентификаторе узла. Так к ЦВК приходят пары значений «идентификатор и состояние», по которым можно определить, неисправен ли узел и какой.

Сквозной контроль осуществляется с помощью генерации известного сигнала с известной амплитудой и частотой. Затем сигнал подвергается преобразованию Фурье, проходя через аппаратуру предварительной обработки. Затем применительно к обработанному сигналу вычисляется амплитуда и частота. Если две пары полученных значений амплитуды и частоты соответствуют друг другу, то обработка произошла корректно и прибор является исправным.

Отладка программы, выполняющей контроль состояния прибора, производится с помощью имитатора работы ЦВК. Для имитации создаётся массив, в который записываются байты состояния того или иного узла. Затем в зависимости от значения состояния на экран выводится результат – схематично изображённый узел окрашивается в зелёный цвет, если узел исправен, и в красный цвет, если неисправен.

В ходе выполнения работы была произведена разработка программной модели системы диагностирования гидроакустического прибора. В результате был создан графический интерфейс для управления диагностированием и программа имитатор центрального вычислительного комплекса.

Список литературы

1. Корякин Ю.А., Смирнов С.А., Яковлев Г.В. Корабельная гидроакустическая техника: состояние и актуальные проблемы. – Спб.: Наука. – 410 с. 177 ил;
2. Qt Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://doc.qt.io/?hsCtaTracking=f641fd1a-772b-4957-964b-dad954b8d702%7C46c97dac-f1f6-49b3-ae46-8070fc35ea13, свободный (дата обращения: 20.04.2019);
3. Qt QML [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://doc.qt.io/qt-5/qtqml-index.html, свободный (дата обращения: 20.04.2019).

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПРЯМОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ РЕГРЕССИОННЫХ ЗАДАЧ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ.

А.С. Перков, Т.Р. Жангиров, С.А. Иванова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Рассматривается применение нейронных сетей для решения задачи исследования закономерностей в водных экосистемах, а именно для построения зависимости количественных параметров сообществ бактерий эпилитона на литорали от гидролого-гидрохимического режима водных объектов и антропогенного воздействия. В данной работе проанализированы две архитектуры нейронных сетей (с одним и с двумя скрытыми слоями) и представлены результаты их применения. Построены графики отношения предсказанных данных и исходных, а также графики ошибок обучения и тестирования.

Ключевые слова: нейронные сети, экология, регрессия.

Целью данной работы является реализация нейронной сети прямого распространения в применении к задаче построения регрессионной модели зависимости количественных параметров сообществ бактерий эпилитона на литорали от гидролого-гидрохимического режима водного объекта. Модель строится по наборам данных, полученным с трех биологических станций Кольского залива Баренцева моря, на которых каждый месяц брались пробы воды в период с октября 2012 по октябрь 2013 годы.

Описание качества воды на станциях состоит из 10 признаков: температура, соленость, водородный показатель (pH), концентрация растворенного в воде кислорода, насыщение воды кислородом, биохимическое потребление кислорода, концентрации аммонийного азота, нитратного азота, нитритного азота, фосфатов.

Задача состоит в построении регрессионной модели, которая предположительно должна выявить зависимость между состоянием среды, описываемым данными признаками, и общей численностью эпилитона — сообщества водорослей на каменистых грунтах. Решение задачи основано на разработке, обучении и применении искусственной нейронной сети. Наблюдениями в задаче являются время (месяцы) сбора проб с трех станций, на каждой станции по 13 наблюдений. Нейронная сеть обучена на первых двух станциях, а тестирование проводилось по третьей.

До внедрения нейронной сети, исходные данные должны быть стандартизированы. Стандартизация данных позволяет уменьшить их разброс и улучшить качество построения модели. Стандартизация производится по следующей формуле: $y = \frac{x - \bar{x}}{\sigma_x}$, где $\bar{x}$ – среднее значение признака, σ_x – среднеквадратичное отклонение.

На основе обзора специализированной литературы и вида исходных данных, для решения задачи была выбрана архитектура искусственной нейронной сети прямого распространения. Схема рассматриваемой нейронной сети показана на рис. 3. В общем случае, нейронная сеть состоит из множества взаимосвязанных элементов – нейронов, объединенных в слои: входной слой, скрытые слои, выходной слой.

Слои характеризуются весовыми коэффициентами и функцией активации; результат применения функции активации на скалярном произведении вектора входных данных и вектора весовых коэффициентов является результатом работы слоя. На входном слое количество нейронов равно числу признаков наблюдений. На выходном слое количество нейронов равно числу объектов, которые предсказываются, для данной задачи число равно 1. Для решения задачи были опробованы структуры нейронных сетей с одним и двумя скрытыми слоями, размер каждого равен 5 нейронам. Для каждой архитектуры подобрано свое значение числа циклов обучения: 500 и 530 эпох. Функцией активации на скрытых слоях является гиперболический тангенс, а на выходном слое – функция ReLU: $y = max(x,0)$, так как у выходного вектора все значения должны быть положительными. Для оценки исследуемой нейронной сети используется ошибка регрессии, которая вычисляется на каждой эпохе по формуле среднеквадратичного отклонения (MSE).

В качестве метода обучения нейронной сети используется метод градиентного спуска (GD), так как он наиболее прост для реализации и подходит для начальной реализации нейросетей.

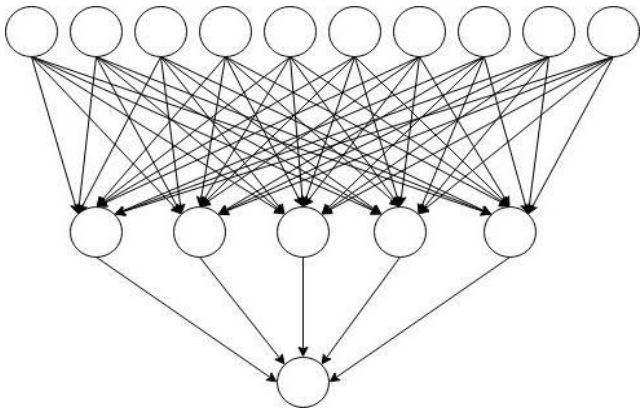
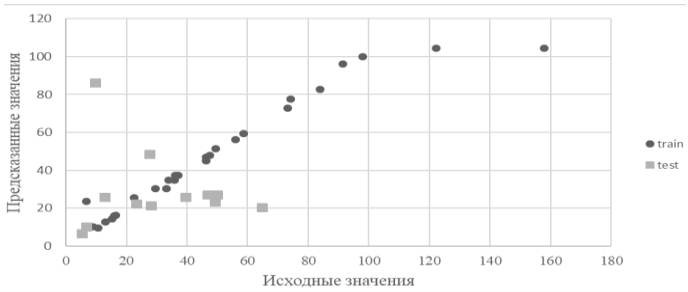
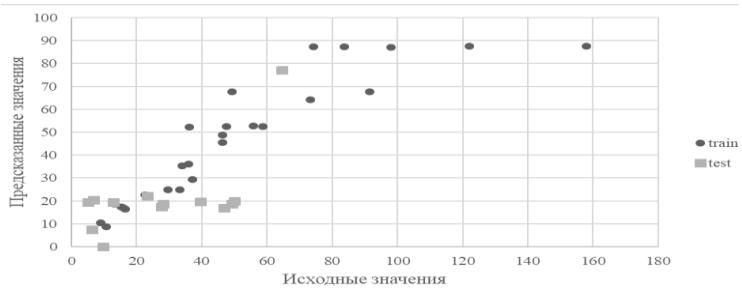


Рис. 1. Схема нейронной сети

Ниже представлены результаты применения нейронных сетей: на рис. 2, *а* и рис. 3, *а* результат применения нейронной сети с одним скрытым слоем, на рис. 2, *б* и рис. 3, *б* – сеть с двумя скрытыми слоями.



а



б

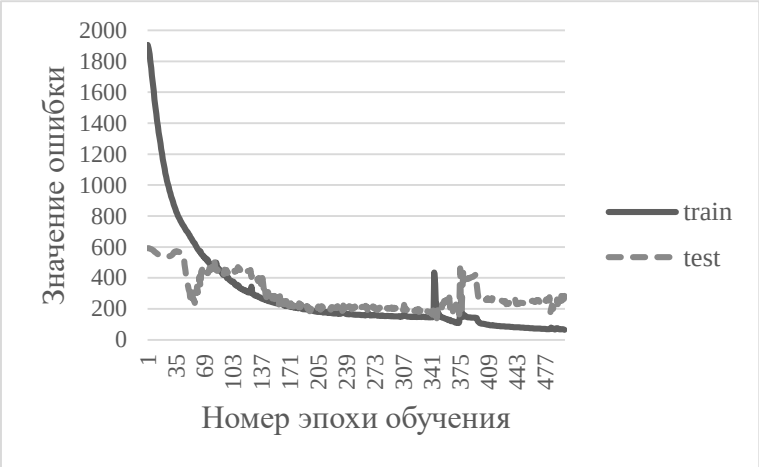
Рис. 2. Результат применения нейронной сети

На рис. 2 изображена диаграмма зависимости между реальными значениями общей численности эпилитона и значениями, полученными нейронной сетью. Сеть с одним скрытым слоем показывает лучшую зависимость на обучающих данных, чем сеть с двумя скрытыми слоями, однако тестовые данные лучше предсказываются сетью с двумя скрытыми слоями.

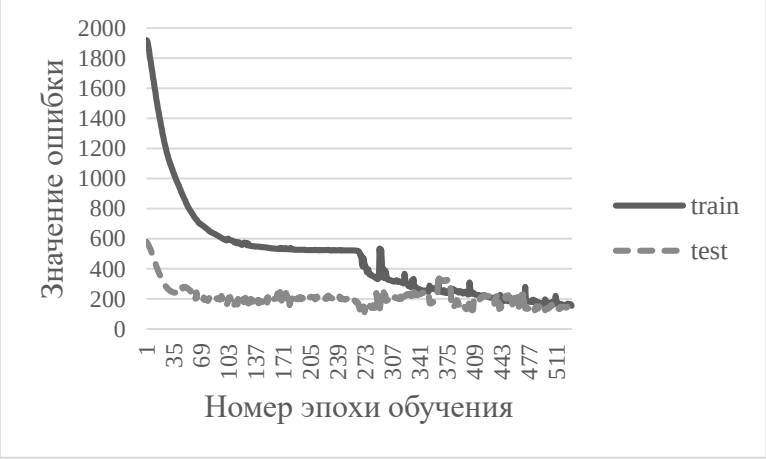
Результатам, приведенным на рис. 2, соответствуют значения ошибки, представленные на рис. 3.

Для нейронной сети с одним скрытым слоем значения ошибок обучения и тестирования равны 64.5 и 283.7, с двумя – 155.5 и 154.7, соответственно. Поскольку точность

распознавания тестовой выборки является более приоритетной, то нейронная сеть с двумя скрытыми слоями является более предпочтительной.



а



б

Рис. 3. Графики ошибок обучения и тестирования нейронной сети

Таким образом, обе модели нейронной сети прямого распространения показали неплохую способность к построению регрессионной модели на предложенных данных. Дальнейшими шагами в исследовании применения нейронных сетей к данной задаче являются увеличение количества скрытых слоев и построение оптимальной архитектуры с наилучшим качеством обобщения.

Список литературы

1. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. // Финансы и статистика, 2004;
2. Мирошенко Е. С. Бактериоценозы эпилитона литорали южного и среднего колен Кольского залива Баренцева моря.: дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук (03.02.10) // Мурманский государственный технический университет. – Мурманск, 2016. – 176 с;
3. Amari S. Backpropagation and stochastic gradient descent method //Neurocomputing. 1993. Vol. 5. №. 4-5. P. 185-196;

СРАВНЕНИЕ ПОДХОДОВ К РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЮ АЛГОРИТМА САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ КАРТ КОХОНЕНА

А.А. Половинкин, С.В. Родионов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье были рассмотрены такие подходы к распараллеливанию алгоритма самоорганизующихся карт Кохонена как: MapReduce и императивный подход. Были определены критерии сравнения подходов: степень зацепления, наличие ограничений на способ распараллеливания, необходимость разбиения алгоритма на заданные функции. По выделенным критериям был проведен сравнительный анализ подходов и предложен оптимальный подход к реализации самоорганизующихся карт Кохонена.

Ключевые слова: алгоритм кластеризации, самоорганизующиеся карты Кохонена, MapReduce, функциональный подход.

Императивные языки программирования (C, C++, Java и другие) не приспособлены для разработки многопоточных программ. Они ориентированы на изменение состояния при выполнении инструкций программы.

Основной проблемой таких программ при их параллельном выполнении является необходимость обеспечения одновременного доступа к состоянию программы из параллельных ветвей. Из-за этого появляются такие проблемы, как: синхронизация доступа, блокировки, гонки и др. Решение этих проблем достаточно трудоемкий процесс, как на этапе разработки, так и на этапе отладки.

Альтернативой императивным языкам являются функциональные языки (Haskell, Lisp и другие). Программы, написанные на функциональных языках, не имеют внутреннего состояния. В отличие от машины Тьюринга, функциональные языки основаны на теории λ-исчислений. В теории λ-исчислений программа представляется в виде функционального выражения, в котором функции вызываются друг из друга. Вся информация необходимая для передачи от функции к функции передается через аргументы функций и возвращаемые значения [1]. Особенностью таких языков является отсутствие состояния программы, а значит и необходимости его изменения.

Функции обрабатывают только переменные, являющиеся аргументами этих функций, и не используют глобальных переменных. Такие функции называются "чистыми" и обладают следующими свойствами:

– функция возвращает одно и то же значение для одних и тех же аргументов;

– результат функции не зависит от внешнего состояния;

– при выполнении функции не происходит никаких побочных действий, таких как изменение состояния объектов.

Следовательно, такие функции могут выполняться параллельно без необходимости дополнительных мер, предотвращающих блокировки, гонки и другие проблемы параллельного выполнения.

Параллельные программы на функциональных языках являются высокоуровневыми, декларативными и не работают явно с концепциями синхронизации и коммуникации потоков. Задача программиста – обозначить место параллельного выполнения, в то время, как детали параллельного выполнения скрыты в среде выполнения.

Был проведен анализ существующих популярных (наиболее цитируемых по запросу в Google Scholar "self organizing map parallel") подходов к распараллеливанию алгоритма

кластеризации с помощью самоорганизующихся карт Кохонена. Самоорганизующиеся карты – это одна из разновидностей нейросетевых алгоритмов. Алгоритм функционирования самообучающихся карт (Self Organizing Maps – SOM) представляет собой один из вариантов кластеризации многомерных векторов.

Подход MapReduce [2] [3].

Обладает возможностью распределенного выполнения алгоритма SOM. Однако имеет ряд недостатков, заключающихся в различных ограничениях, накладываемых на реализацию алгоритма:

– нельзя реализовать алгоритм с использованием общей памяти;

– необходимо явно декомпозировать на функции map и reduce;

– должно выполняться требование списочного гомоморфизма;

– распараллеливание только по данным, распараллеливание по задачам не поддерживается.

Низкоуровневый императивный подход [4] [5].

Главное достоинство низкоуровневого подхода – производительность, так как за счет более низкого уровня абстракции разработчик обладает большим контролем над выделением памяти и реализацией параллельного выполнения. Но логика многопоточного выполнения явно вписана в логику алгоритма, что снижает легкость модификации как алгоритма, так и подхода к распараллеливанию. Также сложно отследить место изменения внешнего состояния из-за возможности прямого обращения к нему, функции не являются “чистыми”.

В качестве критериев сравнения аналогов были выбраны следующие.

1. Степень зацепления [6] логики параллельного выполнения алгоритма с логикой алгоритма.

Степень зацепления – мера взаимозависимости кода, описывающего процесс параллельного исполнения и кода алгоритма. Низкоуровневый императивный подход имеет недостаток в виде сильного зацепления так как код, отвечающий за параллельное выполнение написан внутри кода алгоритма и взаимодействует с реализацией алгоритма напрямую. Подход MapReduce наоборот требует, реализации функций map и reduce, среда параллельного выполнения не обладает информацией о реализации этих функций. В коде при этом отсутствуют признаки параллельного выполнения программы. Слабая степень зацепления облегчает изменение и тестирование алгоритма.

2. Наличие ограничений на способ распараллеливания.

MapReduce поддерживает распараллеливание только по данным. Низкоуровневый подход таких ограничений не имеет. При отсутствии ограничения на способ распараллеливания появляется возможность выбирать более удобный способ в зависимости от исходных данных и других факторов.

3. Необходимость разбиения алгоритма на заранее определенные средой параллельного выполнения функции.

Подход MapReduce помимо ограничений на способ распараллеливания накладывает ограничения на реализацию алгоритма, так как необходимо разделить логику алгоритма на функции map и reduce, чтобы при этом удовлетворялось требование списочного гомоморфизма. Не все алгоритмы относительно просто можно разделить на необходимые функции, работа по разделению алгоритма на специфичные функции требует затрат времени разработчика, получившийся код многопоточного алгоритма значительно отличается от однопоточной версии.

Таблица 1

Критерии сравнения	MapReduce	Императивный
Степень зацепления	Слабая	Сильная
Наличие ограничений на способ распараллеливания	Да	Нет
Необходимость разбиения алгоритма на заранее определенные средой параллельного выполнения функции	Да	Нет

Каждый из приведенных в таблице 1 подходов к реализации алгоритма SOM имеет свои достоинства и недостатки. Сравнительный анализ по трем критериям показывает, что в ситуации, когда ограничения подхода MapReduce не являются значимыми, необходимо выбрать его, иначе необходимо выбрать императивный подход. Чтобы избавиться от указанных ограничений и обеспечить слабое зацепление предлагается реализовать алгоритм самоорганизующихся карт Кохонена на основе функционального подхода [7], так как данный подход обеспечит высокоуровневый интерфейс распараллеливания и отделение логики параллельного выполнения от логики самого алгоритма.

Решение должно обладать следующими качествами:

1. слабая связность логики параллельного выполнения и логики алгоритма (зацепление);
2. отсутствие разделения на специфичные функции map и reduce;
3. со стороны среды параллельного выполнения отсутствие таких ограничений как:
   – ограничение на реализацию алгоритма с использованием общей памяти,
   – ограничение на распараллеливание алгоритма только по данным.

Функциональный подход к распараллеливанию обладает данными качествами и может быть использован в качестве более эффективного подхода реализации алгоритма самоорганизующихся карт Кохонена.

Список литературы

1. Selinger P. Lecture notes on the lambda calculus //arXiv preprint arXiv:0804.3434. – 2008;
2. Sul S. J., Tovchigrechko A. Parallelizing BLAST and SOM algorithms with MapReduce-MPI library //2011 IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing Workshops and Phd Forum. – IEEE, 2011. – С. 481-489;
3. Weichel C. Adapting self-organizing maps to the mapreduce programming paradigm //Software-Technologien und-Prozesse: Tagungsband/Proceedings zur 2. Konferenz STeP 2010, Hochschule Furtwangen, 6. Mai 2010. – Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2015. – С. 119;
4. Lawrence R. D., Almasi G. S., Rushmeier H. E. A scalable parallel algorithm for self-organizing maps with applications to sparse data mining problems //Data Mining and Knowledge Discovery. – 1999. – Т. 3. – №. 2. – С. 171-195;
5. Wittek P. et al. Somoclu: An efficient parallel library for self-organizing maps //arXiv preprint arXiv:1305.1422. – 2013;
6. Coupling (computer programming) -- ISO/IEC/IEEE 24765:2010 Systems and software engineering — Vocabulary;
7. Kholod I., Kupriyanov M., Shorov A. Decomposition of data mining algorithms into unified functional blocks //Mathematical Problems in Engineering. – 2016. – Т. 2016.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА АРХИТЕКТУР НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В.А. Саклакова, А.В. Шолохов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Развитие и доступность аппаратных и программных средств обучения нейронных сетей, а также появление больших наборов, размеченных данных привело к появлению методов повышения разрешения изображений с помощью глубокого обучения. В настоящий момент существует большое разнообразие методов построения архитектур нейронных сетей, представленных в научной литературе, для решения данной задачи. В представленной работе описывается программный комплекс, предназначенный для поиска наиболее подходящей архитектуры нейронной сети с использованием определенных метрик для решения задачи повышения разрешения изображения.

Ключевые слова: машинное обучение, искусственные нейронные сети, повышение разрешения, обработка изображений

Введение

В данной работе решается задача повышения разрешения изображений. Изображения, которые обладают высоким разрешением, чаще всего используются для задач анализа и обработки этих изображений, так как повышается видимость деталей, которые могут быть плохо распознаваемы на изображениях с низким разрешением.

Ранее [1] для данной задачи в основном использовались интерполяционные методы, такие как метод ближайших соседей, билинейный и бикубический методы интерполяции. В данной работе задача решается с использованием метода супер разрешения с применением нейросетевого алгоритма машинного обучения, так как данный подход позволяет получать изображение более качественным в смысле визуального восприятия [2].

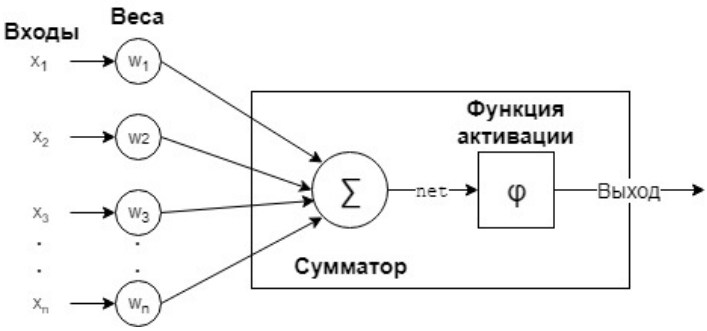


Рис. 1. Модель искусственного нейрона

На текущий момент существует большое количество решений данной задачи с использованием глубокого обучения, особенно выделяется алгоритм машинного обучения - генеративно-состязательная сеть (Generative adversarial network, GAN)[3]. Но даже в рамках одного выделенного алгоритма используются разные методы построения сети, подбираются различные параметры. Таким образом, актуальной становится проблема выбора наиболее подходящей архитектуры нейронной сети под определённую задачу, так как даже при наличии различной литературы и типологий нейронных сетей, определённых для той или иной задачи, спектр выбора остается широким.

Обзор предметной области

Искусственная нейронная сеть (ИНС) – это математическая модель. На рисунке 1 представлена полная внутренняя модель искусственного нейрона. Результатом работы нейрона является число, которое использует функция активации для формирования выхода нейрона по формуле: $\varphi\left(x_1 w_1 + x_2 w_2 + \cdots + x_n w_n\right) = \varphi\left(\sum_{i=1}^{n} x_n \middle| w_n\right)$

GAN – модель, которая сочетает работу двух нейронных сетей: генератор (G)и дискриминатор (D).Основной идеей работы сетей является принцип «минимакс игры», где генератор обучается создавать образцы, а дискриминатор обучается отличать оригинальные образцы от созданных генератором (Рисунок 2).

Как было отмечено во введении, на сегодняшний день GAN-модели показывают лучшие результаты в решении поставленной задачи. Применяя данную архитектуру для задачи повышения разрешения изображения, общий подход заключается в следующем: на вход сетиGподаётся размытое изображение, и сеть пытается восстановить его. Сеть D выдаёт в качестве ответа вероятность– оригинальное это высоко разрешенное изображение или изображение, которое является выходным результатом из сети G.

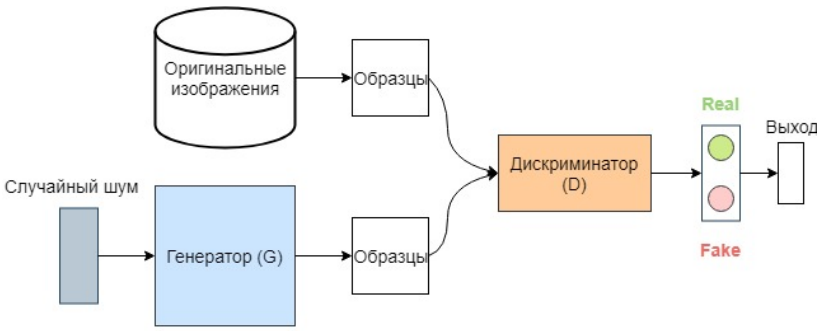


Рис. 2. Модель GAN

Как видно из описания, GAN очень зависимы от природы входящих изображений, поэтому под каждую конкретную задачу требуется подбор конкретных параметров: как архитектуры, так и параметров обучения. Для автоматизации данной задачи был разработан программный комплекс, позволяющий автоматизировать задачу поиска необходимой архитектуры путём формирования конвейера различных компонентов.

Программный комплекс

Для проведения экспериментов с различными моделями GAN-сетей, был разработан программный комплекс, автоматизирующий данную задачу. В качестве архитектуры комплекса была выбрана модель конвейера: данные поступают в первый блок и друг за другом проходят через последовательность блоков обработки. При этом каждый блок имеет единственный вход и выход. Возможно как сохранять промежуточные результаты (например, для просмотра текущего состояния системы), так и передавать их без сохранения, экономя, тем самым, количество потребляемой оперативной памяти, что при обработке большого количества изображений может быть критичным. Конвейерный подход позволяет легко отключать и подключать необходимые блоки, а также дорабатывать или изменять их, что даёт возможность гибко влиять на процесс проведения экспериментов.

Программный комплекс разработан на языке Python 3.6 в объектно-ориентированном стиле. За каждый блок отвечает отдельный класс. Таким образом, для построения конвейера обработки данных необходимо создать объект каждого необходимого класса (блока), а далее каждому последующему объекту передать в качестве параметра предыдущий объект. Таким образом организуется цепочка вызовов, последовательно обрабатывающих входные данные. Схема организации описанного подхода показана на рисунке 3.

Как видно из рисунка 3, на вход программному комплексу подаётся файл формата csv(Comma-SeparatedValues), где каждая строка описывает одно изображение, и все данные в этой строке разделены запятыми, например: 00045, C:\Datasets\ DCGAN\ /image00045.jpg, 45. Здесь первое значение соответствует idфайла, второе значение отвечает за путь к файлу, а третье – размер файла в килобайтах. Далее описано, какие блоки были реализованы в программном комплексе и как они осуществляют обработку данных.

Рис. 3. Схема конвейерной архитектуры программного комплекса. На вход подаётся csv-файл с описанием набора данных, на выходе возвращаются метрики модели.

Блок обработки csv-файла (классDataset).Данный блок (объект класса) считывает csv-файл и сохраняет описанные в нём данные в массивы. При этом проверяется наличие в системе каждого файла, а также считается вспомогательная информация: общее количество изображений и их суммарный размер.

Преобразователь изображений в признаковое описание (класс FeatureExtractor). Сверточные нейронные сети, с которыми работают GAN-модели, принимают на вход описание изображений в виде яркости их пикселей по трём слоям (RGB). Данный блок принимает на вход массивы с адресами изображений из предыдущего блока и рассчитывает признаковое описание (яркости пикселей для каждого из трех слоев) для каждого изображения, сохраняя их в бинарном файле (.npy) для более быстрой работы с данными. Здесь стоит отметить, что, единожды преобразовав набор изображений в бинарный формат, в дальнейшем этот блок можно пропускать и сразу же передавать бинарные данные в следующий блок.

Сплиттер (класс Splitter) принимает на вход признаковое описание изображений в виде адреса до бинарного файла и далее, оперируя только индексами для увеличения скорости работы, осуществляет разбиение на тренировочную и тестовую выборки.Возвращаетразбитые на выборки индексы.

Батчер (класс Batcher) представляет собой класс-итератор. Он принимает на вход индексы тестовой и тренировочной выборки и каждый раз, при его использовании в цикле, возвращает очередную часть данных (батч) в виде набора индексов.

Модель (класс Model) – класс, в котором реализуются метода fit (обучить) и predict (предсказать, сгенерировать). Является надстройкой, «обёрткой» над заранее реализованными моделями. Возвращает сгенерированные изображения.

Блок метрик (класс Metrics) позволяет оценить качество сгенерированных изображений по какой-либо выбранной метрике.

Таким образом, меняя лишь модель генерации изображения, можно многократно проводить эксперименты на одних и тех же наборах данных и сравнивать метрики, выбирая наилучшую модель.

Программный комплекс реализован в виде множества отдельных файлов, в каждом из которых описывается конкретный блок. Вызовпрограммы осуществляется через запуск файла app.py, в котором описан каждый используемый контейнер (для каждой модели).

Результаты

Для сравнения были выбраны архитектуры генеративно-состязательных сетей с использованием сверточных нейронных сетей (deepconvolutionalgenerativeadversarialnetwork, DCGAN) со следующими параметрами: 32 и 64 слоя чередуются с модификациями rectifiedlinearunit (ReLU) функции активации – NoisyReLU и LeakyReLU. Данные функции активации являются наиболее часто применяемыми в сверточных нейронных сетях.

Для оценки архитектур была выбранаобщепринятая метрика для оценки расхождения восстановленных изображений и исходных – пиковое отношение сигнала к шуму (peaksignal-to-noiseratio, PSNR). PSNR– соотношение между максимумом возможного значения сигнала и мощностью шума, искажающего значения сигнала. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Мет-рика	DCGAN, 32 слоя, NoisyReLU функция активации	DCGAN, 64 слоя, LeakyReLU функция активации	DCGAN, 32 слоя, NoisyReLU функция активации	DCGAN, 64 слоя, LeakyReLU функция активации
PSNR	24.82	26.71	23.22	25.66

Исходя из результатов проведённых экспериментов, для решения задачи повышения разрешения изображений была выбрана архитектура DCGAN с 64 слоями и LeakyReLU функцией активации, показавшая наилучший результат по метрике PSNR.

Список литературы

1. Маркелов К.С. Модель повышения информативности цифровыхизображений на базе метода суперразрешения // Инженерный вестник. 2013, вып. (№3). С. 525-542;
2. Коссов П.В. Улучшение качества тепловизионных изображений на основе суперразрешения и анализа ситуаций. // Автореферат диссертации, М.:, 2011 г;
3. Yang W. et al. Deep learning for single image super-resolution: A brief review //arXiv preprint arXiv:1808.03344. – 2018;

ТЕХНОЛОГИЯ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ. МЕТОД ОДНОВРЕМЕННОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ПОСТРОЕНИЯ КАРТЫ

Н. Селиверстов, А.Е. Лончина

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье рассмотрены основные типы дополненной реальности, приведено подробное описание метода одновременной локализации и построение карты, на основе метода разработано мобильное приложение. Выделены минимальные системные требования к устройствам воспроизведения, представлено описание программного обеспечения, которое необходимо для разработки приложения.

Ключевые слова: дополненная реальность, SLAM

Дополненная реальность (далее в тексте ДР) – это технология, которая позволяет совмещать виртуальную и объективную реальность путем наложения виртуальной информации в реальную среду. При правильном использовании и качественно написанном контенте у пользователя стирается грань между реальностью и искусственно разработанным миром.

В 1994 году Пол Милграм и Фумио Кисино описали термин континуум «виртуальность – реальность» (см. рисунок 1). Континуум Милграма продвигается от «реальной среды», состоящей из реальных объектов, через все более виртуальную среду к полной «виртуальной среде». Между реальностью и виртуальной реальностью находится «Дополненная реальность» и «Дополненная виртуальность» (далее в тексте ДВ). Существенным отличием дополненной виртуальности от дополненной реальности является добавление объекта в окружение и подстраиваемость его под среду. Примером ДВ является «Google Переводчик» с функцией перевода текста в реальном времени, заменяя текст на переведенный, подстраивая шрифт.

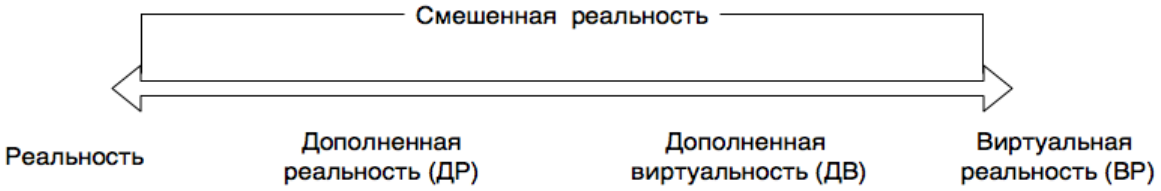


Рис. 1. Континуум Милграмма

В 1997 году в общепризнанной работе «Исследования дополненной реальности» [1], Рональд Азума выделил три основных правила, которым должна соответствовать дополненная реальность:

1. технология должна сочетать реальный и виртуальный мир;
2. усовершенствования должны быть интерактивными в режиме реального времени;
3. они должны быть зарегистрированы в трех измерениях.

Для соответствия всем пунктам существует 3 основных типа дополненной реальности.

1. ДР на основе маркеров. Использует камеру и некоторый тип визуального маркера, например QR/2D-код. Чтобы получить результат, пользователь должен направить камеру на маркер. Преимущества: точное определение положения 3D объекта в виртуальном пространстве на экране устройства. Недостатки: привязка к физическим маркерам, что сужает информационную ценность данного метода, так как один маркер является одним 3D объектом;

2. ДР на основе местоположения и ориентации устройства. Технология использует местоположение пользователя и ориентацию устройства, считывая данные с GPS, цифрового компаса и акселерометра мобильного телефона. Как только телефон определяет ориентацию устройства и местоположение человека происходит добавление соответствующей информации на экран. Преимущества: простота используемых функций устройства. Недостатки: большая погрешность в построении трехмерного объекта в маленьких пространствах, используется на больших расстояниях;

3. ДР на основе SLAM (Simultaneous Localization and Mapping). Метод одновременной локализации и построения карты. Преимущества: изменение реального мира путем наложения 3D объектов без использования маркеров. Технология получила широкое применение в робототехнике, медицине, образовании развлекательной индустрии и т.д. Недостатки: большая вычислительная сложность. Далее рассмотрим данную технологию подробнее.

Технология SLAM на данный момент является самой передовой в области дополненной реальности. Для того, чтобы объединить виртуальную среду с дополненной, устройство должно знать свое 3D-положение в пространстве. Нужно рассчитывать пространственные отношения между устройством и несколькими ключевыми точками. Данный процесс называется «Метод одновременной локализации и построения карты» (SLAM).

После запуска программного обеспечения система не знает об окружающей среде. Позиция отслеживается через камеру устройства, сравнивая точки в реальном времени с пикселями на сенсоре камеры (визуальная система). Так же производится отслеживание данных инерционной системой (источники такие как, акселерометр и гироскоп – инерционная измерительная единица (ИИЕ)). Позиция в пространстве вычисляется непрерывно с каждым обновлением дисплея, 30 или более раз в секунду. Основываясь на данных, алгоритм преследует две цели:

1. построить карту окружающей среды;
2. найти устройство в пространстве.

SLAM работает с несовершенными значениями, что приводит к неопределенности системы касаемо позиции. Определяемые точки имеют пространственное отношение друг с другом. В результате, будет получено распределение вероятностей того, где может располагаться каждая позиция. В некоторых позициях может быть более высокая точность, в других, наоборот, неточность. Полученные данные из двух систем совмещаются в фильтр Калмана, для определения системы, которая предоставила лучшую оценку позиции. Благодаря взаимосвязи между точками каждое новое обновление датчика влияет на все позиции и обновляет всю карту.

Один из основных аспектов алгоритма SLAM заключается в согласовании новых измерений с более ранними значениями. Каждое измерение датчиков содержит неточности, независимо от того, получены ли они из изображений с камеры или из показаний ИИЕ (см. рисунок 2). Измерения, полученные с камеры, производятся с частотой кадров камеры, 30 и более раз в секунду, основаны на расстоянии (изменение сцены между кадрами), что приводит к накапливанию неточности в расстоянии.

Показания ИИЕ выполняются 1000 раз в секунду, основаны они на ускорении (перемещение пользователя). Ошибки в инерционной системе накапливают неточности положения устройства.

Измерения, полученные с ИИЕ и с камеры устройства, дополняют друг друга, заменяя недостатки каждой из систем. В качестве примера рассмотрим ситуацию: устройство

находится в неподвижном состоянии, в таком случае визуальная система предоставит более надежные данные, нежели инерционная система. Фильтр Калмана выбирает позицию наилучшего качества, что дает стабильное отслеживание (см. рисунок 3).

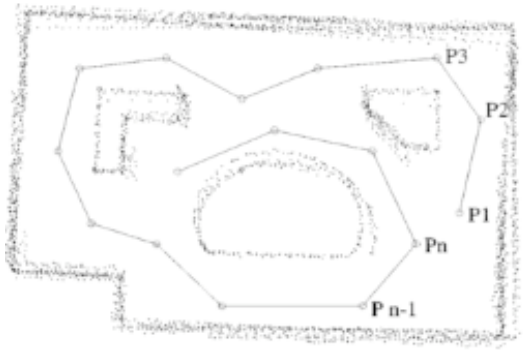


Рис. 2. Ошибки, накопление неточности

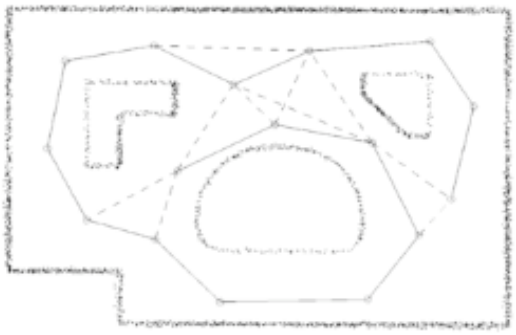


Рис. 3. Стабильное отслеживание

На рынке присутствуют различные средства разработки, которые поддерживают метод одновременной локализации и построения карты и упрощают разработку мобильных приложений. Наиболее популярные из них: Wikitude, ARKit, ARcore, Vuforia, MasST.

На основе метода SLAM было разработано мобильное приложение дополненной реальности «Мебельный магазин». Для его разработки была выбрана библиотека от компании Apple - ARKit. Библиотека позволяет разрабатывать приложения ДР для устройств от компании Apple. Написание программы осуществляется на языке программирования Swift 4.2. Swift – открытый мультипарадигмальный компилируемый язык программирования общего назначения. Создан компанией Apple в первую очередь для разработчиков iOS, macOS, watchOS и tvOS. Средой разработки выступает XCode 10.1. XCode [2] – интегрированная среда разработки программного обеспечения для платформ macOS, iOS, watchOS и tvOS, разработанная компанией Apple.

Для ручного тестирования и демонстрации приложения был использован телефон от компании Apple, iPhone SE.

Технические требования устройства для работы мобильного приложения:

- мобильное устройство от компании Apple;
- камера;
- процессор мобильного устройства: A9 и выше;
- операционная система iOS 11 и выше;
- микро электромеханические системы (акселерометр, гироскоп).

Основная задача приложения – проецировать выбранные элементы интерьера в пространстве на экране мобильного устройства. Данный проект дает пользователю возможность посмотреть на интересующий его товар, предварительно увидеть то, как оно будет смотреться и сделать выбор о покупке, не выходя из дома. Это упростит обустройство помещения и сократит время предварительной оценки необходимости приобретении товара. Принцип работы проекта будет изложен далее.

Пользователь, имеющий мобильное устройство от компании Apple, имеет возможность выбора интересующего товара из списка при наведении телефона на плоскую поверхность для ее определения и установки виртуального объекта в реальную среду. В приложении представлены такие функциональные возможности, как: добавление объекта, удаление объекта, изменение масштаба объекта, перемещение его на поверхности, вращение объекта вокруг оси OY, определение необходимого размера для размещения 3D объекта.

Для моделирования трехмерных изображений было использовано программное обеспечение Blender [3].

Рассмотрена технология дополненной реальности и ее типы, выделен перспективный тип ДР, основанный на методе одновременной локализации и построения карты. Метод зарекомендовал себя на рынке, крупные компании, пытающиеся занять нишу приложений с поддержкой ДР стараются интегрировать его. На основе изученного метода одновременной локализации и построения карты разработано мобильное приложение, позволяющее интегрировать трехмерные изображения в реальную среду на экране телефона, а также производить манипуляции над объектом. Приложение может быть использовано для определения необходимого размера приобретаемого товара, упрощения обустройства помещения, сокращения времени выбора товара.

Список литературы

1. A Survey of Augment Reality // uns [Электронный ресурс];
URL: https://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf (дата обращения 10.04.2019);
2. Xcode // wikipedia [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Xcode (дата обращения 11.04.2019);
3. Introduce Blender // blender [Электронный ресурс]. URL: https://www.blender.org/about/ (дата обращения 11.04.2019).

РАЗРАБОТКА СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ ДЛЯ ХУДОЖНИКОВ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ПРОВЕРКИ НА ПЛАГИАТ

А.С. Скиба, Н.В. Размочаева

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Аннотация. В данной статье выделяются и описываются характерные особенности сервисов для публикации художественных работ. Ставятся требования, которым должно удовлетворять разработанное приложение. Значительное внимание уделяется алгоритму проверки загружаемых публикаций на плагиат. Делается вывод о дальнейшем развитии сервиса, а также минусах и плюсах разработанного приложения.

Ключевые слова: изображения, социальная сеть, сервис, профиль, блог, приложение.

Введение

Люди всегда проявляли интерес к изобразительному искусству, ходили в музеи на выставки работ великих художников и продолжают посещать их в наши дни. К сожалению, сегодня не у всех есть возможность и время для походов в музеи, а начинающим художникам редко удается показать свои работы широкому кругу людей и заявить о себе в сфере искусства. Современным решением данной проблемы являются социальные сети, где пользователи могут с легкостью разместить свое творчество онлайн. Специфика выкладываемых работ предполагает применение особых методов, направленных на решение задач в сфере изобразительного искусства. Помимо стандартного набора функций социальных сетей требуется также устанавливать оригинальность выкладываемого контента. В статье представлено одно из решений данной проблемы.

Характерные особенности

Существует масса онлайн-сервисов для публикаций изображений, но только малая часть из них рассчитана на творческих людей, выставляющих свои художественные работы в целях заработка или продвижения.

Для нахождения характерных особенностей были выбраны следующие аналоги:

1. *DesignCrowd* - Социальная сеть, ориентированная на творческих людей в сфере изобразительного искусства, фотографии, дизайн, в том числе и художественные работы.
2. *INTERARTCENTER* - Сервис направленный художников, занимающихся 3D графикой. Предоставляет бесплатное программное обеспечение для 3D моделирования.
3. *ArtHero* - Сервис позволяет выкладывать, ставить оценку и комментировать фото, имеет общий форум, обсуждения на различные темы, избранное и возможность отправлять сообщения автору.

Критерии сравнения данных аналогов:

1. Анализ на плагиат - Сервис должен проверять уникальность выкладываемой работы и в зависимости от оценки, предлагать ряд действий.
2. Когнитивная нагрузка [1] - Критерий обусловлен желанием количественно выразить простоту сервиса, так как функциональность некоторых сервисов путает своей сложностью. Первое впечатление от сервиса должно привести пользователя к желанию зарегистрироваться и продолжать вести свой профиль. Нагрузка пользователей будет выражаться в количестве информативных и функциональных блоков (ссылки, кнопки, различного рода окна) на главной странице при переходе на сервис.
3. Система подписок - Возможность подписаться на кого-либо, для просмотра его новых записей в своей ленте новостей.

Таблица 1

Сравнение сервисов по выделенным критериям

	Анализ на плагиат	**Когнитивная нагрузка**	**Система подписок**
DesignCrowd	Нет	58 блоков	Есть
INTERARTCENTER	Нет	72 блока	Есть
ArtHero	Нет	18 блоков	Нет

Из таблицы 1 видно можно сделать следующие выводы. Когнитивная нагрузка является оценкой простоты сервиса, чем меньше функциональных блоков, тем проще пользователю разобраться в работе сервиса. Система подписок позволяет пользователям лучше

контактировать друг с другом и следить за пользователями, чьи работы им интересны. Анализ на плагиат предоставляет пользователям возможность безопасно выкладывать свои работы, будучи уверенными, что их работы не будут скопированы.

По результатам сравнения можно сделать вывод о характерных особенностях, которыми должен обладать сервис для художников:

1. простое и удобное ведение своего блога.
2. возможность подписки на другие профили и оценивания их работ.
3. анализ работ на плагиат.

Разработка приложения

Стек используемых технологий, а также архитектура приложения [2][3] представлены на рисунке 1.

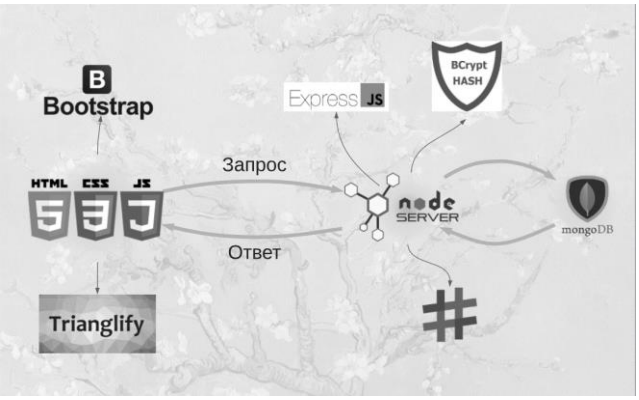


Рис. 4. Архитектура сервиса и используемые технологии

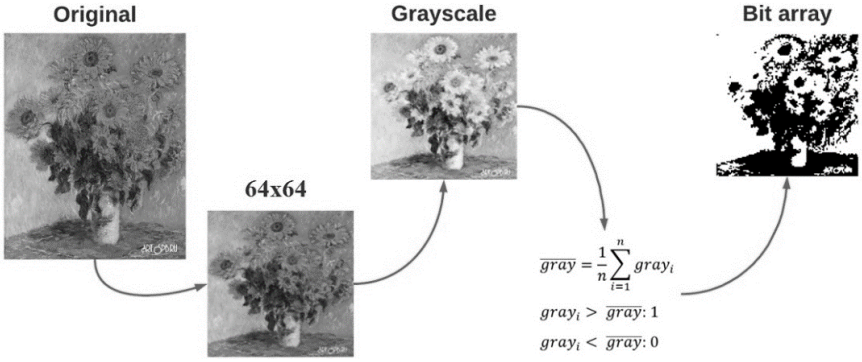


Рис. 2. Перевод в перцептивный хэш

<u>Сравнение художественных работ происходит в два этапа.</u>

1. Перевод в перцептивный хэш [4]

Изображение ужимается до квадрата 64x64 пикселя и далее вычисляется перцептивный хэш, все пиксели переводятся в значение серого оттенка, вычисляется среднее всех значений серого цвета, полученное число является порогом, определяющим, что пройдет в хэш: 1, если больше среднего, 0 если меньше, полученный хэш записывается в базу данных. Перевод изображения представлен на рисунке 2.

2. Расчет расстояния Хемминга [5]

Определяет разность перцептивных хэшей. Хэш, полученный при загрузки пользователем изображения сравнивается с хэшами из базы данных по формуле:

$s_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{p}|x_{ik}-x_{jk}|}{p}$, где p = количество элементов в хэше, то есть 64*64, x_{ik} –k-ый элемент i-ого хэша, x_{jk} –k-ый элемент j-ого хэша, $s_{ij} * 100$ – является процентным соотношением схожести двух работ, примеры расчетов представлены на рисунке 3.

Готовое решение

Представляет собой онлайн-сервис с возможностями:

1. Простого и удобного ведения своего профиля

Достигается с помощью уменьшения когнитивной нагрузки информационных блоков на пользователя. Загрузка работы происходит с помощью drag and drop - технологии.

2. Контактирования с другими пользователями

В базе данных у определенного человека хранятся профили, на которые он подписался, к каждой публикации комментарии и количество оценок работы.

3. Загрузки своих работ

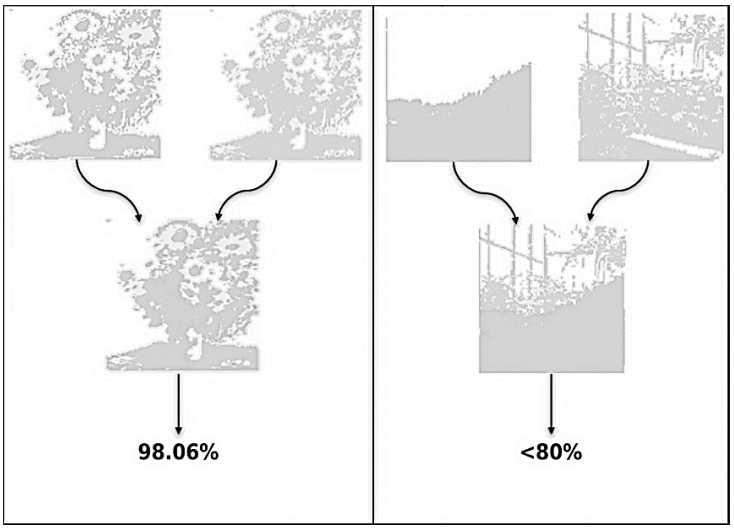


Рис. 3. Примеры сравнения пар работ по расстоянию Хэмминга

Пользователь может просто перенести со своего компьютера работу, которую хочет опубликовать, либо же просто нажать в поле для публикации для открытия классического диалогового окна. Работа сразу начнет проверяться на плагиат, с помощью разложения на перцептивный хэш и расстояния Хэмминга. Во время проверки пользователь может добавить описание своей картине, после, если проверка успешно пройдена, публикация может быть опубликована. Успешность прохождения означает, что либо проверка показала, что это оригинал, либо, что это репродукция.

Заключение

В статье представлены анализ существующих решений, вывод о качествах, которые должны присутствовать в разработанном приложении. Разработанный сервис объединяет плюсы существующих решений, избавляется от некоторых их недостатков. Приложение обладает новым функционалом в виде мониторинга загружаемых приложений на плагиат. Сервис имеет обширные возможности для дальнейшего развития. Например, усовершенствование алгоритма сравнения работ на плагиат, с помощью машинного обучения можно усовершенствовать этот алгоритм, создав модель на основе данного метода сравнения. Архитектура сервиса может быть расширена на микросервисы в угоду возрастания объемов данных в базе, а также для расширения функционала приложения.

Список литературы

1. Гращенко Л. А. Обобщенная модель угроз информационной безопасности визуальных интерфейсов пользователя // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Информационные системы и технологии. — 2006. — №. 1. — С. 41-45.
2. Итан Браун. Веб-разработка с применением Node и Express. Полноценное использование стека JavaScript = Web Development with Node and Express / Итан Браун. — Санкт-Петербург: Питер, 2017. — 336 с. — ISBN 978-1-491-94930-6.
3. Валерий Коржов. Многоуровневые системы клиент-сервер // Издательство Открытые системы (17 июня 1997).
4. Perception Hash // URL: http://www.phash.org/ (дата обращения: 16.12.2018)
5. Algorithms for Image Analysis // URL: http://www.csd.uwo.ca/courses/CS4487a/Lectures/lec01_intro.pdf (дата обращения: 15.12.2018).

ПОСТРОЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ НОРМАЛИЗОВАННЫХ РАЗМЕРНОСТЕЙ ДИАГРАММ ЮНГА

А.А. Чудновская

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Для изучения асимптотического поведения точных размерностей диаграмм Юнга необходим эффективный алгоритм вычисления их нормализованных размерностей. В данной работе предложен алгоритм вычисления нормализованных размерностей последовательностей диаграмм Юнга, в котором нормализованная размерность следующей диаграммы в последовательности вычисляется по значению предыдущей.

Ключевые слова: Диаграмма Юнга, граф Юнга, таблица Юнга, процесс Маркова, процесс Планшереля.

Одной из задач асимптотической комбинаторики является поиск и изучение диаграмм Юнга с большими и максимальными размерностями [0]. Размерностью диаграммы Юнга λ называется количество таблиц Юнга формы λ [0]. В работах [0,0] были рассмотрены стратегии, позволяющие находить диаграммы Юнга с максимальными размерностями, или улучшать их оценки снизу, если максимальные размерности неизвестны. При этом возникает необходимость сравнивать размерности диаграмм, но так как с увеличением размера, т.е. количества клеток, из которых состоит диаграмма, размерности растут экспоненциально, вычисление точных размерностей больших диаграмм затруднено. Для решения этой проблемы удобно рассматривать нормализованные размерности. Нормализованная размерность *c* диаграммы λ вычисляется по формуле [0]:

$$c(\lambda) = \frac{-2}{\sqrt{n}} \ln \frac{\dim \lambda}{\sqrt{n!}}, \tag{1}$$

где dim λ – точная размерность диаграммы, n – размер диаграммы.

Точная размерность диаграммы вычисляется по формуле крюков [0]:

$$\dim(\lambda) = \frac{n!}{\prod_{(i,\ j)\in\lambda} h(i,\ j)}, \tag{2}$$

где n – размер диаграммы, h(i, j) – длина крюка с вершиной в точке (i, j).

Вычисление нормализованных размерностей непосредственно по формуле (1) с применением формулы крюков неэффективно для последовательностей, в которых

соседние диаграммы отличаются незначительно. В работе [0] рассмотрен способ вычисления нормализованных размерностей, в котором клетки добавляются последовательно начиная из корня графа, и на каждом шаге аккумулируется сумма логарифмов планшерелевских вероятностей.

В ходе вычислительных экспериментов было установлено, что рассмотренные выше методы работают медленно при обработке последовательностей диаграмм, отличающихся более чем на одну клетку. В данной работе рассматривается новый алгоритм вычисления нормализованных размерностей. Он основан на итеративном вычислении нормализованной размерности i-й диаграммы по нормализованной размерности (i-1)-й диаграммы.

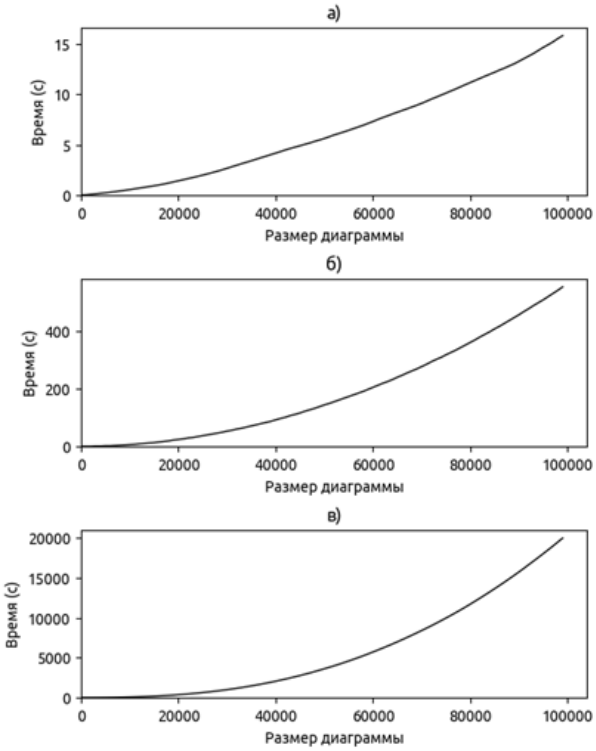


Рис. 5 Время работы алгоритмов: а) предлагаемый, б) с помощью формулы крюков, в) с накоплением суммы логарифмов вероятностей

В качестве исходной диаграммы последовательности берется диаграмма, состоящая из одной клетки (с размерностью 1). Нормализованная размерность i-й диаграммы вычисляется следующим образом:

1. вычисляется диаграмма-пересечение i-й и (i-1)-й диаграмм;
2. из нормализованной размерности (i-1)-й диаграммы вычитается сумма логарифмов планшерелевских вероятностей тех клеток, которые есть в (i-1)-й диаграмме, но отсутствуют в i-й;
3. к полученному значению добавляется сумма логарифмов планшерелевских вероятностей оставшихся клеток, принадлежащих i-й диаграмме;

На рисунке 1 приведена зависимость времени построения последовательности нормализованных размерностей диаграмм Юнга от размера диаграммы с помощью трех различных алгоритмов.

Как видно из рисунка, предлагаемый алгоритм позволяет решать поставленную задачу с наибольшей скоростью. В дальнейшем планируется проверить эффективность данного алгоритма для других типов последовательностей диаграмм Юнга.

Список литературы

1. Вершик А. М., Керов С. В. Асимптотика максимальной и типичной размерностей неприводимых представлений симметрической группы // Функциональный анализ и его приложения. 1985. Т. 19. № 1. С. 25–36;
2. Фултон, Уильям. Таблицы Юнга и их приложения к теории представлений и геометрии = Young Tableaux With Application to Representation Theory and Geometry. – М.: Изд-во МЦНМО, 2006. – ISBN 5-94057-165-4;
3. Васильев Н. Н., Дужин В. С. Построение неприводимых представлений симметрической группы S(n) с большими и максимальными размерностями. // Информационно-управляющие системы. 2015. №3. С. 17-22;
4. Вершик А. М., Павлов Д. А. Численные эксперименты в задачах асимптотической теории представлений // Записки научных семинаров ПОМИ. 2009. Т. 373. С. 77–93;
5. Н. Н. Васильев, В. С. Дужин, “Исследование роста максимальных и типичных размерностей строгих диаграмм Юнга”, Теория представлений, динамические системы, комбинаторные методы. XXVI, Зап. научн. сем. ПОМИ, 437, ПОМИ, СПб., 2015, 81–99; J. Math. Sci. (N. Y.), 216:1 (2016), 53–64.

ПРИМЕНЕНИЕ ОБУЧАЕМЫХ ДЕРЕВЬЕВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ АГЕНТАМИ В ИГРЕ ФУТБОЛ

Н.А. Шабашов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье исследуется применения деревьев принятия решений в задачах интеллектуальных агентов на примере игры в футбол, а также приводится сравнение алгоритмов обучения деревьев принятия решений.

Ключевые слова: дерево принятия решений, интеллектуальный агент, машинное обучение.

Введение

В настоящее время, в связи с быстрым ростом отрасли искусственного интеллекта, а в частности машинного обучения, все чаще и чаще эти методики стали применять для решения реальных задач. Одной из таких задач является задача управление интеллектуальным агентом, которая сейчас активно исследуется. В ней заинтересованы многие отрасли, такие как робототехника [1], планирование [2] и многие другие.

В настоящий момент уже существует множество способов решения этой задачи [3], но в данной работе показан один из них – это применение обучаемых деревьев принятия решений для управления интеллектуальными агентами.

Целью исследования будет сравнить алгоритмы обучения деревьев принятия решения, а также использовать дерево принятия решения для управления интеллектуальным агентом.

Постановка задачи

Тестируемая система – это Robot Soccer simulator (симулятор футбола). Она моделирует игру в футбол между двумя командами по 11 игроков. Интеллектуальным агентом здесь является один игрок.[4]

Каждый момент времени (тик) агенту приходит информация об окружающем мире, на основе которых он принимает какие-то действия по воздействию на окружающий мир (например, пнуть мяч, побежать, повернуться и т.д.). В связи с этими возможностями системы для реализации управления интеллектуальным агентом были поставлены следующие **задачи**:

1. выбрать алгоритм для обучения интеллектуального агента;
2. составить обучающую выборку для дальнейшего обучения;
3. обучить модель, на основе полученной информации принимать решения о дальнейших действиях.

Выбор алгоритма и языка программирования

Для начала необходимо выбрать алгоритм обучения. Для этого проведем сравнение существующих алгоритмов обучения по следующим критериям:

1. тип деревьев;
2. атрибут для создания узла;
3. алгоритм обучения;
4. обработка неполных точек;
5. тип атрибута;
6. обнаружение выброса.

В таблице 1 представлена сравнительная характеристика алгоритмов.

Таблица 1

Сравнительная характеристика алгоритмов

	Тип дерева	Атрибут для создания узла	Алгоритм обучения	Обработка неполных точек	Тип атрибута	Обнаружение выброса
Id3	Бинарное	Коэффициент усиления	Использует однопроходной метод прореживания, чтобы уменьшить переобучение	Не обрабатываются	Обрабатывается только категориальное значение	Подвержен выбросам
C4.5	Общее	Коэффициент усиления	Использует однопроходной метод прореживания, чтобы уменьшить переобучение.	Обрабаты-ваются	Обрабатывается категориальное и числовое значения	Подвержен выбросам
CART	Общее	Коэффициент Джинни	Использует механизм отсечения дерева при прореживании	Обрабаты-ваются	Обрабатывается категориальное и числовое значения	Может справится с выбросами

На основе полученных данных, был выбран тот алгоритм обучения, который мог бы обрабатывать неполные точки и использовать общие деревья. Учитывая все критерии, был выбран алгоритм C4.5.

Выбирая язык программирования была выбрана Java, так как современная реализация алгоритмов на JavaScript является однопоточной, что не позволяет в полной мере использовать время, выделенное на вычисления [5].

Составление обучающей выборки

Существуют два способа обучения интеллектуального агента: обучение с учителем и обучение на основе выборки.

Рассмотрим каждый алгоритм отдельно.

1. Обучение с учителем.

Обучение с учителем предполагает наличие полного набора размеченных данных для тренировки модели на всех этапах ее построения, т.е. для каждого примера в обучающем наборе будет соответствовать ответ, который алгоритм должен получить. В основном обучение с учителем применяется для решения двух типов задач: классификации и регрессии.

2. Обучение на основе выборки (обучение без учителя)

В обучении без учителя у модели есть набор данных, но нет явных указаний, что с ним делать. Интеллектуальный агент пытается самостоятельно найти корелляции в данных, извлекая полезные признаки и анализируя их.

Проанализировав каждый из способов обучения, было выбрано обучение на основе выборки.

В идеальном случае для обучения модели необходимо было бы взять игру реальных игроков в футбол, но в настоящий момент, столь подробная информация по реальным играм не предоставляется. Поэтому было принято решение для составления обучающей выборки взять за основу финальные записи игр между лучшими стратегиями из RCSS Cup (The Robo Cup Soccer Simulator Cup).

Обучение модели

На вход алгоритму подается обучающая выборка, которая состоит из вектора, описывающего состояния окружающего мира, и действия, которое должен выполнить агент. На выходе имеем дерево, листьями которого являются действия агентов. [6]

Рассмотрим алгоритм построение дерева на примере. Пусть нам задано множество примеров T, где каждый элемент этого множества описывается m атрибутами. Количество примеров в множестве T будем называть мощностью этого множества и будем обозначать |T|. Пусть метка класса принимает следующие значения C1, C2 … Ck. Задача заключается в построении иерархической классификационной модели в виде дерева из множества примеров T. Процесс построения дерева происходит сверху вниз.

На первом шаге имеем пустое дерево и исходное множество T. Требуется разбить исходное множество на подмножества, выбрав один из атрибутов в качестве проверки. Тогда в результате разбиения получаются n (по числу значений атрибута) подмножеств и, соответственно, создаются n потомков корня, каждому из которых поставлено в соответствие свое подмножество, полученное при разбиении множества T. Затем эта процедура рекурсивно применяется ко всем подмножествам (потомкам корня) и т.д. Рассмотрим подробнее критерий выбора атрибута, по которому должно пойти ветвление. В нашем распоряжении m (по числу атрибутов) возможных вариантов, из которых необходимо выбрать самый подходящий.

Пусть имеется проверка X, которая принимает n значений A1, A2 … An. Тогда разбиение T по проверке X даст подмножества T1, T2 … Tn, при X равном соответственно A1, A2 … An. Единственная доступная информация – то, каким образом классы распределены в множестве T и его подмножествах, получаемых при разбиении по X.

Пусть $freq(C_j, S)$ – количество примеров из некоторого множества S, относящихся к одному и тому же классу Cj. Тогда вероятность того, что случайно выбранный пример из множества S будет принадлежать к классу Cj: $P = \frac{freq(C_j, S)}{|S|}$ Согласно теории информации, количество содержащейся в сообщении информации, зависит от ее вероятности

$$\log_2 {}^{1}\!/_{P} \tag{1}$$

Поскольку используем логарифм с двоичным основанием, то выражение (1) дает количественную оценку в битах.

Выражение

$$Info(T) = -\sum_{j=1}^{k} \frac{freq(C_j, T)}{|T|} \cdot \log_2 \left(\frac{freq(C_j, T)}{|T|} \right) \tag{2}$$

дает оценку среднего количества информации, необходимого для определения класса примера из множества T. В терминологии теории информации выражение (2) называется энтропией множества T.

Ту же оценку, но только уже после разбиения множества T по X, дает следующее выражение:

$$Info_X(T) = \sum_{i=1}^{n} \frac{|T_i|}{|T|} \cdot Info(T_i)\,. \tag{3}$$

Тогда критерием для выбора атрибута будет являться следующая формула:

$$Gain(X) = Info(T) - Info_X(T)\,. \tag{4}$$

Критерий (4) считается для всех атрибутов. Выбирается атрибут, максимизирующий данное выражение. Этот атрибут будет являться проверкой в текущем узле дерева, а затем по этому атрибуту производится дальнейшее построение дерева. Т. е. в узле будет проверяться значение по этому атрибуту, и дальнейшее движение по дереву будет производиться в зависимости от полученного ответа. Такие же рассуждения применяются к полученным подмножествам T1, T2 … Tn и продолжается рекурсивно процесс построения дерева, до тех пор, пока в узле не окажутся примеры из одного класса. [7]

Результат эксперимента

Проведено сравнение стратегий, которые были найдены на просторах интернета. Получившиеся результаты представлены в таблице ниже.

Таблица 2

Сравнение стратегий обучения

Стратегии	Описание стратегии	Процент выигрышей	Средний счет
wrighteaglebase	Алгоритм MAXQ-OP	20%	3-6
HELIOS2018	Сверточные нейронные сети	10%	2-5
Gliders2016	Генетический алгоритм	40%	3-4

Описание результатов

Так как в данных стратегиях используются более подходящие модели для обучения интеллектуальных агентов, то стратегия на основе дерева принятия решений проигрывает. Но у него есть преимущества по сравнению с данными моделями. Во-первых, это быстрое обучение. Во-вторых, по полученному дереву можно провести анализ зависимости входных данных и действия агента. Так же есть методы для улучшения работы деревьев принятия решений, такие как бустинг и разбиение дерева на деревья, которые обрабатывают определенные случаи.

Вывод

В статье было проведено сравнение алгоритмов обучения деревьев принятия решения, а также рассмотрен пример использования деревьев принятия решения для управления интеллектуальным агентом.

Список литературы

1. Диане Секу Абдель Кадер, Интеллектуальные роботы и многоагентные робототехнические системы: перспективы социальной интеграции. Журнал: Философские проблемы информационных технологий и киберпространства. УДК 16+316.3 DOI:10.17726/philIT.2016.12.2.6;
2. Чан В.Ф., Алимов А.А., Шабалина О.А. Разработка системы управления группой интеллектуальных агентов в динамической среде. 2015;
3. Головинский И.А., Лондер М.И., Интеллектуальные агенты оперативно-диспетчерского управления электрическими сетями. Издательство: Известия академии наук энергетика, 2014;
4. Беляев С.А., Черепкова Ю.С. Архитектура среды моделирования для проведения экспериментов с интеллектуальными агентами // Программные продукты, системы и алгоритмы. 2017. №3. С.4. DOI: 10.15827/2311-6749.24.263;
5. Беляев С.А. Разработка игр на языке JavaScript. / СПб.: Издательство Лань, 2016. 128 с. ISBN 978-5-8114-1980-7;
6. Коробов Д.А., Беляев С.А. Современные подходы к обучению интеллектуальных агентов в среде Atari // Программные продукты и системы. 2018. Т.31 № 2. С.284-290. DOI: 10.15827/0236-235X.031.2.284-290;
7. Рассел М., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход (AIMA-2). М.: Издательский дом «Вильямс», 2015. 1408 с.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМООТНОШЕНИЯМИ С КЛИЕНТАМИ

А.Т. Агамалян

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье описаны преимущества и недостатки от внедрения любых систем управления взаимоотношениями с клиентами, а также разобран пример конкретной существующей и используемой системы. Также описаны проблемы, встречаемые пользователями при внедрении и освоении вышеупомянутых систем.

Ключевые слова: портал, внедрение, клиент

CRM-система (от англ. Customer Relationship Management) или Система управления взаимоотношениями с клиентами представляет собой прикладное программное обеспечение, предназначенное для организаций, она помогает автоматизировать стратегии взаимодействия с клиентами, в частности для повышения уровня продаж, оптимизации маркетинга и улучшения обслуживания клиентов. Обеспечивается это путём сохранения информации о клиентах и истории взаимоотношений с ними, установлением и улучшением бизнес-процессов и последующего анализа результатов.

Сейчас всего лишь 14% компаний используют CRM, а 63% или не слышали, или не используют CRM.

Положительные эффекты от внедрения CRM:

1. Вся информация о клиентах хранится в одном месте, в едином формате. Ее можно просматривать и анализировать, при желании - архивировать.
2. Информация перестала теряться на любом из участков от секретаря до менеджера. Все входящие обращения вводятся и фиксируются.
3. Удобно распределяются компании между сотрудниками - нет "забытых" клиентов.
4. Не теряется информация при уходе сотрудника. Его клиенты легко перераспределяются между другими сотрудниками. Вся история взаимоотношений видна.
5. Если сотрудника нет на месте, можно разобраться в ситуации с помощью информации, которую он оставил в CRM.
6. Удобно анализировать работу менеджеров с помощью разных запросов. Видно, с кем и как он работал сегодня или на прошлой неделе.
7. Становится абсолютно понятной и прозрачной картина продаж.
8. Есть много возможностей для анализа маркетинга.

Основные недочеты в работе CRM, как правило, связаны именно не с программами, а с неправильным подходом к их внедрению и использованию. Персоналу сложно освоить CRM. Часто такое происходит из-за того, что сотрудники просто не понимают, какие преимущества они могут получить за счет работы через программу. Это может вызвать недовольство персонала. Поэтому важно с самого начала на конкретных примерах показать работникам, как CRM упрощает и ускоряет их работу и помогает повысить продажи.

Остановка работы, если CRM выходит из строя, поскольку вся работа идет через одну программу.

Рассмотрим одну из таких систем, на конкретном примере. Компания «1С-Битрикс», специализирующаяся в области разработки систем управления веб-проектами и корпоративными порталами разработала в 2012 году программный продукт под названием «Битрикс24». Однако активно совершенствоваться и набирать популярность их продукт начал совсем недавно, а именно в апреле 2018 года.

Битрикс24 – это огромный корпоративный портал, который пытается охватить практически все. В нем присутствуют функциональные возможности социальных сетей, проектов, задач, управления персоналом, и многое другое, в том числе CRM.

Корпоративный портал удобен и представляет собой социальную сеть внутри компании. Общение между сотрудниками в формате социальной сети помогает выстроить общение в более привычной для сотрудников форме. Коммуницирование становится эффективнее.

39% компаний в России, внедривших CRM, используют Битрикс24.

Рассмотрим преимущества этой системы:

- заявки потенциальных покупателей на сайте и звонки автоматически фиксируются в базе и превращаются в задачи для сотрудников отдела продаж. Потери обращений исключаются;
- все этапы договора контролируются в информационной системе. Программа подсказывает сотруднику дальнейшие действия. Например, напомнить заказчику о сроках, поменять статус сделки, выставить счет. Благодаря работе в CRM системе, ущерб от ошибок и забывчивости персонала сводится к минимуму;
- история договоров и связанные с ними документы доступны начальникам и исполнителям. Поиск по базе легко обнаруживает нужные данные;
- система позволяет быстрее планировать и решать рабочие дела. Можно ставить задачи коллегам, назначать встречи с покупателями, планировать звонки или отправлять письма.

К сожалению, самое главное достоинство этой системы – это и самый главный её недостаток – это самая многофункциональная CRM из всех, слишком много функций. Интерфейс относится не просто к CRM, а к большому порталу, а потому он всегда перегружен.

Администратор системы получает доступ и настраивает такие вещи, как документооборот, фотогалерея, проактивная защита и т.д. В результате процесс внедрения также заметно усложняется.

При первом знакомстве с системой становиться ясно, что разработчики старались сделать систему универсальной для компаний разных отраслей и направлений. Отсюда у малых компаний с небольшим количеством процессов могут возникнуть проблемы с внедрением системы, т. к. персоналу будет сложно освоить CRM. Это может вызвать недовольство из-за того, что сотрудники просто не понимают, какие преимущества они могут получить за счет работы через программу. Поэтому важно с самого начала на конкретных примерах показать работникам, как CRM упрощает и ускоряет их работу и помогает повысить продажи.

Если говорить очень просто, то CRM должна решать две задачи: облегчать труд менеджеров и обеспечивать прозрачность операционной деятельности для руководителей. Эти задачи идут на пользу каждому сотруднику организации. Да, внедрение CRM — это кропотливый и тщательный процесс, но практика показывает, что затраченные усилия и средства непременно принесут пользу компании.

Список литературы

1. Козлов С.С., Прохоров И.В. Анализ причин неудачного внедрения CRM-систем // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2015. № 1 (14). С. 14-24.
2. Кораблёв О.В., Золотухина Е.Б. Методология внедрения CRM-системы на предприятии // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4. С. 23.

ОБЗОР DDOS АТАК НА IOT УСТРОЙСТВА

А.С. Баженов

ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»

Аннотация. Распределенные атаки типа «отказ в обслуживании» становятся одной из самых глобальных угроз в сети Интернет. С ростом числа устройств «интернета вещей» эта проблема только набирает обороты и увеличивает множество способов проведения DDoS атак. В этой статье проведен обзор различных типов ботнетов и видов атак с их использованием, а также раскрыты причины, по которым устройства «интернета вещей» так интересны злоумышленникам.

Ключевые слова: DDoS, IoT, ботнет, отказ в обслуживании, TCP, UDP, ICMP, флуд.

Статья выполнена при поддержке Правительства РФ (Постановление №211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.A03.21.0011

Введение

DDoS атака (распределенный отказ в обслуживании) – атака, направленная на замедление работы или выведение из строя серверов, сетевой инфраструктуры, а также бомбардировка трафика приложений из нескольких ресурсов [2]. В результате DDoS атак сайты и приложения становятся заторможенными либо вообще перестают работать. В настоящее время более 30% случаев простоя приложений и серверов вызваны DDoS атаками.

Случаи бурного роста числа и тяжести DDoS атак, зарегистрированные в 2016-2017 годах, вызваны широким внедрением технологии Internet of Things (IoT). Исследовательская и консалтинговая компания Gartner прогнозирует рост числа IoT устройств до 20 млрд штук к 2020 году, что неизбежно приведет к росту DDoS атак, организованных с их помощью (табл.1) [2].

Таблица 1

Общее кол-во установленных IoT устройств (в млрд шт.)

Год	2017	2018	2020
Пользователи	5,2	7	12,8
Бизнес	1,2	1,4	7,6
Всего	6,4	8,4	20,4

Злоумышленникам не так интересны IoT девайсы в качестве «жертвы». Цель хакеров – захватить устройство, чтобы добавить его к ботнету, который и используется для DDoS атак [1]. Ботнет – это сеть девайсов, инфицированных вредоносным ПО, дающим злоумышленнику доступ к удаленному контролю над ними, к рассылке спама и вирусов, а особенно служащих местом размещения ПО, осуществляющим DDoS атаки без ведома владельца зараженного гаджета [3]. Однако, в частности, говоря об «интернете вещей», ботнет – это сеть инфицированных вредоносным ПО IoT устройств. Безопасность

«интернета вещей» в целом недооценивается и даже игнорируется не только обычными пользователями, но и целыми компаниями. Именно из-за уязвимости IoT устройств и их растущего количества данная область интернета интересна хакерам.

Уязвимость IoT устройств

Полное безразличие к безопасности «интернета вещей» порождает тотальную незащищенность данных устройств. Как рядовые пользователи, так и корпорации принимают IoT девайсы за обычные бытовые приборы, не требующие никакой защиты. Отсюда исходит основная уязвимость гаджетов, позволяющая получить к ним доступ путем обычного перебора паролей. Владельцы устройств в основном не задумываются о смене заводских данных для доступа к учетным записям, из-за чего метод полного перебора работает превосходно. Анализ компании Symantec, результатом которого был сбор множества образцов вредоносных программ, показал, каковы самые распространенные имена и пароли, использованные вирусными программами для получения доступа к устройству. Среди них самые популярные – «root», «admin», «password», «qwerty», «123456» и т.д., что говорит об отсутствии простейшей защиты [4].

Метод сканирования случайных IP-адресов с открытыми портами Telnet или SSH является самым распространенным для поиска доступных устройств. Если обнаружено подходящее оборудование и подобрана соответствующая пара из логина и пароля, то на него загружается файл скрипта при помощи команд wget и tftp. Скрипт, в свою очередь, запускает бота под нужную операционную систему (далее ОС). После запуска бот устанавливает связь с управляющим сервером и ждет дальнейших указаний. Таким образом создается целая сеть из зараженных девайсов для дальнейшего использования (рис. 1) [4].

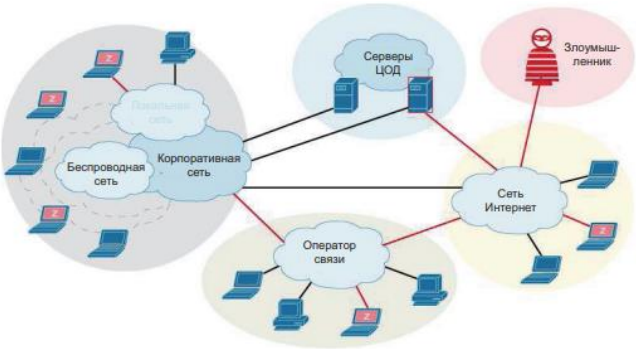


Рис. 1. Типичный ботнет

Типы ботнетов

В зависимости от протокола, используемого для связи с инфицированными устройствами для организации DDoS атак, различают несколько типов ботнетов.

IRC (Internet Relay Chat) – один из самых ранних видов управления ботами. Зараженные устройства связываются с IRC сервером, написанным в программе ботнета и ждущим команд от хозяина ботнета [5].

IM (Instant Messaging) – не очень популярный вид. В отличие от IRC, он использует Instant Messaging. Но проблема в том, что бот должен зайти в сеть и ждать указаний от владельца, и очередность этих действий осложняет управление, поскольку большинство IM не поддерживают единовременное соединение одного аккаунта с несколькими компьютерами. Поэтому существует два решения этой проблемы – либо регистрировать и настраивать отдельный аккаунт для каждого бота, либо, используя один IM аккаунт,

сделать так, чтобы боты поочередно выходили в сеть [5]. Оба способа весьма затратные по времени, поэтому данный вид ботнетов не пользуется популярностью.

WWW – гораздо более новый вид ботнетов. Он работает на подключении ботнета к веб-серверу, получении команд и дальнейшей отправке данных. Данный вид ботнетов очень прост в создании и управлении [5].

Кроме вышеперечисленных видов ботнетов существуют и такие, которые работают на собственных протоколах, причем не только на основе TCP/IP, но и используя TCP, UDP, ICMP.

Типы DDoS атак с ботнетов

TCP SYN Flood. Это тип DDoS атаки, которая использует часть обычного трехстороннего рукопожатия TCP, чтобы использовать ресурсы на целевом сервере и лишить его возможности отвечать. По сути, нарушитель отправляет запросы на подключение TCP быстрее, чем целевая машина может их обработать, вызывая перенасыщение сети. Когда клиент и сервер устанавливают обычное TCP «трехстороннее рукопожатие», обмен пакетами выглядит следующим образом: клиент запрашивает соединение, отправляя сообщение SYN (synchronize) на сервер, затем сервер подтверждает соединение, отправляя SYN-ACK (synchronize-acknowledge) сообщение обратно клиенту, и клиент отвечает сообщением ACK (acknowledge), и соединение установлено. Однако при атаке TCP SYN Flood злоумышленник отправляет повторяющиеся пакеты SYN на каждый порт на целевом сервере, часто используя поддельный IP-адрес. Сервер, не подозревая об атаке, получает несколько, по-видимому, вполне обычных запросов на установление связи. Он отвечает на каждую попытку пакетом SYN-ACK от каждого открытого порта. Вредоносный же клиент либо не отправляет ожидаемый ACK, либо – если IP-адрес подделан – никогда не получает SYN-ACK. В любом случае атакуемый сервер некоторое время будет ждать подтверждения своего пакета SYN-ACK. В течение этого времени сервер не может закрыть соединение, и соединение остается открытым. До истечения времени ожидания соединения будет получен еще один пакет SYN. Это оставляет все большее количество соединений полуоткрытыми – и действительно атаки SYN flood также называются «полуоткрытыми» атаками. В конечном счете, по мере заполнения таблиц переполнения соединения сервера, обслуживание законных клиентов будет отказано, и сервер может даже дать сбой и стать неисправным. [6]

В то время как «классический» поток SYN, описанный выше, пытается исчерпать сетевые порты, пакеты SYN также могут быть использованы в DDoS атаках, которые пытаются забить каналы поддельными пакетами для достижения насыщения сети. Тип пакета не важен. Тем не менее, пакеты SYN часто используются, потому что они с наименьшей вероятностью будут отклонены по умолчанию.

Атака UDP Flood работает, в основном, используя ответы целевого сервера на UDP-пакет, отправленный в один из его портов. При нормальных условиях, когда сервер получает UDP пакет на определенный порт, он отвечает следующим образом: сначала сервер проверяет, запущены ли какие-либо программы, которые в настоящее время прослушивают запросы в указанном порту, затем, если никакие программы не получают пакеты в этом порту, сервер отвечает пакетом ICMP (ping), чтобы сообщить отправителю, что назначение было недоступно. Поскольку каждый новый пакет UDP получен сервером, он должен пройти обработку, затрачивая ресурсы сервера. При передаче UDP-пакетов каждый пакет должен содержать IP-адрес исходного устройства. В результате использования целевым

сервером ресурсов для проверки и последующего ответа на каждый полученный UDP-пакет, ресурсы могут быстро исчерпаться при получении большого потока UDP-пакетов, что приводит к отказу в обслуживании и для обычного трафика [7].

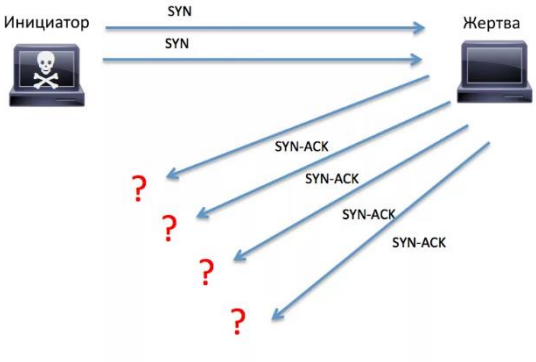


Рис. 2. TCP SYN атака

Атака ICMP. В этом случае сервер-жертва заполняется сфабрикованными пакетами ICMP из широкого диапазона IP-адресов. Злоумышленник стремится заполнить канал и перегрузить сервер жертвы поддельными запросами. В отличие от TCP, пакеты ICMP не требуют подтверждения получения, поэтому обнаружение нежелательного трафика в ICMP так же сложно, как и в UDP. ICMP Flood также может быть организован с целью сбора информации о сервере (а именно, его открытых портах и адресе назначения), которая впоследствии может быть использована для точных атак на порт или приложение [8][9].

Список литературы

1. DDoS-атаки: нападение и защита: [Электронный ресурс] // RUVDS, М., 2017. URL: https://habr.com/ru/company/ruvds/blog/321992/ (Дата обращения: 22.04.2018);
2. Взгляд внутрь инициированных IoT DDoS-атак и защита ИТ-инфраструктур: [Электронный ресурс] // Владимир Безмалый, М., 2018. URL: https://www.securitylab.ru/blog/personal/bezmaly/344271.php (Дата обращения: 22.04.2018);
3. Атака «умных» вещей: [Электронный ресурс] // Дмитрий Григорьев, М., 2016. URL: https://nag.ru/articles/article/30371/ataka-umnyih-veschey.html (Дата обращения: 22.04.2018);
4. Девайсы IoT – любимая цель DDoS атак: [Электронный ресурс] // Cloud4Y, М., 2016. URL: https://habr.com/ru/company/cloud4y/blog/314334/ (Дата обращения: 22.04.2018);
5. Ботнеты. Все о ботнетах: [Электронный ресурс] // HepUTeam, М., 2017. URL: https://helpugroup.ru/botnety-vse-o-botnetah/ (Дата обращения: 22.04.2018);
6. DDoS атаки: типы атак и уровни модели OSI: [Электронный ресурс] // First VDS, М., 2019. URL: https://firstvds.ru/technology/types-of-ddos (Дата обращения: 22.04.2018);
7. UDP Flood: [Электронный ресурс] // DDoS-GUARD, М., 2011-2019. URL: https://ddos-guard.net/ru/terminology/attack_type/udp-flud-udp-flood (Дата обращения: 22.04.2018);
8. What is ICMP Flood?: [Электронный ресурс] // DDoS-GUARD, М., 2011-2019. URL: https://ddos-guard.net/en/terminology/attack_type/icmp-flood (Дата обращения: 22.04.2018);
9. Ping (ICMP) Flood DDoS Attack : [Электронный ресурс] // CloudFlare, М., 2019. URL: https://www.cloudflare.com/learning/ddos/ping-icmp-flood-ddos-attack/ (Дата обращения: 22.04.2018).

ОБЗОР МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНЫХ АТАК ТИПА «ОТКАЗ В ОБСЛУЖИВАНИИ», ОСНОВАННЫХ НА МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ

А.Ю. Бойко, Е.К. Назаренко

ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»

Аннотация. В статье дано определение низкоинтенсивных атак типа «отказ в обслуживании» и рассмотрены их виды. Сделан обзор алгоритмов, основанных на машинном обучении, для распознавания низкоинтенсивных атак.

Ключевые слова: DDoSатаки, низкоинтенсивные атаки, машинное обучение.

Статья выполнена при поддержке Правительства РФ (Постановление №211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.A03.21.0011

Проблемы безопасности

В последнее время одной из главных проблем в сфере компьютерной безопасности, связанной с предоставлением информации, стали DDoS атаки (DistributedDenialofService– «Распределённый отказ в обслуживании»). Цель данных атак заключается в том, чтобы понизить полезную нагрузку на какой-либо ресурс, тем самым не давая ему нормально работать. С развитием технологий, развиваются и DDoS атаки. Они становятся объемнее, наносят больший ущерб и очень часто обнаруживаются уже после совершения злонамеренных действий. Одними из сложных для обнаружения атак являются Low-Rate (низкоинтенсивные) атаки. В данной статье мы рассмотрим методы, основанные на машинном обучении, для обнаружения таких атак.

Low-Rate атаки – это тип DoS (DenialofService – «отказ в обслуживании») и DDoS атак, который основан на небольшом потоке очень медленного трафика, и нацелен на ресурсы приложения или сервера. В отличие от более традиционных атак грубой силы, low-rate атаки не требуют большой пропускной способности и их тяжело обнаружить, поскольку они генерируют трафик, очень похожий на легитимный [1].

Low-rate атаки нацелены на потоковые веб-серверы с целью удержания каждого потока медленными запросами, тем самым предотвращая доступ легитимных пользователей к сервису. Это достигается путем передачи данных с медленной скоростью, но при этом достаточной, чтобы сервер не закрылся по тайм-ауту. Со временем буфер сервера засоряется и это приводит к отказу обработки запросов.

Атака происходит на протоколы транспортного (TCP – TransmissionControlProtocol – «протокол управления передачей») и прикладного (HTTP – HyperTextTransferProtocol – «протокол передачи гипертекста») уровней, по классификации модели OSI (SystemsInterconnectionBasicReferenceModel – Базовая Эталонная Модель Взаимодействия Открытых Систем). Злоумышленники могут использовать HTTP-заголовки, HTTP-запросы POST (создание ресурса), а также TCP-трафик для выполнения low-rate атак. Примерами являются атаки Slowloris, R.U.D.Y. и Sockstress и др. [1]. Ниже будет рассмотрен ряд популярных low-rate атак.

Slowlorisатака заключается в том, чтобы занять стек приложения и поддерживать сервер открытым, отправляя незавершенных HTTP-запросы. Web-сервер быстро достигает

максимальной емкости стека и становится недоступным для новых легитимных пользователей[3]. Для успешной Slowloris атаки будет достаточно несколько сотен запросов, отправляемых с заданной периодичностью и в течение долгого времени.

R. U. D. Y.(R-U-DEAD-YET?) атака представляет собой бесконечную отправку Web-формы приложению. Для этого атакующая сторона отправляет POST-запрос на определённый URL с содержимым небольшого размера (не более 1 байта). Затем следует задержка передачи на время меньшее, чем time-out в протоколе TCP. В результате потоки приложения, занятые обработкой данных POST-запросов зависают на время, которое необходимо атакующей стороне [3].

HTTP flood атаки делятся на HTTP GET и HTTP POST. HTTP-GET flood атака заключается в отправке большого количества GET-запросов (получение ресурса), имитирующих скачивание объёмных данных с Web-сервера. Это приводит к истощению ресурсов атакуемого сервера. HTTP-POST flood атака проводится с помощью «заваливания» форм web-сайта большим количеством данных, маскируясь под легитимный трафик.Основная цель HTTP flood атаки – это генерация трафика, который близко имитирует легитимного пользователя. Таким образом, становится все труднее для жертвы различать нормальный трафик и трафик атакующей стороны. Результатом HTTP flood атаки становится недоступность сервера для законных пользователей. Основные последствия DDoS атак на уровне приложений:

1. Необычно низкая производительность сети (открытие файлов или доступ к веб-сайтам);
2. Отсутствие доступа к определенному веб-сайту;
3. Невозможность доступа к любому веб-сайту;
4. Резкое увеличение количества полученных спам-сообщений [7].

Целесообразность применения машинного обучения

Основным способом обнаружения DDoS атак является распознавание аномалий трафика. Но традиционные методы защиты, основанные на понимании самого процесса, который генерирует данные, не являются эффективными на сегодняшний день, особенно при распознавании низкоинтенсивных атак. Применение машинного обучения дает огромное преимущество при обнаружении атак. Например, применение нейронных сетей обуславливается тем, что они могут обучаться на предшествующих событиях и адаптироваться под новые данные. Таким образом, может достигаться высокая эффективность обнаружения [4]. Существует огромное количество методов, основанных на машинном обучении. Мы рассмотрим несколько из них.

Метод Байесовских сетей. Байесовская сеть – это графическая модель, кодирующая вероятностные отношения среди переменных, представляющих интерес. При использовании всочетании со статистическими методами, Байесовские сети имеют ряд преимуществ для анализа данных:

1. Обработка ситуаций, в которых отсутствуют данные.
2. Использование для прогнозирования последствий действий.
3. Использование для моделирования проблемы, когда есть необходимость объединить предыдущие знания с данными.

Байесовская сеть дает возможность обнаруживать DDoS атаки даже в тех случаях, когда отдельные сеансы не вызывают подозрений, маскируясь под законный трафик.Но данный метод имеет и ряд недостатков:

1. Выбор неточной модели приведет к неточным результатам.

2. Отклонение от предположений, основанных на поведенческой модели целевой системы, также снизит точность.

Тем не менее, данный метод хорошо справляется с обнаружением вторжения и прогнозированием поведения злоумышленника [6].

Метрика машинного обучения и алгоритм bat

В последнее время вместо шаблонных пакетов стали использовать метрику. При детальном исследовании ограничений современных моделей, можно заметить, что с помощью шаблонных пакетов достичь положительного результата не так просто. Для того, чтобы исключить это ограничение, стали использовать набор новых метрик, которые получены из абсолютного временного интервала (любой периодически повторяющийся интервал времени, который может быть однозначно опознан и определен). Одним из алгоритмов новой метрики является алгоритм bat.

Он разработан в соответствии с эхолокационным поведением виртуальных летучих мышей. Это свойство позволяет определить положение добычи. Частотно-модулированные сигналы используются для эхолокации. Летучие мыши слышат звуковой импульс, излучаемый ими, когда он отскакивает от добычи или окружающих объектов. Когда летучая мышь приближается к своей добыче, она уменьшает громкость эха и увеличивает скорость звукового импульса.

В качестве входных данных для алгоритма bat, по отдельности задан набор данных как normal, так и attack. Для нормального набора данных каждая запись рассматривается как одна летучая мышь и сравнивается с оставшимися летучими мышами, чтобы узнать, какое расстояние она должна пройти к оставшимся летучим мышам. Это должно быть сделано для всех оставшихся летучих мышей. Обновленные записи переносятся на следующую итерацию или генерацию. Для получения точных классификаторов необходимо выполнить максимальное количество итераций. После завершения всех итераций обычный классификатор извлекается и помечается как нормальная сигнатура.Тот же процесс осуществляется для тренировки атаки, чтобы получить сигнатуру атаки [7].

Заключение

В статье было рассмотрено два метода обнаружения низкоинтенсивных DDoS атак, основанных на машинном обучении. Данные методы хорошо показывают себя при распознавании аномального трафика и могут быть использованы для прогнозирования действий злоумышленника. При детальном рассмотрении становится понятно, что каждый метод используется в определенных случаях. Это стоит учитывать при выборе модели для распознавания. Но так или иначе, машинное обучение является перспективным направлением в сфере информационной безопасности, которое поможет решить многие проблемы, связанные с киберпреступлениями.

Список литературы

1. Low and Slow Attack [Electronic resource] // URL: https://www.cloudflare.com/learning/ddos/ddos-low-and-slow-attack/ (accessed: 29.03.2019);
2. DDoS (DistributedDenialofService) - основные особенности их организации и защиты от них[электронный ресурс] // URL: https://пантюхин.рф/оиб/lr10.html(accessed: 29.03.2019);
3. Тарасов Я.В. Исследование применения нейронных сетей для обнаружения низкоинтенсивных DDoS-атак прикладного уровня// Вопросы кибербезопасности. № 5-1(19). 2017. С. 23-29;
4. DDoS Attack Definitions –DdoSPedia[Electronic resource] // URL: https://security.radware.com/ddos-knowledge-center/ddospedia/sockstress/(accessed: 29.03.2019);
5. Тарасов Я.В. Метод обнаружения низкоинтенсивных DDOS-атак на основе гибридной нейронной сети, инфраструктуру // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 8 (157). – С. 47-87;

6. Patcha A., Park J.-M. An overview of anomaly detection techniques: Existing solutions and latest technological trends // Comput. Networks. Elsevier, 2007. Vol. 51, № 12. P. 3448–3470. DOI:10.1016/j.comnet.2007.02.001;
7. IndraneelSreeram,Venkata Praveen, Kumar Vuppala. HTTP flood attack detection in application layer using machine learning metrics and bio inspired bat algorithm DOI:10.1016/j.aci.2017.10.003.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ОЦЕНКИ КВАЛИФИКАЦИИ

А.А. Гаврильева, А.С. Квятковский

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье поднимается проблема несоответствия уровня квалификации соискателей требованиям рынка труда. На сегодняшний день для повышения эффективности процессов обеспечения рынка труда квалифицированными кадрами создаются центры оценки квалификации. Предлагается разработать систему информационной поддержки оценки квалификации для центров оценки квалификации. Рассматриваются основные функции системы. Разработана и описана структура системы.

Ключевые слова: информационная поддержка, оценка квалификации, профессиональные стандарты, центр оценки квалификации, автоматизация оценки квалификации

На сегодняшний день ситуация на рынке труда такова, что работодатели жалуются на отсутствие квалифицированных кадров, на низкий уровень подготовки молодых специалистов, которые недавно получили высшее образование. В свою очередь выпускники сталкиваются с несоответствием требований рынка труда и их подготовкой. Таким образом, главная проблема – несоответствие уровня квалификации соискателей требованиям рынка труда.

Для повышения эффективности процессов обеспечения рынка труда квалифицированными кадрами создаются центры оценки квалификации (далее ЦОК), которые проводят оценку квалификации и выдают квалификационные сертификаты. Деятельность ЦОК направлена на формирование объективной процедуры добровольной оценки квалификации граждан, которая будет подтверждать соответствие квалификации специалиста установленным требованиям и профессиональным стандартам.1

Система информационной поддержки (далее СИП) предназначена для повышения точности оценки и, как следствие, улучшение качества принимаемых решений по увеличению результативности и эффективности работы персонала. Основным назначением системы является автоматизация процедуры оценки квалификации и формирования результатов оценки. Оценка квалификации состоит из следующих этапов:

- подготовка к проведению оценки квалификации: выбор метода оценки, подготовка оценочных средств, ознакомление с профессиональными стандартами;
- проведение оценки квалификации: определение соответствия квалификации работника профессиональному стандарту и требованиям, установленным в нормативно-правовых актах;
- формирование результатов оценки: написание экспертных заключений, протоколов по итогу оценки, разработка рекомендаций для повышения квалификации сотрудников.

СИП оценки квалификации создается с целью:

- унифицировать процесс и сделать оценку квалификации специалистов прозрачной и единообразной процедурой;

- повышение точности оценки квалификации;
- сближение уровня квалификации специалистов с требованиями рынка труда.

Все функции СИП оценки квалификации можно разделить на три группы: подготовка к проведению оценки квалификации, поддержка проведения процедуры оценки, формирование результатов оценки.

Подготовка к проведению оценки квалификации

Система должна обеспечивать доступ к национальному реестру профессиональных стандартов. Перед проведением оценки эксперту необходимо ознакомиться с конкретным профессиональным стандартом, чтобы изучить, какие знания, умения и навыки требуется оценить, какие главные трудовые функции требуется выполнять на рассматриваемой профессии. Эксперт для подготовки процедуры оценки должен ознакомиться с требованиями к материально-техническому оборудованию и кадровому обеспечению.2 СИП должна предоставлять эксперту выбор различных методов оценки квалификации. С помощью СИП эксперт может ознакомиться с порядком проведения оценки по выбранному методу. СИП должна предоставить подходящие оценочные средства эксперту. Также у эксперта должна быть возможность вносить изменения в предложенные системой оценочные средства, с целью корректировки оценочных средств под конкретную оценку.

Поддержка проведения оценки квалификации

В системе будет храниться информация о всех процедурах оценки. Система должна предоставлять информацию о дате, времени и месте проведения оценки, о человеке, который проходит оценку, об экспертах, которые проводят оценку, об используемых методах и оценочных средствах, об этапе оценки: планируется, проводится или завершена. Также для каждой процедуры оценки должно быть указано, в соответствии с каким профессиональным стандартом проводится оценка.

Формирование результатов оценки

После завершения оценки экспертам необходимо принять решение и составить протоколы по проведенной оценке. Протоколы, информация об оценке, оценочные средства и данные о человеке, проходящем оценку, далее направляются в совет по профессиональным квалификациям (далее СПК) на рассмотрение для проверки и признания результатов оценки.[3] СИП должна предоставлять формы протоколов, экспертных заключений и прочей документации экспертам.

Структура системы состоит из пользовательского интерфейса, функционала и банка данных. Система содержит следующие модули:

1. Модуль управления участниками и экспертами. Данный модуль отвечает за профили участников и экспертов в системе. Он позволяет добавлять в систему новый профиль, просматривать или вносить изменения в уже существующий.
2. Модуль управления профессиональными стандартами и методами оценки квалификации. Данный модуль дает доступ к профессиональным стандартам, позволяет вносить изменения в них и добавлять новые. Модуль позволит экспертам получить информацию о методах оценки квалификации. Данный модуль позволит вносить в систему новые методы или вносить изменения в уже существующие методы.
3. Модуль управления оценочными средствами позволит осуществлять подготовку к процедуре оценки. Данный модуль отвечает за выбор оценочных средств и за внесение в

них изменений для конкретной оценки. Кроме этого, модуль отвечает за добавление новых оценочных средств.

4. Модуль оценки квалификации. Данный модуль позволит вносить и просматривать информацию о всех процедурах оценки: дата, время и место проведения, список экспертов, участник, этап оценки, промежуточные результаты, комментарии экспертов, соответствующий профессиональный стандарт.

5. Модуль формирования результатов оценки предоставляет отвечает за составление отчетов по проведенной оценке.

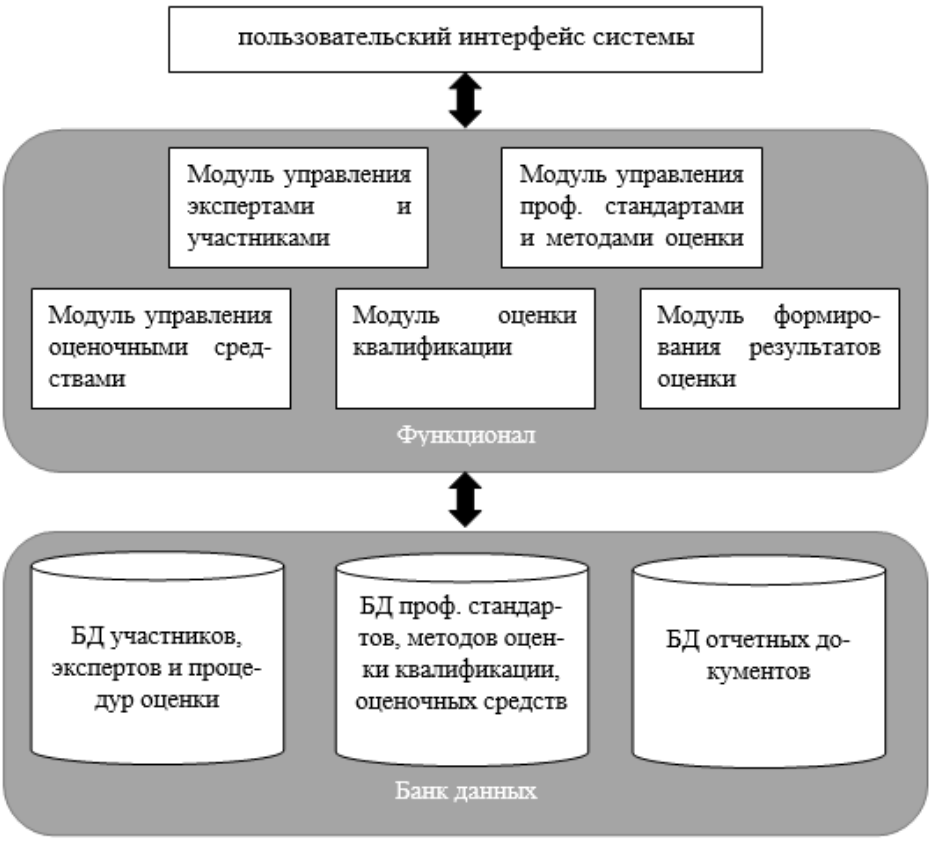


Рис. 1. Структура системы информационной поддержки оценки квалификации

Банк данных хранит всю необходимую информацию для работы системы. В банк данных входят следующие базы данных (БД):

1. БД участников, экспертов и процедур оценки. Здесь хранится информация о всех участниках и экспертах: паспортные данные, номер телефона, адрес электронной почты, информация об образовании, опыт работы. Данный элемент отвечает за информацию о всех процедурах оценки. Хранится информация о дате, времени и месте проведения оценки, о выбранном методе и оценочных средствах, о соответствующем профессиональном стандарте, список экспертов, информация об участнике, этап проведения оценки, комментарии экспертов.

2. БД профессиональных стандартов, методов оценки квалификации и оценочных средств. Данный элемент отвечает за хранение профессиональных стандартов, информации о методах оценки квалификации: описание порядка проведения оценки по методу, необходимые оценочные средства, сведения о материально-техническом обеспечении,

необходимом для проведения оценки и сведения о кадровом обеспечении, необходимом для проведения профессионального экзамена.

3. БД отчетных документов. Здесь хранятся формы протоколов и документы, которые необходимо эксперту включить в отчет по итогу оценки для направления результатов в СПК.

На рис. 1 представлена структура системы информационной поддержки формирования и оценки квалификации.

В результате создания системы информационной поддержки существующий процесс проведения оценки квалификации будет усовершенствован. Система информационной поддержки оценки квалификации привнесёт следующие улучшения:

- автоматизация процесса оценки квалификации;
- будет обеспечена объективная и независимая оценка квалификации;
- повысится доступность оценочных мероприятий с использованием дистанционных методик и технологий;
- будут предоставлены различные методы оценки и необходимые оценочные материалы;
- появится возможность работать над формированием квалификации участников.

Список литературы

1. Сайт «Центр оценки квалификации», статья «О независимой оценке профессиональных квалификаций» Ссылка: http://cok-rf.ru/o_nezavisimoi_ocenke.php;
2. Сайт «Реестр сведений о проведении независимой оценки квалификации». Ссылка: https://nok-nark.ru/;
3. Сайт «Центр оценки квалификации», статья «Порядок проведения независимой оценки квалификаций» Ссылка: http://cok-rf.ru/poryadok_provedeniya.php.

ПРЕДПОСЫЛКИ К СОЗДАНИЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОДУЛЯ ПО РАЗРАБОТКЕ МЕДИКО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОНКОЛОГИЧЕСКОГО ДИСПАНСЕРА

М.А. Еремина

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье описана существующая проблема в области здравоохранения, а именно уносящие жизни онкологические заболевания. Также предложен один из путей решения. Им является разработка модуля, который позволил бы экономить время и реализовывать грандиозные, эргономичные и полезные проекты.

Ключевые слова: разработка, онкология, проектирование

Во всем мире актуальной является проблема злокачественных образований. Ни возраст, ни социальный статус не влияют на те страдания, которые предрекает людям рак. Медицина не стоит на месте, а достижения в медицинской практике помогают улучшить показатели выживаемости.

Как только данная проблема становится национальной, то в ее решении принимает участие общество в целом. Это не только правительство, а также предприниматели, инвесторы, но и средства массовой информации, врачи, пациенты, которые могут рассказать о своем опыте, обычные граждане.1

С недавних пор развитие здравоохранения одно из важнейших направлений, которому уделяет внимание правительство Российской Федерации и на которое выделяется значительное финансирование.

В 2017 году была утверждена программа «Развитие здравоохранения» сроками реализации которой были утверждены года с 2018 по 2025, и ее целями являются: увеличение средней продолжительности жизни до 76 лет, снижение смертности населения от болезней системы кровообращения, новообразований, а также повышение удовлетворенности качеством медицины.

Борьба с онкологией-одно из важнейших направлений развития здравоохранения в нашей стране, так как 15 % смертей приходится на онкологические заболевания. Для осознания всего масштаба проблемы злокачественных заболеваний в России используются статистические методы. В нашей стране эту информацию собирают в онкологических диспансерах. Последние данные по статистике рака в России были выпущены в 2014 году. Согласно этой информации, каждый год в нашей стране регистрируется примерно 500 тысяч новых случаев онкологических заболеваний.

Выживаемость во многом зависит от стадии онкологии на момент ее диагностирования: При раке, обнаруженном на I стадии, выживаемость составляет более 92%; Для онкологии II степени характерна 76% выживаемость; При опухолях на III стадии выживаемость достигает 56%; На IV стадии рака после лечения выживают всего 12% пациентов.2

В России часть граждан, которые подозревают у себя наличие злокачественного образования не обращаются за помощью из-за нехватки времени, отсутствия достаточной информации о симптомах, из-за недостатка денежных средств на возможное лечение, из-за боязни услышать диагноз.

С ростом продолжительности жизни увеличивается число заболевших, поэтому крайне необходимо внедрять новые технологии и создавать новые центры, чтобы уменьшить число летальных исходов.

В связи с развитием здравоохранения в нашей стране сейчас активно строятся онкологические диспансеры и оснащаются новым оборудованием уже действующие учреждения.

Проблемы возникают еще на первом этапе реализации учреждения, даже перед тем как начать проектирование. На этапе согласования требований пользователя.

Первоначально нужно понять потребности региона в подобном учреждении. Что оно должно в себя включать, т.е. какова его структура, где оно будет располагаться. Документ включающий в себя эти данные называется медико-техническим заданием, и на его разработку затрачивается порой очень много времени, так как необходимо согласовать все пожелания и возможности заказчика, сопоставить их с существующими нормами. А результат должен быть выполнен, конечно же, быстро и качественно.

Основываясь на анализе взаимодействия пользователя и проектировщика возникла, идея создать систему, которая будет автоматически разрабатывать такой документ.

Если взять одно конкретное направление, а именно создание медицинских учреждений (в нашем случае онкологические диспансеры), то перечень помещений и нормы, используемые при проектировании будут примерно одинаковыми, разница в расположении и площади объекта.3 Таким образом, создав базу данных с перечнем помещений и их мощностями, площадями, в соответствии с нормами, мы сможем предоставить пользователю самостоятельно составлять медико-техническое задание путем небольшого количества действий с последующей консультацией технолога проектирующей компании.

Проектировщик будет тратить меньше времени на исправление. Заказчик всегда может контролировать процесс, что немаловажно, так как финансирование и вообще запуск проекта зависит от его одобрения.

Подобной системы на рынке еще не существует. На данный момент формирование медико-технического задания осуществляется следующим путем: пользователь заявляет о необходимости модернизации или строительства нового учреждения, заказчик анализирует запрос и в случае одобрения, проектная организация начинает работу над составлением задания. Она включает в себя анализ ситуации в регионе, получение первоначальных требований к будущему объекту, разработку медико-технического задания и задания на проектирования, согласование. Каждый из этих этапов сопровождается переговорами. Автоматизированный модуль позволил бы избежать недопонимания между пользователем и заказчиком, дал возможность пользователю самому продумать структуру объекта, но при этом опираться на нормы и ускорил процесс составления за счет консультаций и справочных данных.

Сокращение времени проектирования и соблюдение всех правил приведет к ускорению реализации объекта, а это немаловажно, так как в 2017 году стартовала программа развития здравоохранения в РФ, одной из особенностей которой стало строительство онкологических диспансеров.

Безусловно, она не заменит полностью технолога, врача, проектировщика. Но позволит сэкономить до месяца драгоценного времени. При этом медико-техническое задание будет качественным и учитывать все в особенности как объекта, так и региона, а также подобная система позволит привести документы к единообразию.

Список литературы

1. Тюляндин, С. А. & Жуков, Н. В. Российское общество клинической онкологии www.rosoncoweb.ru. *Правда о российской онкологии проблемы и возможные решения* 28 (2018);
2. Каприна, А. Д., Старинский, В. В. , Петрова, Г. В. *Злокачественные новообразования в России в 2016 году (заболеваемость и смертность)*. (2018);
3. Сидоркова, Л. Ф. Проектирование зданий медицинских учреждений. 170 (2011).

ФОРМИРОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ЭРГОНОМИКЕ

Н.Д. Ермаков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье описаны предполагаемые критерии в разработке интерактивной системы обучения по эргономике, которые формируют ключевые точки в этапе проектирования системы. Проанализированы задачи, которые ставит обучаемый перед собой и чем ему помогает разрабатываемая система.

Ключевые слова: обучение, эргономика, интерактивная система обучения

Использование дистанционных образовательных технологий – это новые возможности коммуникации, новый уровень взаимодействия между учителем и обучающимися. Современным обществом востребована активная личность, способная ориентироваться в бесконечном информационном потоке, готовая к непрерывному саморазвитию и самообразованию. В такой ситуации педагог получает новую роль – роль проводника

знаний, помощника и консультанта. Знания же выступают не как цель, а как способ развития личности.

Современные средства телекоммуникаций в дистанционном образовании обеспечивают интерактивный способ обучения. Обучающиеся получают возможность осуществлять оперативную связь, а преподаватель – оперативно реагировать на запросы ученика, контролировать и своевременно корректировать его работу.

Использование дистанционных технологий предполагает умение:

1) вести поиск в различных электронных справочниках, базах данных, информационно-поисковых системах;

2) организовывать хранение информации, проводить ее анализ и выбирать адекватные формы ее представления с помощью современных мультимедийных технологий;

3) использовать полученные данные при решении конкретных творческих и проблемных задач.

Цель внедрения дистанционных образовательных технологий в систему обучения состоит в обеспечении доступности качественного образования для обучающихся, независимо от места проживания, социального положения и состояния здоровья, удаленности от центра обучения и т.д.

Основу образовательного процесса при дистанционном обучении составляет целенаправленная и контролируемая интенсивная самостоятельная работа обучаемого, который может учиться в удобном для себя месте, по индивидуальному расписанию, имея при себе комплект специальных средств обучения и согласованную возможность контакта с учителем по телефону, электронной почте, посредством средств телекоммуникации, а также очно. Важно то, что система дистанционного обучения призвана не подменять, а дополнять традиционную систему образования. Использование технологий дистанционного обучения даёт широкие возможности для управления учебной деятельностью обучающегося, а также, новые формы оперативного контроля учебной деятельности (онлайн-консультирование, рецензирование всех работ обучающихся, создание электронного портфолио).

Использование интерактивных систем обучения позволяет обучающимся и заинтересованным решить такие 5 основных проблем, как:

1. Объем времени, требуемый на дорогу до образовательного центра;
2. Требование большого количества времени на обучение;
3. Проблемы в выстраивании графика для каждого ученика, либо невозможность проведения индивидуальных занятий для каждого ученика;
4. Материальные затраты;
5. Единообразность обучения и обыкновенная форма подачи информации.

Зная задачи, которые решаемы разрабатываемым приложением, требуется выделить критерии эффективности решения задач обучаемого.

1. Основная проблема любого очного обучения в мегаполисах, необходимость учета времени на дорогу до образовательного центра, что в среднем занимает около 40 минут в одну сторону. Таким образом, переводя обучение в формат онлайн образования, мы выделяем дополнительные полтора часа времени в день, создаем комфортную атмосферу для обучаемого, так как каждый ученик сможет сам выбрать место и время и подготовить себя к занятиям. Критерием эффективности по данной задаче является факт, что минимальное среднее время занятий в день, в среднем, более 1/6 от времени дороги, то есть, 15 минут.

2. При очном обучении, преподаватель назначает график занятий. Выстроить расписание таким образом, чтобы удобно было каждому тяжело, так как учеников в группе может быть много. Если это индивидуальное обучение, стоимость может быть совершенно в другой ценовой категории, а график преподавателя также может быть забит. Критерием эффективности в данной задаче может быть процент учеников, удовлетворенных взаимодействию с наставником через систему обучения, больше 60%.

3. Интерактивная система позволяет уменьшить количество затрат на образование до стоимости приложения. Гораздо эффективнее работает система подписки на продукт. Такая схема стимулирует учеников к регулярным занятиям, а разработчиков к регулярным доходам. Критерием эффективности по данной задаче может быть рост премиум пользователей на 20% в месяц от общего количества пришедших учеников, при высокой среднемесячной стоимости. Решение данной задачи достигается путем интеграции современных технологий обучения, фокусировки внимания и работы с учениками.

4. Критерием эффективности последней задачи является процент положительных фидбеков к общему количеству фидбеков на учебные материалы, специально подготовленные для данной системы обучения. Если процент положительных фидбеков на учебные материалы будет превышать 75%, это будет означать о том, что материалы хорошо подготовлены и интерпретированы для современной системы обучения.

Резюмируя все вышеописанные критерии эффективности:

Таблица 1

Критерии эффективности

Формулировка критерия	**Значение критерия**
1. Ежедневное время обучения пользователя	*Минимум 15 минут ежедневно*
2. Удовлетворенность взаимодействия с наставником	*Более 50% от пользователей, чье среднее ежедневное время в системе более 15 минут*
3. Конкурентная стоимость	*Рост премиум пользователей на 20% от общего ежемесячного притока пользователей*
4. Удовлетворенность учебным материалом	*Более 75% от количества пользователей, удовлетворены учебными материалами*

Анализ всех критериев эффективности разработки интерактивной системы обучения формирует основные контрольные точки в разработке интерактивной системы обучения.

Список литературы

1. https://hr-portal.ru/article/effektivnost-obucheniya-problemy-i-puti-resheniya
2. https://infourok.ru/statya-na-temu-problemi-i-trudnosti-distancionnogo-obucheniya-1428056.html

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ

А.Е. Лончина

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье рассматриваются тенденции развития рынка облачных вычислений в России. Цель: выявить факторы, препятствующие переводу ИТ-инфраструктуры пользователей на взаимодействие с облачными услугами, а также проанализировать характеристики облачных услуг. Применен метод анализа данных, полученных в результате стороннего социологического исследования.

Ключевые слова: облачные вычисления, информационные технологии, облачная услуга

На рынке информационных технологий стремительно развивается эффективное средство для реализации множества бизнес-задач - облачные вычисления. Облачные вычисления – это технологии распределенной обработки цифровых данных, основанные на масштабированных и виртуализованных ресурсах (данных и программах), которые доступны пользователям через Интернет и реализуются на базе мощных центров обработки данных (дата-центров).

Облачные вычислительные среды (далее по тексту ОВС) обладают рядом преимуществ среди стандартных методов информационных технологий. К преимуществам ОВС можно отнести доступность и отказоустойчивость. Технологические решения такого типа не требуют закупки дорогостоящего оборудования, оснащены достаточным уровнем резервирования, обладают устойчивостью к потере данных или краже оборудования, а также имеют доступ к документам из любой географической точки, подключенной к Интернету. Также ОВС отличают экономичность и эффективность. Стоимость аренды программного обеспечения (далее по тексту ПО) и аренды ресурсов, как правило, невелика. Объемы технологических ресурсов можно легко регулировать в моменты больших нагрузок, а ПО и ресурсы могут быть переконфигурированы в новые информационные системы, что позволяет достичь гибкости. Стоит отметить, что простота использования, масштабируемость, а также безопасность являются неотъемлемыми плюсами решений такого типа.

Существует общепринятая классификация моделей развертывания облачных вычислений. Отметим, что далее слово «облако» используется в качестве синонима словосочетания «облачная инфраструктура». Различают четыре модели развертывания облачных вычислений (см. таблицу 1).

Таблица 1

Модели развертывания облачной инфраструктуры

Модель развертывания	Описание инфраструктуры
Частное облако (private cloud)	Подготовлена для использования единой организацией, включающей в себя несколько потребителей (к примеру, бизнес-единиц). Такая облачная технология может находиться в управлении и обслуживании (собственности) как у одной или более организаций, так и у третьей стороны. Может располагаться и на территории предприятия, и за его пределами.

Продолжение таблицы 1

Модель развертывания	Описание инфраструктуры
Облако сообщества и коммунальное облако (community)	Подготовлена для использования конкретной аудиторией потребителей от организаций, в которых есть общие проблемы, такие как требования безопасности, политики и т.д. Облачная технология такого типа аналогична частному облаку в вопросах управления, обслуживания, расположения.
Публичное облако (public cloud)	Подготовлена для открытого использования широкой аудиторией. Может находиться в обслуживании и управлении (собственности) у каких-либо организаций, любых их комбинациях. Такое облако располагается на территории облачного провайдера.
Гибридное облако (hybrid cloud)	Представляет собой композицию из нескольких моделей развертывания в состав которого входят уникальные объекты. В свою очередь связанные модели объединены между собой стандартизированными или собственными технологиями, которые дают возможность переносить приложения или данные между собой.

Каждая облачная инфраструктура построена на одном из типов облачных сервисов. В настоящее время существует три основных типа: IaaS, SaaS, PaaS.

1. Инфраструктура как услуга (Infrastructure as a Service, IaaS). Модель подразумевает наличие инфраструктуры виртуализированных физических ресурсов, а именно серверов, сетевого оборудования, мощности которых предоставляются заказчику в аренду по требованию и могут быть динамически расширены или сокращены в соответствии с потребностями.

2. Программное обеспечение как услуга (Software as a Service, SaaS). При этом заказчик оплачивает время пользования какими-либо приложениями из облака.

3. Платформа как услуга (Platform as a Service, PaaS). При этом заказчику предоставляется аренда не только вычислительных ресурсов, но и ряд приложений, в том числе операционная система, средства разработки, ПО промежуточного уровня и т.д.

Модели облачных услуг постепенно занимают различные ниши как российского, так и мирового рынка. Изобразим это наглядно, базируясь на аналитических данных [1]. Приведем примеры популярных бизнес-решений (см. рисунок 1).

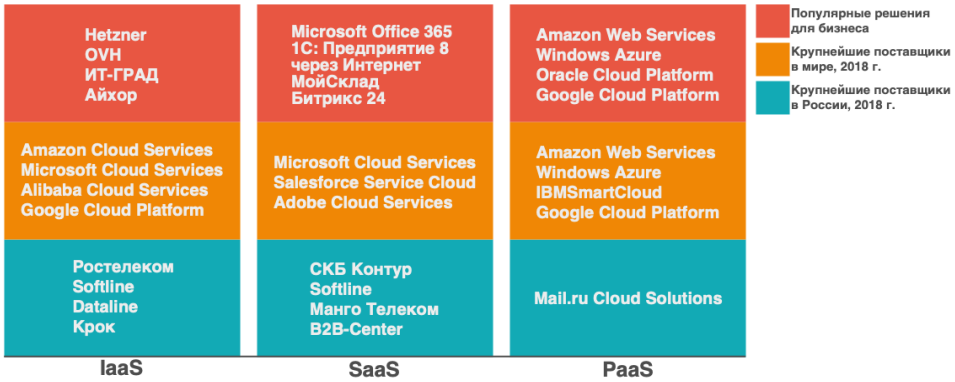


Рис. 1. Облачные услуги на современном рынке

Все чаще отечественные ИТ-порталы задаются вопросом развития облачных вычислений на российском рынке. Недостаточная осведомленность в вопросах преимуществ и недостатков облаков со стороны заказчика, а также недоверие к облачным услугам с точки зрения безопасности данных и надежности являлось большой проблемой в отрасли информационных технологий в России. В рейтинге стран по внедрению облачных

услуг в области бизнеса Россия в 2009 году занимала 34 место, с долей рынка 0,03%, по данным исследования, проведенного российской компанией Parallels [2]. Уже в 2015 году доля российского рынка составила 0,35% от мирового, что характеризует значительное превышение темпов роста над мировыми.

Проанализируем факторы, влияющие на динамику роста рынка облачных вычислений на территории России в 2019 году, опираясь на исследование российской компании Xelent [3].

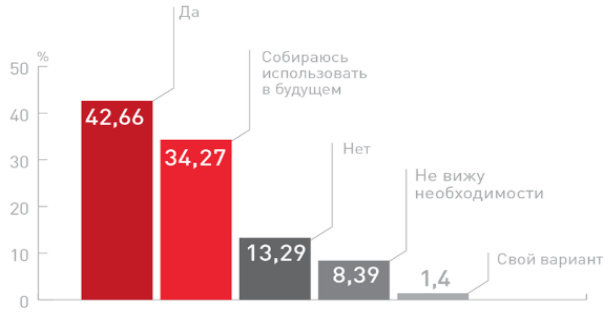


Рис. 2. Использование облачных услуг

Высокие показатели двух первых столбцов диаграммы (см. рисунок 2) свидетельствуют о лояльности отечественной аудитории к облачным технологиям. Таким образом, у рынка облачных услуг - высокий потенциал, преодолен «порог» недоверия к облакам.

Рис. 3. Факторы, препятствующие переходу к работе с облачными услугами

Рис. 4. Важные факторы при выборе облачных услуг

При анализе двух диаграмм (см. рисунок 3, рисунок 4) отметим, что ценовой фактор для заказчика будет важен всегда, но данный аспект уступает значимости конфиденциальности и безопасности, что подчеркивает востребованность и надежность облачных услуг. Таким образом, современным облачным провайдерам требуется уделить большее внимание демонстрации преимуществ и качеств облачных продуктов заинтересованной аудитории. Это поможет снизить сопротивление руководства компаний, расширить ИТ-аудиторию и внедрить облачные услуги в практику бизнеса.

Фактор устаревших систем и других причин технического характера, как правило, основан на стереотипном мнении, что все ИТ-составляющие компании должны располагаться на территории компании на своих серверах, даже технически устаревших. Некоторые руководители считают, что таким образом повышается безопасность. Однако всё больше заказчиков видят пользу экономических преимуществ при переносе ИТ-составляющих компании на аутсорсинг.

Фактор сложности с миграцией можно устранить при выборе соответствующей технологии, которая решает вопросы аварийного восстановления, резервирования и переезда. Количество таких решений на современном рынке постепенно увеличивается.

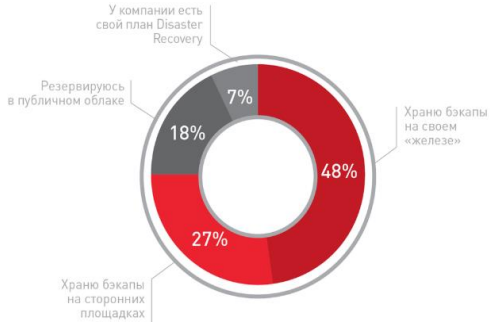


Рис. 5. Методы резервирования

Рис. 6. Аренда оборудования компанией

Проанализируем диаграмму (см. рисунок 5): 48% пользователей резервируется ненадежным способом, в отличие от 27% пользователей, резервируемых на сторонних площадках, которые являются более безопасными. Соответственно, облачным провайдерам требуется уделить значительное внимание демонстрации надежности собственных методов резервного копирования.

Анализируя вопрос аренды оборудования, отметим, что наибольшая группа пользователей (см. рисунок 6) уже использует арендованное оборудование. Высокая цена аренды рассматривается заказчиками достаточно узко, не принимая во внимание такие факторы, как оказание услуг по администрированию, замену комплектующих, организацию связности, обновление по истечении определенного времени облачным провайдером. Если этот пакет учтен, то стоимость услуг оказывается не высока. Факторы технической поддержки, покупки и внедрения решаемы. Таким образом, целевую аудиторию облачных технологий необходимо шире и глубже ознакомить со всем спектром преимуществ облачных технологий.

Данное исследование выявило позитивные тенденции в развитии облачных услуг в России. Учитывая лояльность отечественного бизнеса к внедрению облачных технологий, следует повышать его осведомленность о преимуществах облачных технологий и возможной оптимизации бизнес-процессов компании с их помощью. На основании аналитических данных подчеркнем, что ценовой фактор для современных заказчиков уже не является приоритетом, аудитория заинтересована в удобном плане тарификации в соответствии с полным набором технологических преимуществ облачной услуги. Мифы в отношении отсутствия информационной безопасности и ненадежности облачных услуг устаревают. Широкое внедрение облачных технологий снижает скептическое отношение большинства сегментов рынка к ним. Облачные технологии обеспечивают непрерывность бизнес-процессов лучше, чем стандартные методы информационных технологий.

Список литературы

1. Облачные сервисы 2018. [Электронный ресурс]. URL: http://www.cnews.ru/reviews/cloud2018 (дата обращения 07.04.2019);
2. Облачные сервисы (рынок России). [Электронный ресурс]. URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Облачные_сервисы_(рынок_России) (дата обращения 07.04.2019);
3. Что мешает российскому бизнесу пользоваться услугами облачных сервисов. [Электронный ресурс]. URL: https://rb.ru/opinion/zakazchiki-oblachnyh-uslug/ (дата обращения 07.04.2019).

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ НАБОРОВ ДАННЫХ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ, ОСНОВАННЫХ НА МЕТОДАХ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

К.Ю. Никольская, В.В. Варкентин

ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»

Аннотация. В данной статье представлены особенности создания наборов данных для обучения систем обнаружения вторжений, основанных на методах машинного обучения. Даны примеры открытых датасетов, содержащих данные о различных атаках. Описана задача классификации сетевого трафика.

Ключевые слова: защита информации, DDoS атаки, машинное обучение, Intrusion Detection System, датасет

Статья выполнена при поддержке Правительства РФ (Постановление №211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.A03.21.0011 и при поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации (Соглашение № СП-5430.2018.5)

Актуальность

DDoS (сокр.от англ. Distributed Denial of Service, Распределённый отказ от обслуживания) - изначально тип сетевой атаки, основанной на не безграничности ресурсов атакуемой службы, к которой организуется масса запросов, с которыми она заведомо не сможет справиться, и будет вынуждена отказать в обслуживании (либо заставить ждать неприемлемо долго).

Отчет организации “Ростелеком-Solar” о DDoS атаках на российские за 2018 год подтверждает актуальность разработок в области защиты от кибератак. Согласно отчету, на сети “Ростелеком”, относительно 2017 года количество атак выросло на 95%. Самая продолжительная атака продолжалась 280 часов. По мощности зафиксирована атака 450 Гбит/с. Наиболее популярной DDoS атакой являлась UPD-флуд, и составила 38% от всех осуществленных атак [2].

В связи с усложнением и увеличением DDoS атак возникает необходимость усовершенствования существующих систем обнаружения вторжений (Intrusion Detection System – IDS). Одной из основных проблем до сих пор является задача классификации сетевого трафика.

Задача классификации сетевого трафика

Задача классификации сетевого трафика — это получение на вход опредленных характеристик сетевого трафика и получение на выходе вида класса, к которому он относится. В качестве входных характеристик могут приниматься данные пакетов, различные частотные характеристики. В качестве выходных данных могут быть идентификаторы конкретных приложений, которые являются источниками генерации трафика. Также можно классифицировать по идентификаторам вида трафика. Классификация трафика необходима для идентификации приложений и протоколов, которые передаются по сети.

Выделяется два классических метода анализа сетевого трафика: сигнатурный и эвристический.

Сигнатурные методы описывают каждую атаку особой моделью или сигнатурой. В качестве модели или сигнатуры можно принять строку символов, семантическое выражение на специальном языке, формальную математическую модель и т.д. сутью данного метода является использование специальных баз данных с сигнатурами атак для

поиска совпадений. Основным преимуществом является быстрота и точность поиска сигнатур атак. А недостатком, то что новые атаки, сигнатуры которых неизвестны, определить будет невозможно.

При эвристическом анализе исследуется код, проверяемого объекта и по косвенным признакам определяется, является ли объект вредоносным. Преимуществом данного метода является то, что он позволяет детектировать неизвестные атаки.

На данный момент трендом в развитии IDS являются подходы, основанные на методах машинного обучения, а также на гибридных системах, включающих в себя несколько методов.

Методы, основанные на машинном обучении, обладают следующими положительными моментами:

1. Самообучаемость и адаптируемость – способность автоматически оперативно подстраиваться к динамически изменяющемуся содержимому;
2. Автономность – независимость от внешних баз знаний и экспертов.

Основными недостатками таких методов являются:

1. Необходимость наличия обучающего набора;
2. Повышенный риск ложно-положительных ошибок;
3. Необходимость стабильного переобучения при изменении характеристик известных протоколов и появлении новых.

Исследования в области применения методов машинного обучения в области защиты от DDoS атак доказаны на практике во множестве работ. Однако, главной существенно проблемой остается отсутствие готовых наборов данных для обучения подобных систем.

Особенности создания наборов данных для обучения

Прежде чем приступать к использованию методов машинного обучения в системах обнаружения вторжений, необходимо определить, что мы хотим от разрабатываемой системы и что она должна делать. Первым этапом при разработке подобных систем является выбор методов машинного обучения. Вторым, поиск или создание набора (массива) данных (датасет), на котором будет учиться система.

Правильность собранного датасета будет влиять на результаты исследования. Поэтому данный этап является очень важным. Найти свободный для скачивания набор данных под конкретную задачу, достаточно сложно. Однако, в открытом доступе все чаще стали публиковать датасеты, для обучения систем обнаружения вторжений, использующих методы машинного обучения. Несмотря на популярность данной области исследования, количество и объем датасетов очень малы. Что также негативно сказывается на исследованиях в данной области.

Одним из примеров может служить DDoS attack scoreboard dataset [3]. Этот датасет является свободным для скачивания. В нем содержится пара srcip:srcport-dstip:dstport со статистическим счетчиком для количества пакетов, идентификации протокола, флага (если это TCP) и количества пакетов SYN (если это TCP). Каждая пара ip:port представляет один канал связи.

На сервисе Kagle также присутствуют наборы для обучения. Например, в декабре 2018 года был опубликован набор данных низкоинтенсивных DDoS атак [4].

Одним из самых интересных наборов данных является CICIDS2017, который создали в Канадском институте кибербезопасности. В нем содержатся современные распространенные атаки, которые напоминают настоящие реальные данные (PCAP). Он

также включает в себя результаты анализа сетевого трафика с использованием CICFlowMeter с помеченными потоками на основе метки времени, IP-адресов источника и назначения, портов источника и назначения, протоколов и атак. Файлы данного датасета сохранены в формате CSV. Канадский институт кибербезопасности опубликовал также и другие датасеты для проведения различных исследований, например, данных CSE-CIC-IDS2018. В данном датасете используется понятие профилей для систематической генерации наборов данных, которые содержат подробные описания вторжений и абстрактные модели распространения для приложений, протоколов или сетевых объектов более низкого уровня. Эти профили могут использоваться агентами или операторами для генерации событий в сети. Из-за абстрактного характера сгенерированных профилей их можно применять к различным сетевым протоколам с различными топологиями. Также, профили можно использовать вместе для создания набора данных для конкретных нужд. [5]

Однако, несмотря на то, что все больше компаний и исследователей стали публиковать собранные ими наборы данных, остается острая проблема нехватки таких датасетов. Необходимость создания большой базы, которая хранила бы данные в одном формате и постоянно пополнялась, помогла бы быстрее развиваться в области создания систем, основанных на машинном обучении.

Список литературы

1. Ковалев Д.А. Классификация методов проведения DDoS-атак // Мир транспорт. – 2013. №1(45). – С. 130–134;
2. Ростелеком-Solar. Отчет о DDoS-атаках на российские компании в 2018 году [Electronic resource] // 22.04.2019. 2019. URL: https://ict.moscow/research/otchet-o-ddos-atakah-na-rossiyskie-kompanii-v-2018-godu/;
3. D. Bojovic, Petar; Basicevic, Ilija; Očovaj, Stanislav; Popovic, Miroslav (2017), “DDoS attack scoreboard dataset”, Mendeley Data, v2;
4. [Electronic resource] // 22.04.2019. 2018. URL: https://www.kaggle.com/keval17/ddosattackdetection;
5. [Electronic resource] // 22.04.2019. 2017. URL: https://www.unb.ca/cic/datasets/ids-2017.html;
6. Гетьман А.И., Маркин Ю.В., Евстропов Е.Ф., Обыденков Д.О. Подходы к представлению результатов анализа сетевого трафика. Труды ИСП РАН, том 29, вып. 3, 2017 г., стр. 117-150.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА МУЗЫКАЛЬНОГО СИНТЕЗАТОРА

Д.В. Предтеченский

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной статье описываются основные шаги, сделанные при проектировании пользовательского интерфейса музыкального синтезатора: обзор конкурентов, анализ видеоматериалов, формулировка функциональных требований, функциональная оптимизация рабочей панели оператора, а также создание прототипов лицевой панели синтезатора и экранного меню.

Ключевые слова: проектирование, пользовательский интерфейс, синтезатор, эргономика.

На данный момент электронная музыка находится на пике своей популярности и в ближайшее время ее доминирующее положение в музыкальной индустрии не изменится. Действительно, ведь мало того, что электронная музыка самодостаточна, без электронного аккомпанемента сейчас не может обойтись большинство популярных музыкальных

жанров, от поп-музыки до хип-хопа. Тем не менее, несмотря на обилие различных производителей и моделей музыкальных синтезаторов, ввиду отсутствия строгой стандартизации пользовательского интерфейса неудобные синтезаторы продолжают появляться, и даже интересная идея или звучание не могут спасти сложный в использовании продукт.

Синтезатор — электронный музыкальный инструмент, синтезирующий звук при помощи генераторов звуковых волн. Требуемое звучание достигается за счёт изменения свойств электрического сигнала (в аналоговых синтезаторах) или настройкой параметров центрального процессора (в цифровых синтезаторах).

Виды синтезаторов:

- синтезатор, выполненный в виде корпуса с клавиатурой, называется клавишным синтезатором;
- синтезатор в виде корпуса без клавиатуры называется синтезаторным модулем или грувбоксом и управляется от MIDI-клавиатуры или другого устройства, например, MIDI-гитары.

Целью моей работы было спроектировать пользовательский интерфейс нового музыкального синтезатора для его последующего претворения в жизнь, и для этой цели мной был выбран формфактор грувбокса как наиболее универсальный и популярный на данный момент.

Чтобы спроектировать итоговый интерфейс будущего продукта, мной был разработан поэтапный план:

1) анализ предметной области;
2) анализ видеоматериалов:
3) анализ текущих проблем пользовательских интерфейсов синтезаторов;
4) составление диаграммы прецедентов использования синтезатора;
5) составление диаграммы состояний синтезатора;
6) составление списка функциональных требований к синтезатору;
7) создание прототипа интерфейса.

Далее будут вкратце подведены итоги каждого из этапов.

Мной было проанализировано 5 часов видеообзоров различных синтезаторов. В каждом видеоролике музыканты-профессионалы и любители рассматривали их функционал, удобство интерфейса и перехода между состояниями, а также давали свои комментарии. Вся важная информация была сформулирована и помещена в таблицу. В результате ее обработки мной были выделены две основные проблемы, с которыми сталкиваются пользователи синтезаторов:

- Неудобный физический интерфейс. Кнопки и другие элементы управления могут быть непонятно сгруппированы, вместо их логичного расположения текст с инструкцией по использованию пишут прямо на лицевой панели. Обычно одна кнопка может иметь до трех значений, а количество функций каждого из энкодеров исчисляется десятками. Нужно продумать расположение каждой кнопки и энкодера, а также назначенные на них функции, и за какое количество действий пользователь может переназначить тот или иной элемент управления. Индикация состояний параметров должна не мешать глазам.
- Сложный и непонятный интерфейс меню управления. Ввиду того, что в синтезаторах часто либо отсутствует экран, либо используется монохромный с маленьким разрешением, в данной среде не развита культура гладких и цветных изображений. Наличие экрана серьезно упрощает работу с интерфейсом и позволяет сэкономить много места на

объясняющих функционал надписях, так как количество функций синтезатора многократно превосходит число физических элементов интерфейса, и их нужно переназначать. Удобный же интерфейс меню управления могут предоставить единицы синтезаторов в мире.

Следующей задачей, решенной при помощи анализа видеоматериалов, стала задача создания полного списка возможностей, которые хороший синтезатор должен предоставлять своему пользователю. Далее мной были сформулированы мои требования к инструменту – дополнительный функционал, который придаст ему новизну и уникальность.

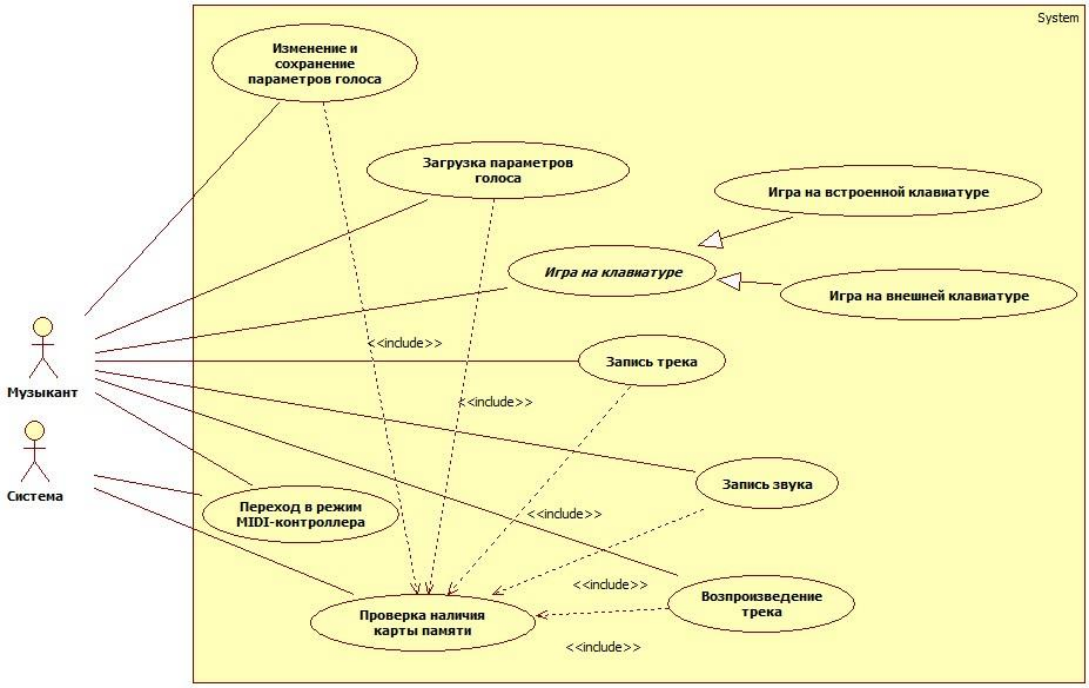


Рис. 1. UML-диаграмма прецедентов музыкального синтезатора

Затем на основе полученных функциональных требований мной были составлены UML-диаграммы. Первой была разработана диаграмма вариантов использования, или диаграмма прецедентов (ее графическое представление без спецификации представлено на рис. 1). Она помогла формализовать основные действия, которые может совершить пользователь с системой, а также выделить функции, доступ к которым наиболее приоритетен.

Следующей UML-диаграммой я сделал диаграмму состояний (рис. 2). На данной диаграмме представлены элементарные состояния системы, а также условия переходов между ними. Данная диаграмма помогла понять, какие управляющие элементы стоит сгруппировать в силу функциональной близости, а какие – вследствие их совместной работы в одном состоянии.

Последним шагом исследования стал анализ статей, посвященных эргономике музыкальных синтезаторов. Так, например, мной была изучена статья, посвященная эргономике клавиатур музыкальных синтезаторов [1].

В результате компоновки моих и пользовательских требований, материалов из научных статей и UML-диаграмм мной были составлены итоговые функциональные требования к

интерфейсу. Руководствуясь ими, я спроектировал дизайн лицевой панели физического интерфейса (рис. 3).

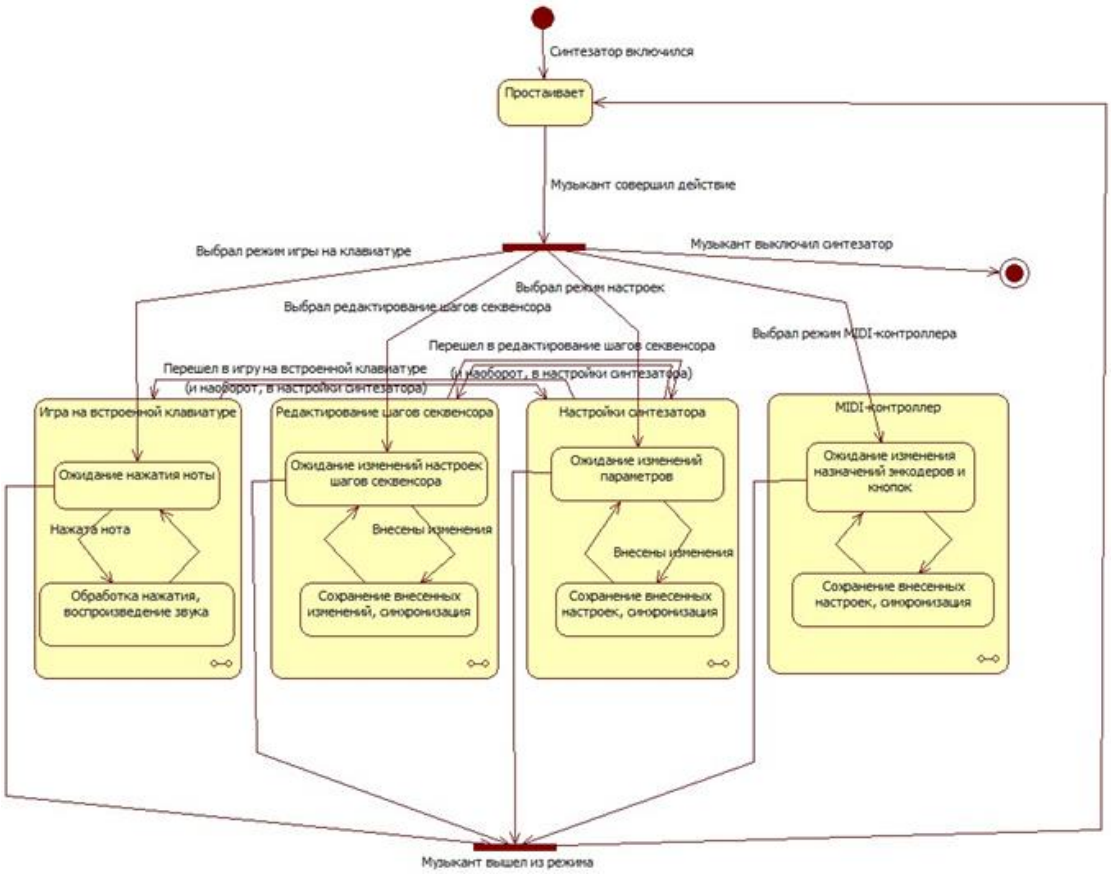


Рис. 2. UML-диаграмма состояний музыкального синтезатора

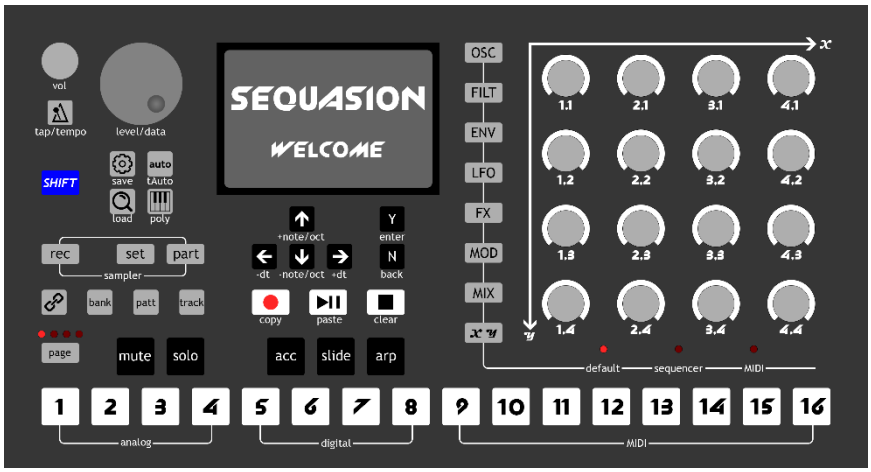


Рис. 3. Дизайн лицевой панели синтезатора

Одной из серьезных проблем, с которыми мне пришлось столкнуться при выполнении этой задачи, стал дизайн «матрицы» энкодеров, которые изображены как 16 кругов, организованных в виде квадрата 4x4. Мной было принято решение пронумеровать их двумерным кодом, но возникло противоречие нотаций. Согласно «матричной» нотации

первая координата меняется при движении сверху вниз, а согласно «координатной» – слева направо. В итоге решение было принято в пользу второго варианта.

Для того, чтобы спроектировать удобный дизайн интерфейса меню управления мной были изучены статьи, посвященные эргономичному размещению информации на дисплее [2]. По итогам проведенной работы мной был создан прототип одной из страниц экрана(рис. 4).

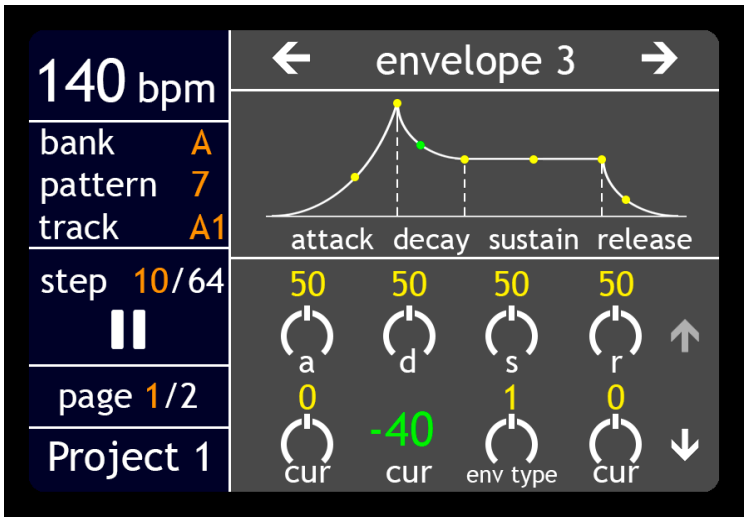


Рис. 4. Дизайн интерфейса меню управления

В результате проведенной работы было проанализировано 5 часов видеоматериалов, изучены научные статьи, посвященные эргономике синтезаторов, на основе анализа составлены функциональные требования, UML-диаграммы прецедентов и состояний. В конце был спроектирован пользовательский интерфейс музыкального синтезатора и меню, отображающегося на его дисплее.

Список литературы

1. Цянь Ц. Эргономические основы различных конструкций клавиатур музыкальных инструментов // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). 2012. № 18 (10). С. 16;
2. Андреева О.Н. Эргономичное размещение информации на экране монитора // Педагогическое образование и наука. 2011. № 7 (7). С. 40–44.

АНАЛИЗ РИСКОВ ОРГАНИЗАЦИИ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ IT-ПРОДУКЦИИ

В. Филиппова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им .В.И. Ульянова(Ленина)

Аннотация. В данной работе рассмотрены причины возникновения рисков на этапе эксплуатации IT – продукции. Произведено сравнение существующих методов оценки рисков на основе критериев, отвечающих специфике области. Предложен комбинированный метод оценки риска, основанный на модели жизненного цикла аппаратно-программного комплекса и метода анализа причин и последствий отказов. Приведен алгоритм принятия решения о проведения мер по снижению риска.

Ключевые слова: Жизненный цикл(ЖЦ), эксплуатация, модель, риск

IT- продукты – сложные аппаратно-программные комплексы (АПК), разрабатываемые и поставляемые в несколько этапов. Из-за сложности внутренних процессов продуктов, каждый продукт разработки АПК содержит элементы неопределенности – риски. Риск IT-продукта – это потенциальная проблема, возникающая из-за его неспособности работать в соответствии с ожиданиями пользователей или из-за несоответствия цели, для которой он был разработан на различных этапах жизненного цикла(ЖЦ).

Под риском в данной работе будем понимать вероятность возникновения неисправности. Согласно отчету Project Management Institute [1] от 2017 года, подготовленному по результатам опроса 3 тыс. специалистов по управлению проектами, 28% инициатив провалились.

Таким образом риск провала проекта даже после ввода в эксплуатацию остается высоким и ошибки в прогнозировании и планировании этого этапа могут привести к катастрофическим последствиям. Для того, чтобы успешно управлять данными рисками необходимо понимание проблем процессов ЖЦ АПК, а также причин их возникновения.

Этап эксплуатации и сопровождения – заключительный этап ЖЦ. На данном этапе могут быть обнаружены ошибки и дефекты АПК, упущенные на этапе тестирования, а также локализованы новые, связанные с возможными изменениями, а также вследствие физического и морального устаревания отдельных компонентов IT-продукта в процессе эксплуатации. Таким образом, проблема управления рисками на данном этапе ЖЦ стоит особенно остро. Целью данной работы является решение задачи анализа и оценки рисков организации на этапе эксплуатации.

В ходе работы были идентифицированы наиболее часто встречаемые риски этапа эксплуатации. По результатам исследования [2]: было выявлено 9 факторов возникновения риска: недостаточная квалификация сотрудников, несоответствующее управление изменениями, негативное влияние корпоративной политики, недостаток ресурсов и справочной базы, низкое качество руководства, проект повторной эксплуатации, несогласованность процессов, некорректная документация, действия конкурентов. Полученная частота факторов возникновения используется при дальнейшей оценке рисков.

В настоящее время существует множество методов, позволяющих оценить риски. В ходе работы были выбраны 3 метода отраженные в ГОСТ [3], а также сформированы критерии сравнения [3], позволяющие наиболее качественно оценить риски этапа эксплуатации IT-продукции.

Критерии сравнения методов:

1. выходные данные (возможность получения количественных характеристик, да/нет). Для определения степени воздействия рисков и их возможных последствий необходимо получение количественных характеристик после применения метода;
2. значимость воздействующих факторов (неопределенность входных данных);
3. применимость метода оценки риска (идентификация риска, анализ риска – анализ последствий – получение вероятностных характеристик – анализ уровня риска, сравнительная оценка риска).

Итоги сравнения методов по выбранным критериям приведены в таблице 1.

Из сравнения методов оценки рисков следует, что наиболее предпочтительным методом по выбранным критериям является метод анализа причин и последствий отказов. Метод анализа причин и последствий отказов - систематизированный комплекс действий для распознавания и оценки потенциальных отказов процессов и их последствий С целью уменьшения влияния неопределенности входных данных и уровень субъективности

экспертных оценок предлагается использовать модели ЖЦ АПК получения вероятностных характеристик [4].

Таблица 1

Итоги сравнения методов

Название метода	Выходные данные	Значимость воздействующих факторов	Применимость метода оценки риска
Метод Монте-Карло	да	низкая	Сравнительная оценка риска
Марковский анализ	да	низкая	Идентификация рисков; Анализ последствий рисков
Анализ причин и последствий отказов	да	высокая	Идентификация риска; Анализ последствий; Анализ уровня риска

Модель ЖЦ построена на основе следующих процессов этапа эксплуатации: подготовка процесса, проверка и приемка при сопровождении, анализ проблем и модификаций, внесение изменений, , перенос, снятие эксплуатации. время выполнения процесса – случайно, а сами процессы –стохастические.

Введем следующее обозначение; $p_{ij}(t)$ – вероятности перехода модели из состояния i в состояние j в момент времени t.

Работы каждого процесса i ЖЦ этапа эксплуатации должны быть выполнены, следовательно, справедливо следующее равенство (1), где n – количество состояний модели ЖЦ:

$$\sum_{i=1}^{n} p_{ij}(t) = 1, \tag{1}$$

Модель в виде матрицы переходных вероятностей можно представить следующим образом (2):

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_{22} & a_{23} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_{33} & p_{34} & 0 & 0 \\ 0 & p_{42} & 0 & p_{44} & p_{45} & p_{46} \\ p_{15} & 0 & 0 & 0 & p_{55} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \tag{2}$$

Данная вероятностная модель позволяет провести анализ процессов этапов эксплуатации.

В результате, количественная оценка риска возникновения неисправностей из строя – R[5], с использованием полученной модели ЖЦ примет следующий вид (3):

$$R_i = O_i D_i P_i \ , \tag{3}$$

где O_i - вероятность появления отказа на i - й фазе ЖЦ, D_i - вероятность обнаружения отказа i - й фазе ЖЦ. Интегральная оценка риска продукта для всех процессов (4):

$$R = \sum_{i=1}^{n} R_i \tag{4}$$

Рассчитанная таким образом интегральная оценка влияет на необходимость проведения упреждающих действий и рекомендаций по улучшению качества продукции на этапе эксплуатации. Поскольку значения возможных рисков меняются во время эксплуатации , для принятия решения работе предложено использовать анализ Вальда[6].

Алгоритм принятия решений при двух пороговой схеме в процедуре Вальда следующий. Пусть, A и B верхний и нижний пороги соответственно , где $0 < B < 1 < A$. Поскольку количество рисков величина неограниченная, будем фиксировать ошибки обоих родов: α - вероятность ошибки первого рода, β - вероятность ошибки второго рода. Выборка рисков $X = \{X_1, \ldots, X_m\} \square N(\mu, \sigma^2)$, в силу центральной предельной теоремы.

Фиксируем коридор отклонения значений параметра μ (математического ожидания) от μ_0, считающимся незначительным $\mu_L \le \mu_0 \le \mu_U$.

Используем следующие обозначения для вычисления пороговых значений возможных рисков (5-6):

$$A = \frac{1-\beta}{\alpha}, B = \frac{\beta}{1-\alpha}; \tag{5}$$

$$\begin{aligned} a_m &= \frac{\sigma^2}{\mu_U - \mu_L} \ln B + m \frac{\mu_L + \mu_U}{2}, \\ r_m &= \frac{\sigma^2}{\mu_U - \mu_L} \ln A + m \frac{\mu_L + \mu_U}{2}, \end{aligned} \tag{6}$$

Каждое новое значение интегральной оценки риска сравниваем с полученными порогами:

$R_m \ge r_m \Rightarrow \mu \ge \mu_U \Rightarrow$ требуется принять меры по снижению риска, заканчиваем наблюдения

$R_m \le a_m \Rightarrow \mu \le \mu_L \Rightarrow$ меры по снижению риска не требуются, заканчиваем наблюдения

$a_m < R_m < r_m \Rightarrow$ продолжаем эксплуатацию изделия, рассматриваем следующее значение

В результате выполнения данной работы были выявлены основные факторы возникновения рисков, проведен сравнительный анализ существующих методов оценки рисков. Был предложен комбинированный метод оценки, состоящий из метода анализа причин и последствий отказов, основанного на модели ЖЦ и применен последовательный алгоритм принятия решения о необходимости снижения рисков этапа эксплуатации. Данный метод позволит более точечно оценивать каждый риск и его влияние на функционирование IT-продукции. Результаты данной работы могут использоваться экспертами организации для последующего мониторинга и контроля рисков продукции на этапе эксплуатации. Целью дальнейших исследований является разработка методик по

управлению рисками, основаных на выходных данных анализа методом, предложенным в работе.

Список литературы

1. Почему ИТ-проекты по-прежнему терпят провалы [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.osp.ru/cio/2017/07/13052958/;
2. April A., Hayes J. H., Abran A., Dumke R../ Software Mainentance Maturity Model (SMmm): the software maintenance process model./ Journal of software maintenance and evolution: research and practise , 2004, с 197- 233;
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска - Введ. 2006-02-01 - М.: Стандартинформ, 2006 — 69 с (дата обращения: 20.02.2019);
4. Романцев В. В., Кузнецова А.В. Оценка репутационного риска организации на основе модели жизненного цикла IT-продукции // Известия СПбГЭТУ, серия «Информатика, управление и компьютерные технологии», Вып.7, 2018, с.115-20 (дата обращения: 11.01.2019);
5 Марущак Ю.В. Оценка репутационных рисков реализации аппаратно-программных комплексов [Электронный ресурс] Режим доступа: swsys-web.ru/assessment-of-reputational-risks-of-implementation-of-hardware-and-software-systems.html;
7. Сейдж Э., Мелс Дж. Теория оценивания и ее применение в связи и управлении. Пер с англ. под ред. проф. Б. Р. Левина. М, «Связь», 1976. с 196-199 (дата обращения: 11.03.2019).

ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ ГЕНЕРАТИВНО-СОСТЯЗАТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ АТАК ПРОТИВ СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЯ

П.Д. Ческидов

ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»

Аннотация. В статье рассмотрено применение генеративно-состязательных сетей в области обнаружения и предотвращения сетевых атак. Дано определение генеративно-состязательных сетей. Рассмотрена модель системы с использованием генеративно-состязательных сетей для генерации вредоносного трафика.

Ключевые слова: генеративно-состязательные сети, машинное обучение, системы обнаружения вторжения, безопасность, вредоносный трафик.

Статья выполнена при поддержке Правительства РФ (Постановление №211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.A03.21.0011

Проблемы безопасности

В связи с распространением угроз безопасности в интернете, системы обнаружения вторжения (Intrusion Detection System – IDS) становятся существенным инструментом для обнаружения и отражения сетевых атак, которые осуществляются с использованием вредоносного трафика. IDS сообщает об опасности в случае обнаружения небезопасного трафика. Главная задача – отличать вредоносный сетевой трафик от нормального. Алгоритмы машинного обучения повсеместно внедряются в IDS для защиты сетевых соединений. Однако, системы обнаружения вторжения постепенно подвергаются новым уязвимостям. Злоумышленники пытаются обманывать IDS с помощью генерации атак, основанных на генеративно-состязательных сетях [1].

Для решения задачи генерации подобных атак против систем обнаружения вторжения, была придумана модель генерации вредоносных экземпляров данных, которые были бы распознаны IDS как валидные. В этом и заключается опасность для IDS. Генеративно-состязательная сеть способна генерировать поддельные данные, которые будут распознаны

как нормальный трафик, даже не зная внутреннего устройства конкретной системы защиты [2].

Генеративно-состязательная сеть (Generative Adversarial Network – GAN) – алгоритм машинного обучения, который работает на основе двух “соперничающих” нейронных сетей. По своей структуре она состоит из двух нейронных сетей – генеративной и дискриминационной (рисунок 1).

Дискриминационная модель должна учиться отличать поддельные данные от реальных, а генеративная модель – учиться генерировать такие данные, чтобы обмануть первую модель. Если найти компромисс между приемлемым качеством классификации дискриминатора и уделить достаточно времени на обучение этой модели, то можно получить вполне устойчивую к вредоносным примерам модель [3].

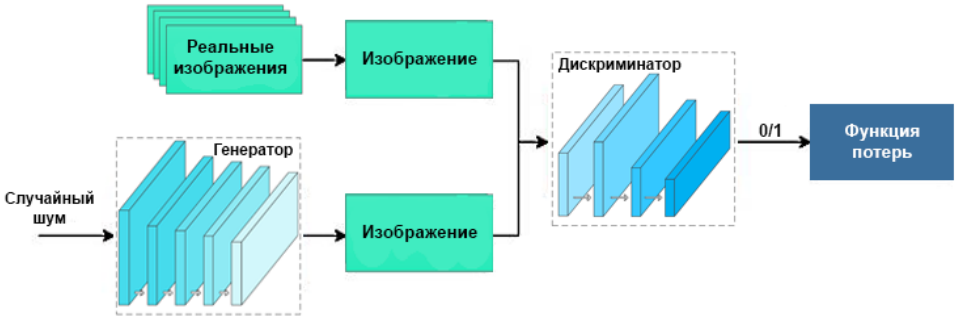


Рис. 1. Классическая генеративно-состязательная сеть

Идея генеративно-состязательных сетей

В недавней статье [2] исследователи разработали систему для обмана систем обнаружения вторжения, предполагая, что злоумышленникам ничего не известно о строении этой системы. Система с использованием генеративно-состязательных сетей базируется на концепции генератора, который изменяет входные данные, и дискриминатора, который классифицирует данные о трафике и полностью имитирует систему обнаружения вторжения. Их эксперименты основаны на наборе данных, известном как NSL-KDD, исследователи атаковали различные системы и показали хорошие результаты.

В последние десятилетия проделана огромная работа в области генеративных исследований. Исследователь, известный как Ян Гудфеллоу, представил общепринятую структуру GAN. Главная задумка заключается в том, что две нейронные сети играют в некую игру для того, чтобы найти оптимальное решение. Но не так много исследований проводится в области безопасности с применением генеративно-состязательных сетей [8].

Существенные достижения в этой области:

1. совершенствуются методы атак с использованием генеративно-состязательных сетей, которые направлены на системы защиты;

2. системы с применением генеративно-состязательных сетей демонстрирует впечатляющие результаты в экспериментах. Показатели обнаружения искусственно произведенных атак системами обнаружения достигли нуля, что очень впечатляет;

3. также тестировалась влияние на генеративно-состязательные сети различных условий, но даже при изменении состояния система демонстрирует хорошую устойчивость и работоспособность.

Классы атак

Прежде чем перейти к рассмотрению структуры IDSGAN, необходимо дать определение **White-box** и **Black-box**. Атаки можно разделить на 2 класса: с применением White-box (WB) и Black-box (BB). Если мы имеем дело с WB, то нам известна вся информация об обученной модели, тогда как в случае с BB мы имеем доступ только ко входу и выходу модели.

В случае с Black-box можно провести аналогию с черным и непрозрачным ящиком, который имеет на корпусе только кнопки для ввода чего-либо и световые индикаторы для получения какого-либо ответного результата. Тогда как White-box, напротив, представляет собой прозрачный ящик, то есть мы можем посмотреть, как устроена система.

В теме данной статьи мы имеем дело с системой обнаружения вторжения в качестве Black-box. Однако, вполне возможен **Gray-box** вариант, когда у нас нет данных об обученной модели, но имеется информация о типе алгоритма и его гиперпараметрах. Как правило данный тип выделяется в отдельный класс, так как дополнительной информации недостаточно для перехода к WB, а значит это лишь дополнительный набор сведений для проведения BB атаки [3].

Стоит также определить, что представляют собой вредоносные данные. **Вредоносные данные** (вредоносный трафик, adversarial examples) - входные данные для моделей машинного обучения, которые злоумышленник разработал, чтобы заставить модель сделать ошибку [5][6].

Структура генеративно-состязательной сети против СОВ (или IDS - Система обнаружения вторжения). Тренировочный датасет состоит из нормального и вредоносного трафика. После добавления шума, вредоносный трафик передается в генератор.

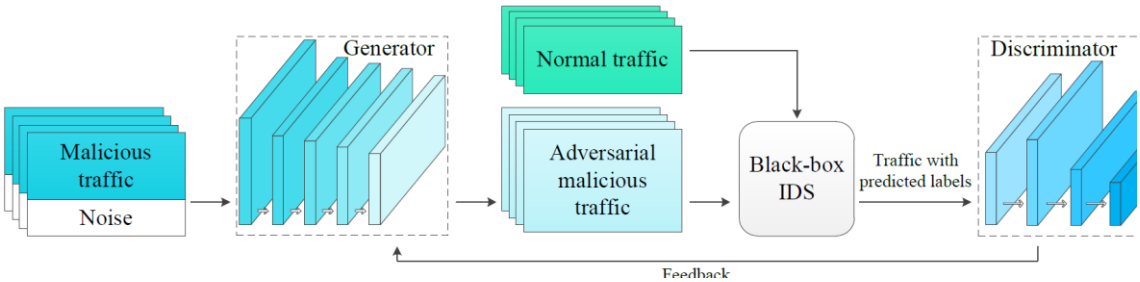


Рис. 2. Тренировка GAN

Небезопасный трафик вместе с нормальным подается в Black-box и на выходе получается трафик с предсказанными метками. Далее данные передаются в дискриминатор для улучшения симуляции работы Black-box (СОВ) (рисунок 2).

Тренировочный датасет состоит из нормального и вредоносного трафика. После добавления шума, вредоносный трафик передается в генератор. Небезопасный трафик вместе с нормальным подается в Black-box и на выходе получается трафик с предсказанными метками. Далее данные передаются в дискриминатор для улучшения симуляции работы Black-box (СОВ) (рисунок 2).

Генератор

Являясь ключевой частью этой модели, генератор играет роль создателя вредоносных экземпляров данных для атаки обманом. Чтобы преобразовать начальный пример в adversarial example, каждый входной вектор должен состоять m-мерного исходного примера

вектора M и n-мерного шума вектора N. Исходная часть M была предварительно обработана. В соответствии с предварительно обработанным вектором, элементы шумовой части состоят из случайных значений, равномерно распределенных в границах от 0 до 1 [7][8].

Дискриминатор

Без знания внутреннего устройства черного ящика модели, дискриминатор используется для имитации Black-box на основе нормальных и вредоносных данных. Также, задачей дискриминатора является классификация входных значений и передача результатов на вход генератора, чтобы он понял, насколько он близко к требуемым значениям. Одна из главных целей дискриминатора - максимально точная имитация работы черного ящика. Процедура тренировки дискриминатора довольно тривиальна. Нормальный и вредоносный трафик передается на вход черного ящика, на выходе он выдает некоторое значение, которое затем передается в качестве параметра дискриминатору. Тот в свою очередь должен обучаться на этих данных, и в результате его система классификации становится похожей на систему нашего черного ящика. Данная процедура наглядно рассматривается на рисунке 3 [2][9].

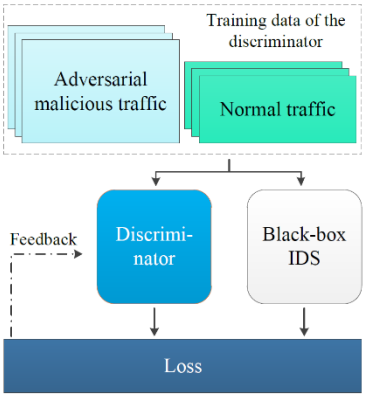


Рис. 3. Процесс имитации Black-box IDS дискриминатором

Результаты исследования

Если рассматривать генерацию состязательных атак для обхода систем обнаружения вторжения в качестве цели, то генеративно-состязательные сети является новым и перспективным инструментом, который работает с помощью генеративно-состязательных сетей. Система с использованием GAN показывает отличные результаты при генерации вредоносного трафика. Высокие показатели производительности показывают нам широкие возможности при генерации различных атак, а также обоснованность применения и гибкость использования генеративно-состязательных сетей [2].

Список литературы

1. Nikolskaya K., Ivanov S., Golodov V., Mursalimov A. Analysis of approaches to the construction of intrusion detection systems // Proceedings of the International Conference "Quality Management,Transport and Information Security, Information Technologies" (IT&QM&IS). 2017. DOI: 10.1109/ITMQIS.2017.8085767;
2. Zilong Lin, Yong Shi, Zhi Xue. IDSGAN: Generative Adversarial Networks for Attack Generation against Intrusion Detection [Electronic resource] // 07.09.1018. 2018. URL: https://arxiv.org/pdf/1809.02077.pdf (accessed: 29.03.2019);
3. Айрапетов А.Э., Коваленко А.А. Исследование генеративно-состязательной сети // Politechnical student journal. 2018. № 10, стр. 1-7. DOI: 10.18698/2541-8009-2018-10-380;
4. Black Box vs White Box в системном администрировании [Electronic resource] // 24.09.2012 URL: https://habr.com/ru/post/152053/ (accessed: 29.03.2019);

5. Безопасность машинного обучения: эффективные методы защиты или новые угрозы? [Electronic resource] // 11.07.2018. 2018. URL: https://habr.com/ru/company/pt/blog/416691/ (accessed: 29.03.2019);
6. Безопасность алгоритмов машинного обучения. Атаки с использованием Python [Electronic resource] // 24.01.2019. 2019. URL: https://habr.com/ru/company/dsec/blog/437092/ (accessed: 29.03.2019);
7. Jascha Sohl-Dickstein, Ian Goodfellow, Gamaleldin F. Elsayed. Adversarial reprogramming of neural networks [Electronic resource] // 29.11.2018. 2018. URL: https://arxiv.org/pdf/1806.11146.pdf (accessed: 29.03.2019);
8. Abhijeet Katte. Here's The Truth, GANs Easily Can Fool Intrusion Detection Systems [Electronic resource] //13.09.2018. 2018. URL: https://www.analyticsindiamag.com/heres-the-truth-gans-easily-can-fool-intrusion-detection-systems/ (accessed: 29.03.2019);
9. Brad Harris. Generative Adversarial Networks and Cybersecurity: Part 1 [Electronic resource] // 15.02.2018. 2018. URL: https://securityintelligence.com/generative-adversarial-networks-and-cybersecurity-part-1/ (accessed: 29.03.2019).

ИСПОЛЬЗОВВАНИЕ UML ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ИНТЕРНЕТ-МГАЗИНА

Ж.Ж. Радзаунари

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной статье рассматриваются факторы, которые могут заставить потенциального покупателя отказаться от услуг традиционного магазина и сделать выбор в пользу онлайнового и преимущества, которые получает продавец. Показано, как проектировать информационную систему интернет-магазина с использованием языка UML.

Ключевые слова: проектирование, интернет–магазин, покупатель, продавец, информационная система, CASE-средства, предметная область, визуализация, прецедент

Когда традиционные «коммерческие предприятия» были заменены магазинами, построенными по принципу свободного доступа к товарам, это привело к резкому росту потребительской активности. Теперь покупателю не нужно стоять на цыпочках, чтобы увидеть хорошую вещь, расположенную по другую сторону баррикадного прилавка, можно смело ходить между полками, смотреть, сравнивать, выбрать. Приняв самое безопасное правило - «Пусть покупатель почувствует себя хозяином игры» - и пытаясь сделать процесс покупки максимально комфортным, владельцы этих магазинов добились значительного увеличения своих продаж и таким образом одержали победу на конкуренции. Покупки в Интернете были фактически следующим шагом к реализации этих принципов. Сложности компенсируются возможностью интернет-магазинов постепенно автоматизировать цепочку заказов до доставки товаров. Результат не будет долгим: покупатель ценит низкие цены и удобство покупки.

Какие факторы могут заставить потенциального покупателя отказаться от услуг традиционного магазина и выбрать для продажи через интернет?

Вам ведь не приходится платить за аренду торговых площадей и нанимать большое количество обслуживающего персонала. Это позволяет немного, совсем чуть-чуть, снизить цены. А клиент никогда не хочет платить лишнего. Покупателю не нужно никуда идти, он может совершить покупку в любое время суток. Что, несомненно, выгодно продавцу, так как увеличивает количество возможных заказов. Исследования показали, что онлайн-покупатели обычно ищут что-то совершенно конкретное. Покупатель заинтересован в общении с другими, которые ищут товары той же категории. Видя полезные советы по тому

же товару на форуме, клиент захочет возвращаться снова и снова. С покупателями все ясно. Им интернет-магазины только выгодны. Но каковы преимущества для продавца?

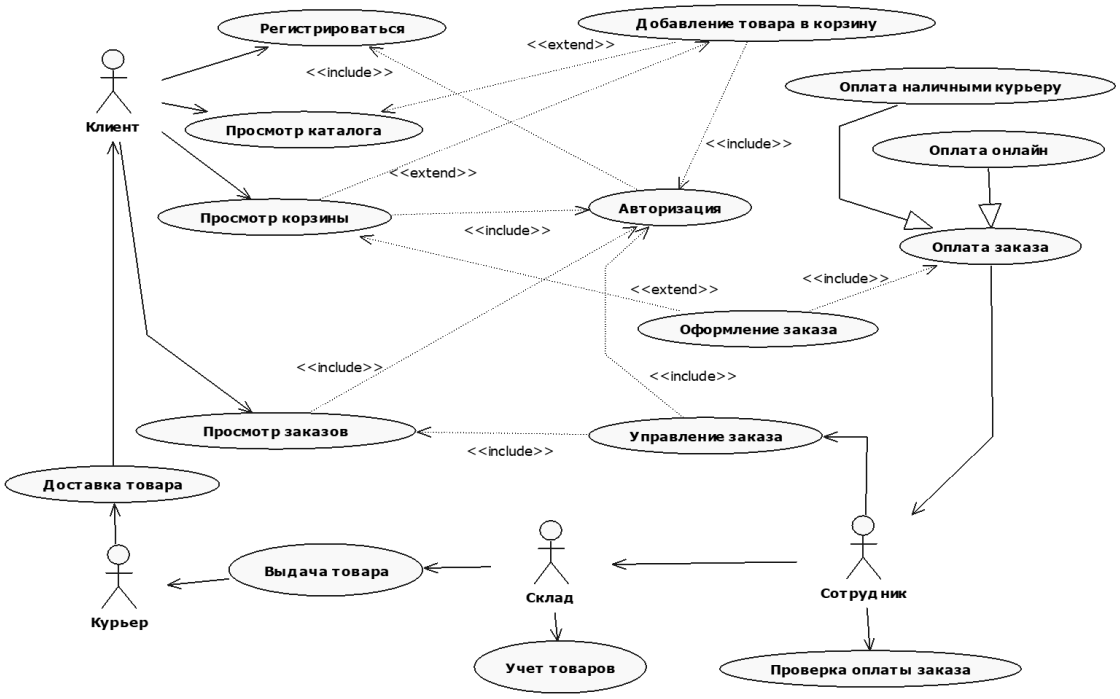


Рис. 1. Диаграмма прецедентов интернет-магазина

Очень важно, чтобы не было обязательного географического фактора - сеть открыта для всех, единственным ограничением являются условия доставки. Снижение затрат на аренду коммерческих площадей, оборудования и персонала. В принципе, интернет-магазины могут обслуживать очень небольшое количество сотрудников. Автоматизация позволяет увеличить количество обрабатываемых заказов и снизить риск ошибок. Полученная статистика: различные опросы, анкеты, показания счетчиков позволяют быстро реагировать на потребности рынка. Когда все ниши уже заняты в обычном магазине, а качественная кампания требует сотен тысяч или даже миллионов долларов, вы можете добиться впечатляющих результатов в интернет-магазине с относительно скромным рекламным бюджетом. Для описания предметной области и проектируемой системы будем использовать диаграммы UML. UML — является графическим языком для визуализации, описания параметров, конструирования и документирования различных систем (программ в частности).

Поскольку UML является объектно-ориентированным, методы описания результатов анализа и проектирования семантически близки к современным методам объектно-ориентированного программирования. UML позволяет описывать систему практически с любой точки зрения и с разных сторон поведения системы. UML-диаграммы относительно легко читаются после быстрого ознакомления с их синтаксисом. UML широко распространен и динамичен.

Существуют различные типы диаграмм для визуализации моделей (необходимые, хотя их гораздо больше): диаграмма вариантов использования (use case diagram), диаграмма классов (class diagram), диаграмма состояний (statechart diagram), диаграмма последовательности (sequence diagram), диаграмма кооперации (collaboration diagram), диаграмма компонентов (component diagram), диаграмма развертывания (deployment diagram).

В качестве примера на рис.1 показана диаграмма вариантов использования, отображающая процессы работы интернет-магазина. Рассмотрим пример описания прецедента «Оформление заказа»:

Краткая сводка: Покупатель оформляет заказ из корзины с товарами.

Актёры: Клиент.

Зависимость: Прецедент включает прецедент «Оплата заказа». Расширяет прецедент «Просмотр корзины».

Предусловие: Клиент находится на странице корзины с товарами.

Основной поток:

1. Покупатель выбирает “Оформить заказ”.
2. В полях Имя, Телефон, e-mail автоматически подставляются данные из профиля пользователя. Поля доступны для изменения.
3. Если в разделе Доставка пользователь выбирает Доставка курьером, то если сумма стоимости товаров меньше 3000 рублей, то к стоимости прибавляется оплата за доставку 300 рублей.
4. Покупатель переходит к разделу Оплата.
5. Включить прецедент Оплата заказа.

Альтернативы и ошибки:

1. Если в профиле пользователя не было данных о его имени, телефоне и e-mail, то соответствующие поля при заказе будут пустыми и будут обязательными к заполнению.
2. Если пользователь не заполнил одно из полей Имя, Телефон, e-mail, то будут выведено сообщение об ошибке.
3. Если в разделе Доставка пользователь выбирает Самовывоз, то открывается список возможных точек самовывоза, одну из которых пользователь выбирает.

Постусловие: Система выводит сообщение о том, что заказ был оформлен

Использование информационных систем делает все производство более конкурентоспособным за счет повышения его управляемости и адаптируемости.

Автоматизация повышает эффективность управления, предоставляя руководителям и специалистам самую полную, актуальную и надежную информацию на основе единого банка данных. StarUML был использован в качестве CASE-средств из-за его простоты использования, что является наиболее важной особенностью разработки приложений. Бесплатная платформа StarUML выгодно отличается от своих аналогов, в том числе коммерческих платформ, с поддержкой множества особенностей, таких как быстрый диалог, клавиатурные команды, обзор диаграмм и многое другое.

Список литературы

1. В.А. Дубенецкий, А.Г. Кузнецов Проектирование информационных систем с использованием UML: учебно-методическое пособие. СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. 62 с;
2. Каюмова А.В. Визуальное моделирование систем в StarUML: Учебное пособие/ А.В. Каюмова. Казань. – Казанский федеральный университет, 2013. – 104с;

РАДИОТЕХНИКА И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ И ЕЕ РОЛЬ В КОНЦЕПЦИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Д.К. Гречушкин, А.Г. Чепелев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Представлен обзор технологий машинного обучения и интернета вещей, а также их влияние на технологический прогресс. Рассмотрена их совместная работа на примере системы распознавания лиц - одной из важнейших составляющих сети интернета вещей. Основной задачей, которая решается данной системой, является обнаружение и распознавание человека или групп лиц для дальнейшего взаимодействия с ними. Приведено экономическое обоснование выбора необходимых устройств.

Ключевые слова: Распознавание лиц, интернет вещей, машинное обучение, Arduino Uno, Linux

Введение

Человеческий мозг – одна из сложнейших структур, с которыми нам доводилось иметь дело. Однако, несмотря на это, учёные смогли понять, как работает передача электрических и химических сигналов, как происходит обучение [1]. Эти принципы были заложены в технологию искусственных нейронных сетей (ИНС), которая в скором времени автоматизирует многие процессы, которые раньше без участия человека нельзя было представить.

На сегодняшний день ИНС обретают всё большую популярность. Их применение растёт невероятно высокими темпами.

Примером областей, в которых они используются, являются распознавание речи, анализ и прогнозирование всевозможных рынков, медицинская диагностика, оптимизация трафика в телекоммуникационных сетях и т. д.

Однако в совокупности с технологией интернета вещей нейронные сети помогают решать куда больший круг задач и открывают новые возможности для повышения комфорта жизни. Под интернетом вещей чаще всего подразумевается концепция сети устройств (датчиков, управляемых устройств и т. д.) объединенных какой-либо платформой с целью решения задач по автоматизации различных процессов, повышению безопасности объектов, энергосбережению, а также взаимодействию с пользователем.

Применяя эти технологии вместе, можно добиться устранения рутинных действий со стороны человека. Уже сейчас, в последних версиях флагманских смартфонов есть система разблокировки экрана: телефон, обученный нейросетью на распознавание образа конкретного человека, автоматически открывает доступ владельцу по его лицу.

Также существует множество голосовых помощников со встроенной системой распознавания речи, при помощи которых можно управлять устройствами умного дома. Или куда более сложные системы, такие как беспилотное такси [2], которые имеют платформу, где пользователь выбирает маршрут. По этому маршруту автоматически проезжает машина, оснащенная датчиками, которые взаимодействуют с управляющим компьютером.

На компьютере реализована нейронная сеть для распознавания окружающих объектов и погодных условий. Все эти входные параметры обрабатываются НС, которая

впоследствии автоматически даёт команды двигателю, управляющему скоростью вращения колес, а также тормозной системе.

Обзор проекта

Целью данного проекта является разработка сети взаимосвязанных устройств, решающей задачу распознавания лица с дальнейшей световой визуализацией присутствия. Система состоит из двух основных узлов: отладочной платы ArduinoUno, работающей со всеми устройствами напрямую, и сервера, в роли которого может выступать компьютер. Микроконтроллер Arduino здесь является ведущим устройством. К нему подключены напрямую: камера, светодиодная лента, а также ведомый сервер, предназначенный для вычислений нейросети, подключенный через плату расширения Arduino Ethernet shield. Устройства и элементы в данной работе выбирались исходя из их доступности и по экономическим соображениям.

Основные задачи ведущего устройства

ArduinoUno является центральным устройством, вокруг которого строится вся сеть. Его роль заключается в приёме кадров с камеры, затем записью данных на носитель информации, а после - дальнейшей их передачей на сервер.

Начальным узлом данной системы является камера. Для настоящей задачи была взята камера на 2МП с jpeg-кодированием ov 2640. Данная камера способна выдавать кадры разрешением от 40x30 до 1600x1200 [3]. Достаточным разрешением для работы с нейронной сетью при условии что лицо занимает 10% кадра [4] является QVGA 320x240, поэтому будем использовать его. Однако, одной из первых проблем, с которой приходится сталкиваться, является различное рабочее напряжение камеры (3,3В) и отладочной платы (5В), поэтому для питания камеры (и остальных входных сигналов) необходимо использовать делитель напряжения, представленный на Рисунке 1а. В то же время, диапазон уровня логической единицы на микроконтроллере включает в себя диапазон логической единицы камеры, поэтому проблема согласования возникнуть не должна (Рисунок 1б).[5]

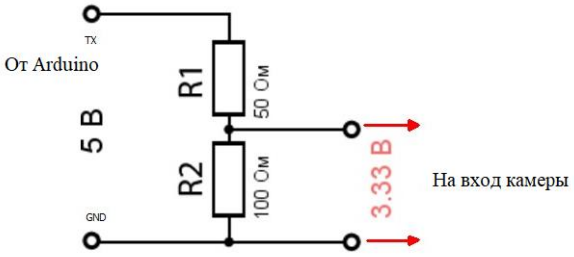


Рис. 1а

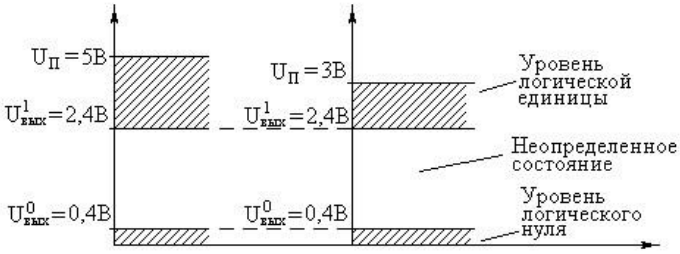


Рис. 1б

Также, серьёзной проблемой, которая возникает при работе с камерой, является недостаточная память ОЗУ Arduino для приёма всего кадра. Один пиксель в YCbCr4:2:2 занимает 2 байта. При разрешении 320x240 объём кадра составляет 150 Кбайт, что гораздо больше ОЗУ объёмом в 2048 байт, исходя из чего принято решение записывать данные на запоминающее устройство по строчному синхроимпульсу, то есть по 640 байт. Запоминающим устройством служит карта памяти весом 8ГБ, расположенная в модуле Ethernet shield.

Сохранённые таким образом данные по мере накопления достаточного количества кадров отправляются на сервер для дальнейшей их программной компоновки. Задачей этой компоновки является «сбор» цельного кадра и его конвертации в файл заданного формата.

Задачи ведомого устройства

Система распознавания лиц играет ключевую роль в разрабатываемом проекте. Однако для её использования необходимо подготовить достаточную базу входных данных для обучения. Одной из них будет являться набор фото, содержащих фотографии со мной и другой – фотографии, где меня нет. Данная подборка создаётся на ПК, на который произведена установка операционной системы Ubuntu. ОС была выбрана исходя из её свободного распространения, а также более высокого уровня быстродействия (Linux обладает куда меньшими требованиями к “железу”, что делает эту операционную систему идеальным кандидатом к установке на маломощных или старых компьютерах.), чем у Window s[6].

Используя разработанное ПО (на языке программирования Python), принимаются кадры, находящиеся на карте памяти в плате дополнения Arduino. Приём кадров происходит в 2 этапа. На первом этапе ПК загружает кадры, сделанные с моим участием и, соответственно, они попадают в одну папку. А на втором этапе, где меня уже нет, производится загрузка кадров в другую папку. Затем происходит обучение нейросети на распознавание лица при помощи библиотек машинного обучения Tensor Flow и Keras.

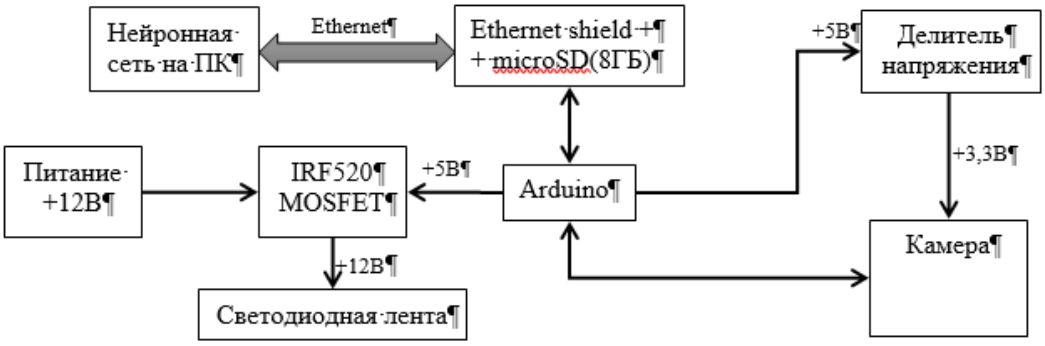


Рисунок 2 Структурная схема

Далее, после обучения нейросети, можно переходить к тестированию и использованию программы по распознаванию лица в режиме реального времени. МК Arduino принимает строки и, по мере накопления кадра, происходит их отправка на сервер. Сервер, анализируя фото, отправляет ответ в бинарном виде на Arduino, где true соответствует обнаружению моего лица, а false – его отсутствию. В случае, если принято true, микроконтроллер направляет сигнал высокого уровня на светодиодную ленту через силовой ключ IRF520 MOSFET, предназначенный для повышения напряжения сигнала до уровня 12 В, необходимых для используемой светодиодной ленты.

Таким образом, мы имеем систему, представленную на рисунке 2, которая выполняет задачу распознавания лица с дальнейшей индикацией присутствия. Её особенностью является относительно низкая стоимость при широкой доступности устройств и, как следствие, лёгкое внедрение.

Предложения по улучшению работы

– Для улучшения удобства использования системы в качестве компьютера можно использовать мини ПК RaspberryPi;

– Для решения проблемы с памятью и, как следствие, повышения скорости передачи кадров на сервер, вместо Arduino и его платы расширения, можно использовать STM32F4DISCOVERY с модулем Ethernet расширения STM32F4DIS-BB;

– Также в качестве среды передачи кадров на сервер можно использовать беспроводные сети;

– Дополнить ведущее устройство датчиком движения для повышения энергоэффективности.

Область применения

– Учреждения, где требуется внедрение охранных систем с небольшим бюджетом;

– Прочие системы учёта и контроля персонала, требующие низкой стоимости.

Список литературы

1. Как работает наш мозг или как смоделировать душу?//habr [Электронный ресурс] URL: https://habr.com/ru/post/383753/ (Дата обращения 26.04.2019);
2. Автопилот. Беспилотный автомобиль//Tadviser [Электронный ресурс] URL: www.tadviser.ru/index.php/Статья:Автопилот_(беспилотный_автомобиль);
3. Документация на ov2640//Arduino Based Camera [Электронный ресурс] URL:http://www.arducam.com/products/camera-breakout-board/2mp-ov2640/ (Дата обращения 26.04.2019);
4. Идентификация и распознавание//AxisCommunicationsAB [Электронный ресурс] URL: https://www.axis.com/ru-ru/learning/web-articles/identification-and-recognition/resolution (Дата обращения 26.04.2019);
5. Logic Levels [Электронный ресурс] URL:https://learn.sparkfun.com/tutorials/logic-levels?_ga=2.4840241.327174193.1556281316-2001473903.1556281316 (Дата обращения 26.04.2019);
6. Дмитрий Сажко. 12 причин, почему Linux лучше Window s[Электронный ресурс] URL: https://lifehacker.ru/linux-luchshe-windows/ (Дата обращения 26.04.2019);

ОБЗОР МЕТОДОВ СИНТЕЗА СИГНАЛОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ

П.А. Ермакова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация Статья содержит краткий обзор основных методов синтеза сигналов произвольной формы: сравнение и выявление преимуществ каждого из них.

Ключевые слова: метод прямого цифрового синтеза, технология Trueform, технология Easypulse.

Синтез сигналов является стремительно развивающейся областью радиотехники. Задача в формировании высокостабильной сетки частот и сигналов крайне актуальна при построении многих радиосистем, так как должны быть выполнены следующие требования: стабильность несущей частоты, точность закона модуляции, низкий уровень аддитивных шумов и дискретных побочных составляющих.

Существует несколько основных методов синтеза частот: прямой аналоговый синтез; косвенный синтез частоты на основе фазовой автоподстройки частоты; прямой цифровой синтез.Мы рассмотрим метод прямого цифрового синтеза и его развивающие технологии, такие как Trueform и Easypulse.

Метод прямого цифрового синтеза

Задача – получить на выходе сигнал произвольной (в рассмотренном случае синусоидальной) формы заданной частоты. В структуре должен быть ЦАП (поскольку формирование выходного сигнала происходит в цифровой форме), на выходе ЦАП должен присутствовать ФНЧ (для подавления образов выходного спектра).

Для получения синусоидального сигнала на вход ЦАП необходимо подать последовательность отсчетов функции, следующих с частотой дискретизации (наиболее подходящим методом формирования отсчетов функции sin является табличный метод). Таблица чаще всего размещается в ПЗУ. Код, который подается на адресные входы ПЗУ, является аргументом функции, а выходной код равен значению функции для данного аргумента. Аргумент функции или фаза меняется во времени линейно. Такую последовательность кодов способен сделать простой двоичный счетчик. Поэтому простейшая схема выглядит так (рис.1): аккумулятор фазы формирует последовательность кодов мгновенной фазы сигнала, скорость изменения фазы задается кодом частоты.

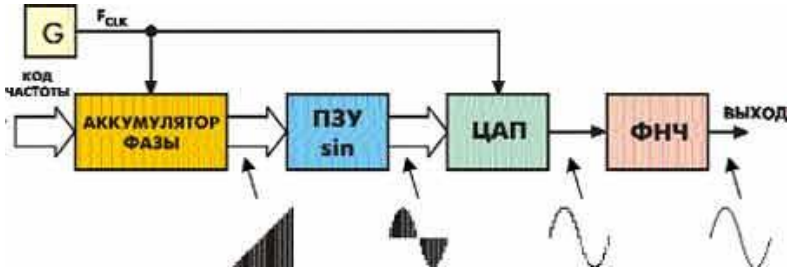


Рис.1. Структурная схема.

Далее с помощью ПЗУ линейно изменяющаяся фаза преобразуется в изменяющиеся по синусоидальному закону отсчеты выходного сигнала. Эти отсчеты поступают на ЦАП, на выходе которого формируется синусоидальный сигнал, состоящий из «ступенек». Они фильтруются аналоговым ФНЧ, и на его выходе получается синусоидальный сигнал [1].

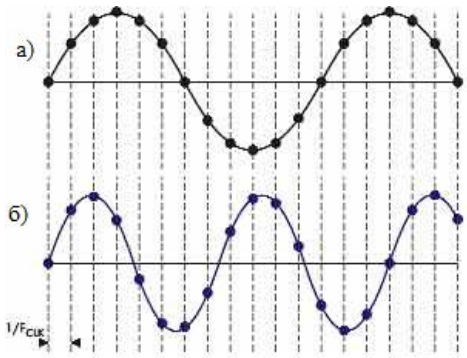


Рис.2. Восстановление синусоидального сигнала с помощью прямого цифрового синтеза.

Выходной синусоидальный сигнал восстанавливается из отдельных отсчетов. Целое число отсчетов на период укладывается лишь в частном случае (рис. 2, а). В большинстве случаев это не так, и на каждом новом периоде сигнала отсчеты находятся в новых местах (рис. 2, б). Период повторения зависит от кода частоты, разрядности аккумулятора фазы и от разрядности используемого кода фазы. Из последовательности отсчетов будет восстановлен сигнал синусоидальной формы.

Технология EasyPulse на примере серии генераторов SDG5000

Большинство генераторов сигналов при генерировании импульсов используют метод прямого цифрового синтеза. Редактирование таблицы данных позволяет получить на выходе импульс с разными фронтами. Данная технология может использоваться, например в генераторах серии SDG5000. Благодаря технологии EasyPulse генератор может обеспечить низкий уровень джиттера и высокую скорость нарастания и спада фронтов импульса, независимо от частоты и позволяет устанавливать ширину и параметры фронтов импульса в большом диапазоне и с использованием точной настройки [2].

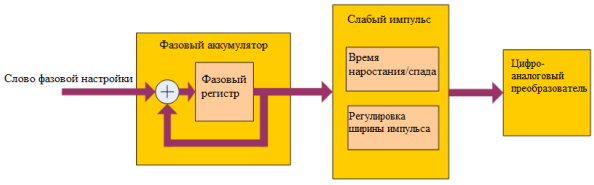


Рис.3. Структурная схема технологии EasyPulse.

На низких частотах ширина импульса может быть сведена к минимуму. Обычный метод прямого цифрового синтеза не может обеспечить такую ширину импульса.

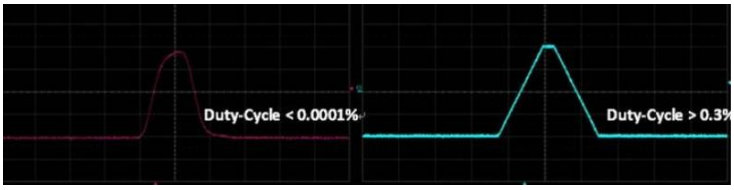


Рис.4. Сравнение ширины импульса технологии EasyPulse и метода прямого цифрового синтеза.

На очень низких частотах (< 1 Гц) генератор SDG5000 может выдавать импульсы с быстрым нарастающим / спадающим фронтом. Также при генерировании импульса с частотой 0,1 Гц край Easypulse может иметь широкий диапазон нарастания/спада фронта, тогда как обычный диапазон фронта импульса методом прямого цифрового синтеза более ограничена.

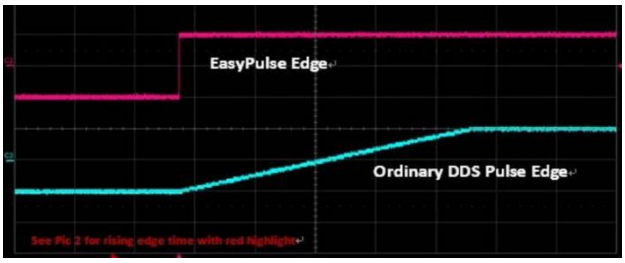


Рис.5. Сравнение фронтов импульса технологии EasyPulse и метода прямого цифрового синтеза.

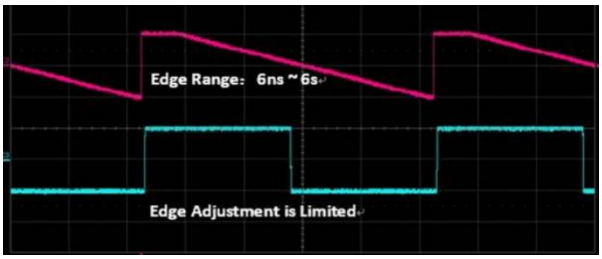


Рис.6. Сравнение диапазона нарастания/спада фронта технологии EasyPulse и метода прямого цифрового синтеза.

Технология Trueform

Преимуществами технологии Trueform по сравнению с методом прямого цифрового синтеза является значительно меньший джиттер, снижающий погрешность измерения, и истинное (а не приблизительное) представление выбранного сигнала. В частотной области увидеть преимущество можно, сравнив спектры, а во временной области – сравнив

джиттеры. На рис. 7 показано представление в частотной области синусоидального сигнала частотой 10 МГц, созданного с помощью технологии Trueform. На рис. 8 показано представление этого же сигнала, но созданного с помощью метода прямого цифрового синтеза [3].

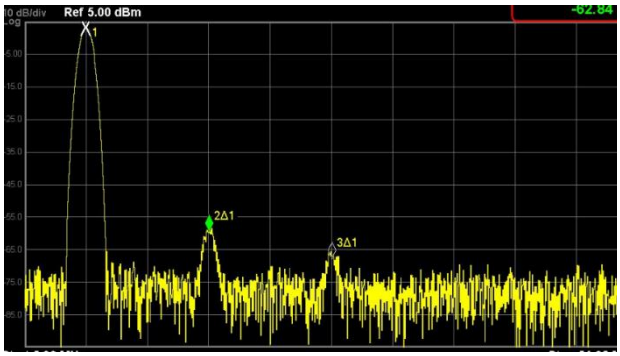


Рис.7. Вид частотной области, генерируемой с использованием технологии Trueform.

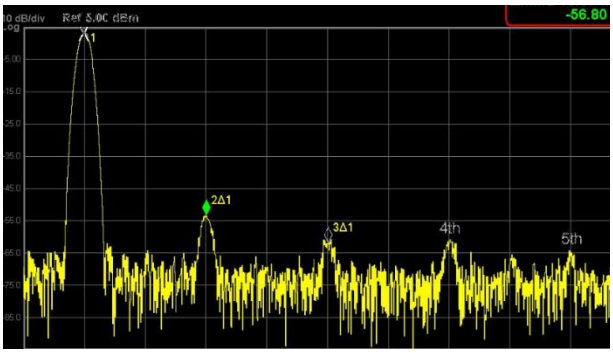


Рис.8. Вид частотной области, созданной с использованием метода прямого цифрового синтеза.

Видно, что уровень второй гармоники сигнала Trueform примерно на 5 дБ меньше уровня второй гармоники сигнала, сформированного методом прямого цифрового синтеза.

На следующих рисунках показано сравнение технологий во временной области, то есть измерение джиттера, выполненное на импульсном сигнале частотой 10 МГц с помощью осциллографа.

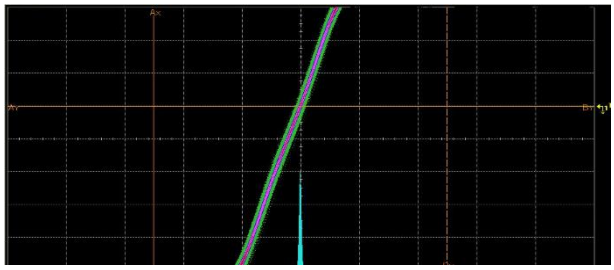


Рис.9. Измерение джиттера с использованием технологии Trueform.

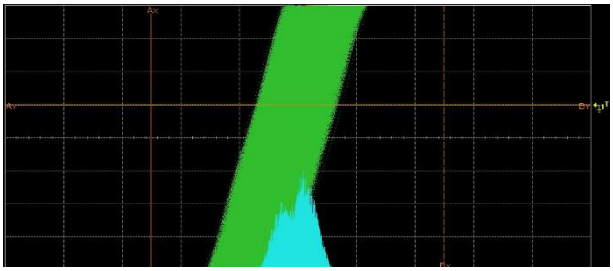


Рис.10. Измерение джиттера с использованием метода прямого цифрового синтеза.

Прямым следствием меньшего джиттера является меньшая погрешность измерений.

Заключение

Изучив метод прямого цифрового синтеза, технологии EasyPulse и технологии TrueForm можно выявить ряд недостатков и преимуществ каждого из методов.

Основные преимущества метода прямого цифрового синтеза: быстрая смена частоты или фазы (перестройка по частоте без разрыва фазы); цифровой интерфейс позволяет легко реализовать микроконтроллерное управление. Но в тоже время с процессами дискретизации и цифро-аналогового преобразования, который имеет место в методе прямого цифрового синтеза, связаны и некоторые ограничения, а именно: максимальная выходная частота не может быть выше половины тактовой. Основным недостатком применения метода прямого цифрового синтеза является низкое качество сигнала, которое проявляется в виде джиттера и гармонического шума. Технологии развития прямого цифрового синтеза EasyPulse и TrueForm позволяют избежать ряд основных недостатков.

Так, например, преимущества технологии EasyPulse: возможность обеспечивать быстрые фронты импульса при очень низкой частоте; возможность установки минимальной ширины импульса. А технология TrueForm позволяет получить истинное представление выбранного сигнала.

Список литературы

1. Ридико Л. DDS: Прямой и цифровой синтез частоты // «Компоненты и технологии» 2001 № 7 – с. 3-8;
2. Siglent Technologies. Characteristics SDG5000 Series Function/Arbitrary Waveform Generators;
3. Keysight Technologies. “Direct Digital Synthesis (DDS) Generators versus Trueform Waveform Generators”.

АНТЕННАЯ СИСТЕМА С РАВНОМЕРНЫМ ФАЗОВЫМ И АМПЛИТУДНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ В АЗИМУТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

А.Г. Журавлев, А.А. Головков.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В работе представлена антенная система с равномерным амплитудным и фазовым распределением. Объект разработки может найти применение в полуактивных радиолокационных системах, работающих с подсветом целей сигналами цифрового телевидения, которые используют фазовый метод определения координат источника радиоизлучения. В случае необходимости полного обзора в плоскости сканирования используют кольцевые антенные решетки. В качестве излучателей антенных решеток предпочитают антенны с осесимметричной диаграммой направленности в плоскости рабочих углов. Система представляет собой комбинацию излучателей, которая позволяет обеспечить равномерные диаграммы направленности за счет расположения и синфазного питания элементов.

Ключевые слова: Всенаправленная антенна, антенна, антенная решётка, горизонтальная поляризация.

Всенаправленные антенны в азимутальной плоскости находят широкое применение в телевизионном вещании, применяются в телекоммуникационных системах и системах связи. Ввиду развития наземного вещательного цифрового телевидения, также появляется интерес к использованию таких антенн в полуактивных радиолокационных станциях (ПАРЛС).

Отличительной особенность ПАРЛС от активных радиолокационных систем (РЛС) является отсутствие собственного излучения, а определение местоположения источника радиоизлучения осуществляется за счет подсвета целей сторонним излучателем, например сигналами радиовещания, телевещания или сигналами мобильных систем связи.

В случае необходимости полного перекрытия всех азимутальных углов используют кольцевые антенные решетки (КАР). При использовании направленных антенн в каналах радиоприемного устройства КАР появляются дополнительные фазовые сдвиги [1], обуславливаемые направленностью антенн, что снижает точность пеленгования. А их учет может стать сложной задачей. Поэтому большой практический интерес представляет переход к антеннам с осесимметричной диаграммой направленности.

Аналогами представленного в статье подхода приведены на рисунке 1 [2-4]. В общем случае, авторы используют решетки на основе вибраторных антенн, выполненных печатным образом на диэлектрических подложках. Форма плеч вибраторов определяется требованиями по частотному диапазону. Количество элементов в решетке задает

неравномерность диаграммы, для ее стабилизации частым решением является добавление пассивных металлических элементов совместно с активными излучателями.

Многие антенны имеют общие недостатки: высокая неравномерность ДН, порядка 1 дБ, высокие массогабаритные параметры в случае работы в диапазоне частот цифрового телевидения DVB-TV2.

Целью исследования была разработка антенной решетки с ограниченными массогабаритными параметрами и жесткими требованиями к равномерности диаграммы направленности в полосе частот.

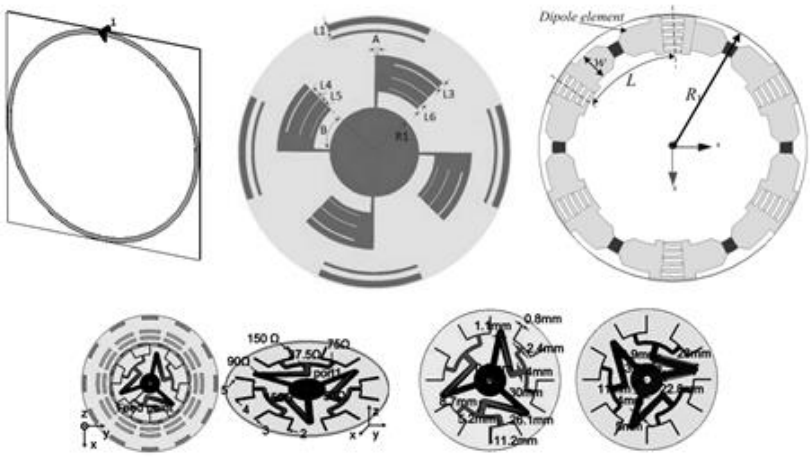


Рис. 1. Антенны с осесимметричной диаграммой направленности в азимутальной плоскости.

Первым шагом было определение числа излучателей в решетке. Для этого было выведено выражение, косвенно связывающее неравномерности амплитудной диаграммы направленности, число элементов (N) и электрический радиус антенны (α_1) (1).

Данное выражение является суммой ДН от разнесенных в пространстве антенн. Следует отметить, что (1) дает наилучший результат, так как не учитывает взаимное влияние между диполями.

Также данное выражение позволяет, исходя из полосы рабочих частот, требуемой неравномерности ДН, подбирать необходимое количество элементов и ограничение на радиус антенны. На рисунке 2 представлена модель системы и результаты вычисления по формуле (1).

$$F_{array}(\theta,\varphi,N,\lambda)=\left(\cos\left(\frac{2\pi^2\alpha_1}{N}\cos\left(\varphi+\frac{\pi}{2}-\frac{2\pi n}{N}\right)-\cos\left(\frac{2\pi^2\alpha_1}{N}\right)\right)K\right)/\sin\left(\varphi+\frac{\pi}{2}-\frac{2\pi n}{N}\right)$$

$$K=\sum_{n=0}^{N-1}\sum_{n=0}^{N-1}e^{jk(\alpha_1\lambda\cos(\frac{2\pi n}{N})\sin(\theta)\cos(\varphi)+\alpha_1\lambda\sin(\frac{2\pi n}{N})\sin(\theta)\sin(\varphi))} \quad (1)$$

После анализа полученных данных, было приятно решение использовать 8 дипольных элементов.

На рисунке 3 представлен вид антенной системы с прямоугольными плечами вибраторов. Для питания дипольных излучателей используется делитель мощности 1/8, выполненный на симметричной линии.

Вся антенная система расположена на диэлектрике FR-4. Рассматривались диполи с прямоугольной, треугольной и эллиптической формами плеч. В первом случае добавлены металлические полосы.

В таблицу 1 сведены основные размеры систем относительно средней длинны волны (λ_0 = 500 мм), максимальная неравномерность КУ и фазовой характеристики во всем рабочем диапазоне.

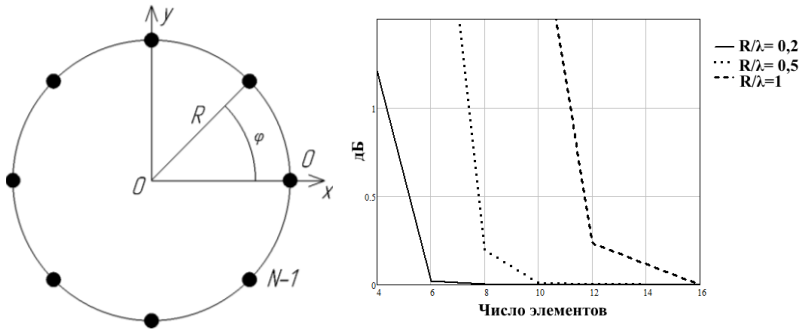


Рис. 2. Математическая модель и зависимость неравномерности ДН от числа элементов.

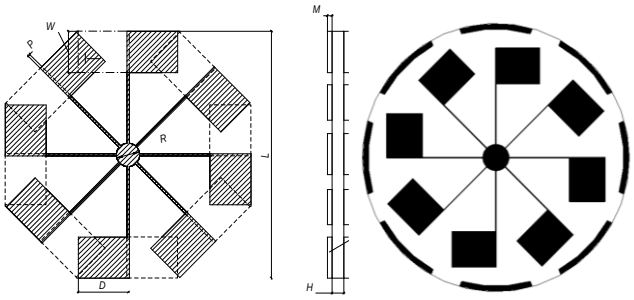


Рис. 3. Антенные системы.

Таблица 1

Таблица 1. Характеристики антенн

Плечи	L	D	W	R	H	M*106	P*103	Δφ,°	$\Delta КУ_{max}$, дБ
Прям.	0,43λ0	0,09λ0	0,07λ0	0,026λ0	0,022λ0	36λ0	1,54λ0	0,9	0,13
Треуг.	0,46λ0	0,09λ0	0,08λ0	0,03λ0	0,025λ0	36λ0	5,26λ0	0,9	0,08
Эллип.	0,4λ0	0,09λ0	0,08λ0	0,02λ0	0,03λ0	36λ0	λ0	0,8	0,1
Прям. с мет.	0,4λ0	0,09λ0	0,05λ0	0,026λ0	0,022λ0	36λ0	1,54λ0	0,35	0,064

Полученные результаты показывают, что система на основе диполей с треугольными плечами обладает большим размером, а с эллиптическими - наименьшим. Дополнительные элементы позволяют стабилизировать диаграммы направленности в полосе частот. Полученные диаграммы для прямоугольных элементов в азимутальной плоскости (рис. 4а), 3D (рис. 4б), угломестной плоскости (рис. 4в), фазовая характеристика (рис. 4г) приведены на рис. 4. Кривые для других форм плеч имеют подобный характер, изменяются только количественные показатели.

На рисунке 5 показано, что прямоугольные плечи обладают наибольшей полосой рабочих частот. Частотная зависимость коэффициента усиления схожа для всех типов антенн, однако у антенны с металлическими вставками происходит завал в области низких частот, это связано с малостью активной части антенны, по сравнению с другими конфигурациями.

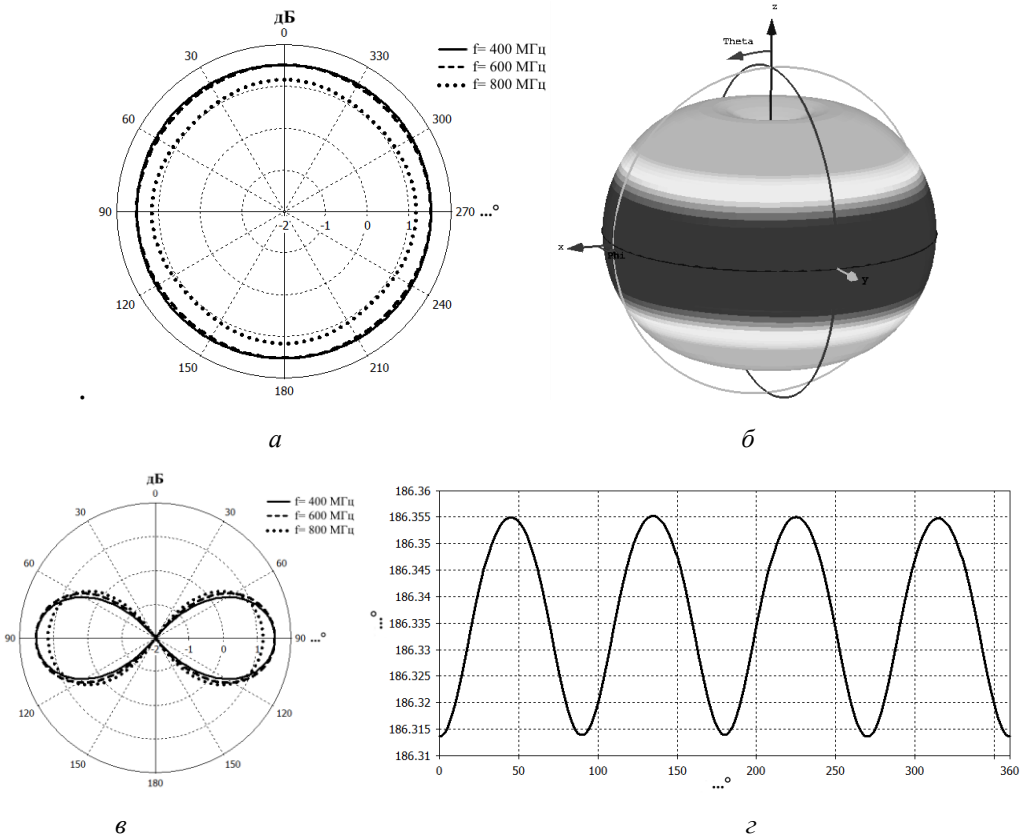


Рис. 4. Характеристики антенной ситсемы.

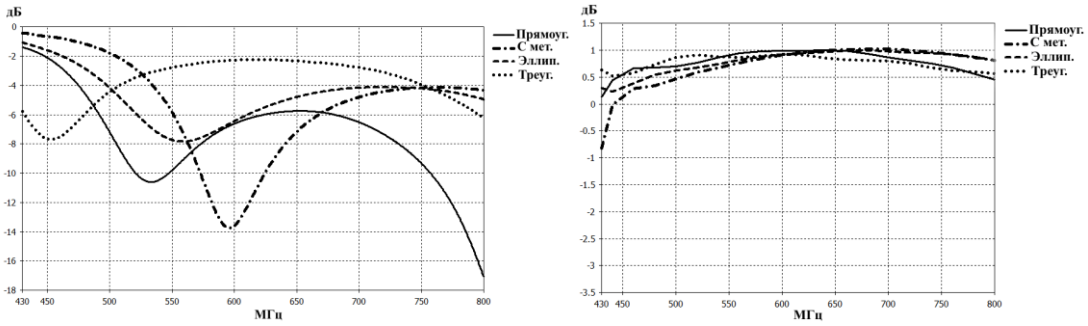


Рис. 5. Частотная зависиотсть модуля коэффицента отражения и коэффицента усилиения.

Список литературы

1. Шевченко М.Е., Малышев В.Н., Файзуллина Д.Н. Пеленгование источников радиоизлучения в широкой полосе частот с использованием круговой антенной решетки // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. 2018;(6). С. 30-40;

2. A novel omnidirectional horizontally polarized antenna for 4G LTE communications / Y. Shi, Z. D. Chen, Y. Yu et al // 2016 11th International Symposium on Antennas, Propagation and EM Theory (ISAPE), Guilin, China, 18-21 Oct. 2016, 10.1109/ISAPE.2016.7833879;

3. Bandwidth Enhancement of a Horizontally Polarized Omnidirectional Antenna by Adding Parasitic Strips / H. Zhang, F. Zhang, T. Li, et al // IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters (Volume: 16), pp.880 - 883, DOI: 10.1109/LAWP.2016.2613875;
4. Y. Liu, H. Liu, S. Gong. A Wideband Horizontally Polarized Omnidirectional Antenna Using Tightly Coupled Array Mechanism // Proceeding of 2017 International Workshop on Antenna Technology: Small Antennas, 5. Innovative Structures, and Applications (iWAT), Athens, Greece, 1-3 March 2017, DOI:10.1109/IWAT.2017.7915338.

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ПЛАЗМОН-ПОЛЯРИТОННЫЙ РЕФРАКТОМЕТР D-ТИПА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ БИО- И ХЕМОСЕНСОРИКИ

Ю.В Кузина., А.В. Дышлюк

ФГБУН Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН

Аннотация. Разработан и экспериментально протестирован лабораторный макет рефрактометра D-типа, представляющий собой участок одномодового волоконного световода с удалённой при помощи полировки оптической оболочкой и металлической плёнкой, нанесённой на отполированную поверхность. Принцип действия рефрактометра основан на резонансном возбуждении плёнки, за счёт связи между фундаментальной модой сердцевины световода и плазмонной модой металлической плёнки [1]. Теоретическая зависимость находится из условия фазового синхронизма. Экспериментально продемонстрирована возможность рефрактометрических измерений в диапазоне 1.4-1,43 ЕПП, с чувствительностью ~7,033 мкм/ЕПП, разрешением ~2,8·10. При нанесении на металлическую плёнку молекул леганда разработанный макет может использоваться для решения задач био- и хеосенсорики.

Ключевые слова: рефрактометрия, плазмонный резонанс, оптическое волокно

Явлением поверхностного плазмонного резонанса называют резонансное возбуждение поверхностных плазмон-поляритонных волн, представляющих собой связанные колебания электронной плотности и электромагнитного поля, распространяющиеся вдоль границы раздела между металлом и диэлектриком [1]. Электромагнитные поля, связанные с такими волнами, локализованы вблизи границы раздела двух сред и затухают по экспоненциальному закону при удалении в обе стороны от неё.

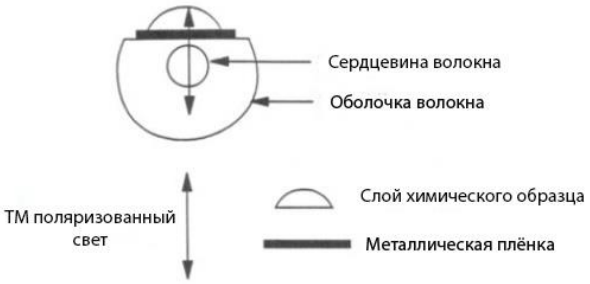


Рис. 1. Трёхслойный образец рефрактометра

Наиболее распространённой схемой возбуждения плазмон-поляритонных волн является конфигурация Кречмана [2], в которой используется призма с металлизированным основанием. Данная схема широко применяется в лабораторных исследованиях. Однако данную схему можно заметно упростить, используя в качестве элементной базы волоконную оптику. Например, волоконно-оптический рефрактометр может быть представлен в виде участок одномодового волоконного световода с удалённой при помощи

полировки оптической оболочкой и металлической плёнкой, нанесённой на отполированную поверхность. Целью работы является создание и тестирование рефрактометра D-типа.

В волноводном оптическом плазмон-поляритонном рефрактометре металлическая плёнка наносится тонким слоем на отполированный участок одномодового волновода. Направленное по сердцевине излучение проникает через металлическую плёнку во внешнюю среду в виде эванесцентной волны. При выполнении условий фазового синхронизма, поверхностные плазмон-поляритонные волны возбуждаются и распространяются вдоль границы [2]. С помощью графического решения уравнения фазового синхронизма, построена зависимость резонансной длины волны от показателя преломления.

Технология изготовления образца рефрактометра данного типа. Такой рефрактометр представляет собой участок одномодового волоконного световода, в котором при помощи механической полировки удаляется часть оптической оболочки (рисунок 1).Для проверки качества поверхности волокна использовался оптический микроскоп Xirox (рисунок 2). Чтобы проконтролировать расстояние от отполированной поверхности до сердцевины волокна, в ходе полировки измеряется коэффициент пропускания полируемого участка при помощи источника излучения и измерителя мощности.

Когда при полировке мы достигаем эванесцентного поля фундаментальной моды направленного излучения, интенсивность в волокне начинает падать, что определяется по показаниям измерителя мощности. Для дополнительного контроля толщины остаточного слоя оболочки на отполированную поверхность наносится жидкость с показателем преломления более высоким чем у световода, в нашем случае это глицерин. Если эванесцентное поле ФМ достаточно эффективно проникает через оболочку, нанесение жидкости приводит к резкому увеличению потерь. В этом случае процесс полировки следует прекратить.

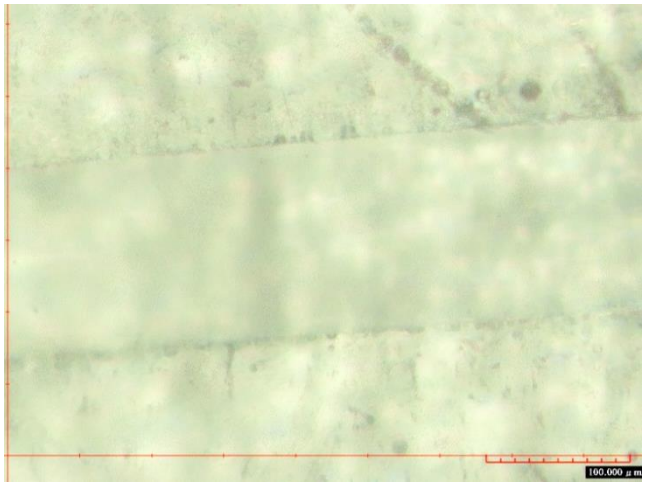


Рис.2. Изображение отполированного волокна под микроскопом Xirox

На отполированную поверхность наносится тонкая металлическая плёнка в непосредственной близости от сердцевины. В нашем случае используется золотая плёнка толщиной 50нм. Эванесцентное поле направленное излучение проникает через оболочку и при выполнении условий фазового синхронизма возбуждает поверхностные плазмон-поляритонные волны на её поверхности.

В результате в спектре пропускания рефрактометра формируется провал, положение которого сильно зависит от показателя преломления вблизи плёнки, что позволяет нам осуществлять высокоточные рефрактометрические измерения.

После полировки и нанесения золотой плёнки, образец помещается в схему с измерительным оборудованием как показано на рисунке 3.

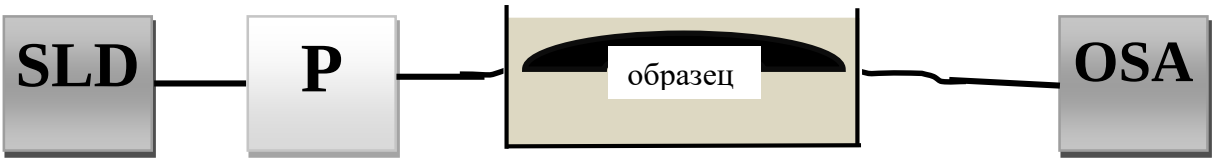


Рис. 3. SLD-источник света; P-деполяризатор Лио;OSA- анализатор спектра; образец, помещённый в жидкость с изменяющимся показателем преломления

Для того, чтобы при деформациях волокна состояние поляризации света в чувствительном элементе не изменялось, используется оптический деполяризатор Лио, который преобразует частично поляризованный свет источника излучения в неполяризованный.

Результаты рефрактометрических измерений представлены на рисунке 4.

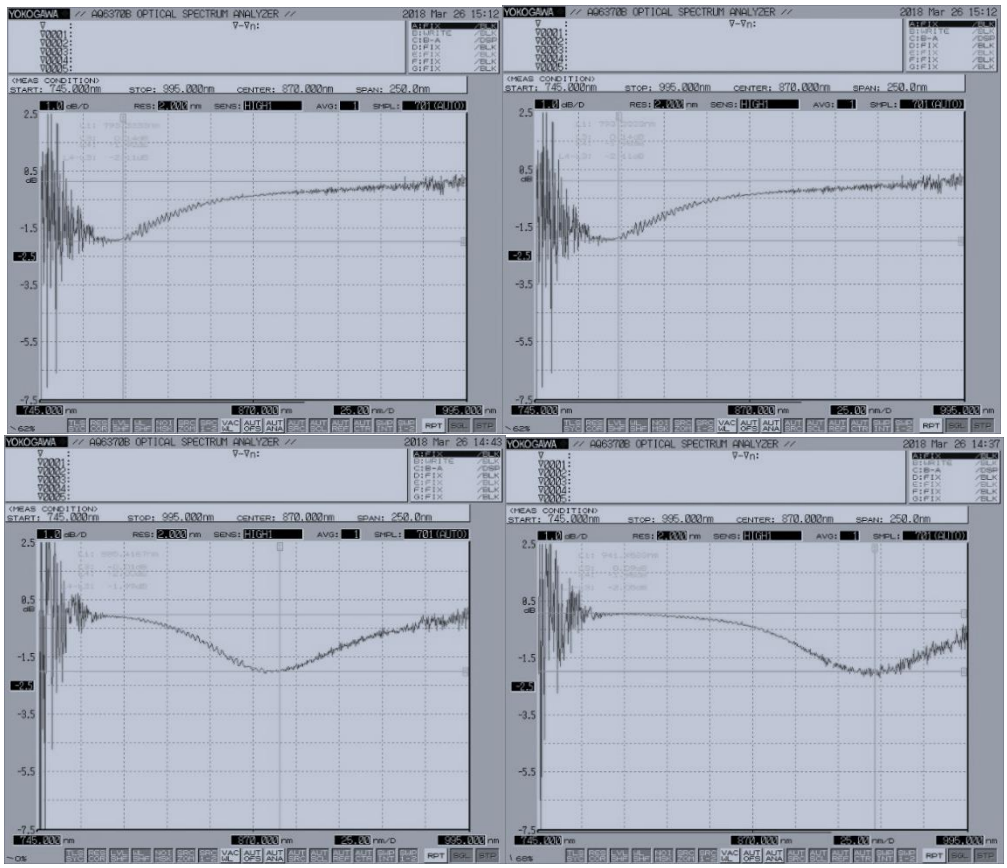


Рис. 4. Смещение провала при изменении показателя преломления

Как видно из рисунка 4, положение провала изменяется в зависимости от изменения показателя преломления среды. Затем по результатам измерения была построена зависимость показателя преломления жидкости от центральной длины волны провала. Как видно на рисунке 5, данная зависимость близка к линейной.

В результате работы был создан лабораторный макет волнового оптического рефрактометра на основе явления поверхностного плазмонного резонанса. Исследован процесс возбуждения плазмон-поляритонных волн на границе раздела сред между металлом и диэлектриком. Таким образом, созданный лабораторный макет обладает достаточно высокими метрологическими характеристиками, что позволяет использовать его в составе био- и хемосенсорных систем различного назначения.

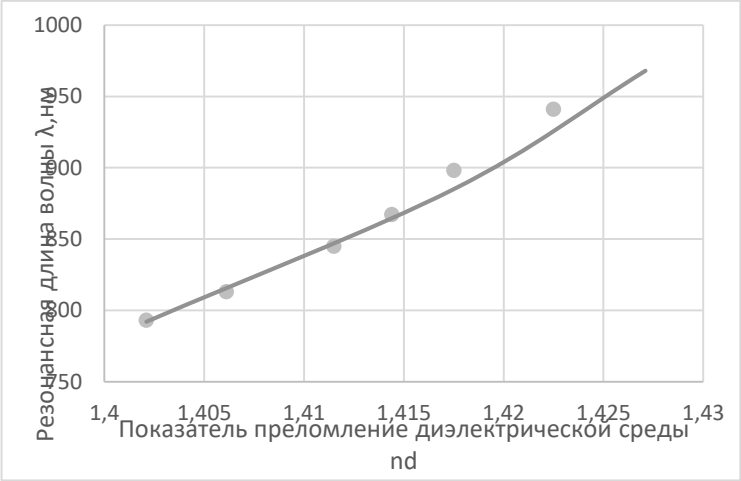


Рис. 5. Зависимость показателя преломления жидкости от центральной длины волны провала: точками обозначены экспериментальные значения, линией обозначена расчётная зависимость из условия фазового синхронизма

Список литературы

1. Нечепуренко И.А. Исследование свойств плазмонных структур и их возможные приложения [Электронный источник] // Диссертация на соискание научной степени к.ф.-м.н. – Москва, 2015. – 149 с. https://jiht.ru/science/dissert-council/diss_texts/Nechepurenko.pdf (дата обращения: 1.10.2018);
2. Д.А. Мамичев, И.А. Кузнецов, Н.Е. Маслова, М.Л. Занавескин. Оптические сенсоры на основе поверхностного плазмонного резонанса для высокочувствительного биохимического анализа [Электронный источник] // Журнал «Молекулярная медицина». – 2012. http://molmed.rusvrach.ru/archive/molecmed-2012-06-03.pdf (дата обращения: 1.10.2018);
3. Homola J. Surface Plasmon Resonance Based Sensors / Homola J. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006. – 251p. [Электронный источник] http://Surface Plasmon Resonance Based Sensors.pdf (дата обращения: 2.10.2018).

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРОФИЛЯ СИГНАЛА ПУЛЬСАРА CRAB

А. Кукушкина[1], В.О. Кен[2]

[1] *Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина),*

[2]*Институт прикладной астрономии РАН*

Аннотация. В данном докладе подробно рассматривается процедура обработки радиоинтерферометрических данных для последующего построения профиля сигнала пульсара CRAB

Ключевые слова:биннинг, пульсар CRAB

Для построения профиля пульсара был использован сеанс наблюдений пульсара CRAB (J0534+2200) RUP009. Сеанс был проведён на 3 телескопах РТ-32 РСДБ-сети «Квазар-КВО» 18 февраля 2013 года и длился 8 часов 40 минут. В рамках этого сеанса было записано

19 сканов источника CRAB длительностью 900 секунд каждый и 20 сканов опорного источника 0518+211 длительностью 300 секунд каждый. Режим наблюдений – регистрация 8 частотных каналах L-диапазона в правой и левой круговых поляризациях, ширина полосы пропускания – 16 МГц, двухбитовое квантование. Процессорная обработка выполнена на последней версии коррелятора DiFX 2.5.2, установленного на вычислительном кластере Программного коррелятора РАН.

Исходными данными для обработки пульсарных данных с помощью DiFX являются сканы, логи станций и файл задания в формате vex. Алгоритм обработки следующий.

Сначала с помощью «fslog2difx -a» был получен файл с метками времени по сканам. С помощью пакета directory2filelist создан список файлов для каждой станции, передан путь к файлам наблюдений, их формат (Mark5B) и MJD «directory2filelist /data.../... Mark5B-1024-16-2 56341». С помощью geteop.pl был создан файл с параметрами вращения земли EOP.txt, его содержимое дописано в vex-файл. С помощью скрипта makeclocks.sh считываются значения часов из лог-файлов, содержимое получившегося clock.txt так же дописано в vex-файл.

Для запуска корреляционной обработки пульсарных данных необходимы файлы polyco и binconfig.

Файл polyco содержит полиномиальное описание фазы импульса в виде функции времени, который создается с помощью пакетов tempo или tempo2, не входящих в состав коррелятора DiFX. Для создания polyco требуется par файл с параметрами источника: название, период вращения, прямое восхождение, склонение, размер дисперсии и т. д. Необходимые данные были взяты из каталога пульсаров ATNF. Для генерации polyco файла используется следующая команда:

tempo2 -f J0534+2200.par -polyco "56341 56341 60 9 10 coe 1605.99" -tempo1

При отсутствии модели вращения пульсара имеется неопределённость времени прихода сигнала пульсара внутри периода. Решение — деление всего сигнала на отдельные буферы — импульсные бины. Коррелятор DiFX позволяет использовать произвольное количество бинов, располагая их на произвольных фазовых интервалах. Отдельные бины могут быть сохранены для дальнейшего исследования эффектов, зависящих от фазы, или могут быть обработаны на корреляторе. Чтобы вычислить, какой бин соответствует данным на заданной частоте и времени, коррелятор требует информацию об эфемериде пульсара, которая предоставляется коррелятору в виде отдельных файлов, содержащих описание фазы импульса как функции времени.

Для РСДБ наблюдений за пульсарами желательно максимизировать ОСШ путём биннинга наблюдений, основанного на фазе пульсара и применении фильтра к данным на выходе, зависящего от мощности сигнала этого бина. Однако, используя профиль импульсов, полученный из данных основной полосы наблюдения, DiFX позволяет создать определённое пользователем количество бинов и применять фильтр на основе интенсивности импульса и ширины бина, это позволяет получить максимально возможный сигнал, а также уменьшает объем выходных данных.

Binconfig - файл, в котором содержится имя файла polyco, вес и значение фазы каждого бина и флаг SCRUNCH OUTPUT, который определяет будут ли бины взвешены и добавлены в коррелятор или нет. Можно создать binconfig на основе имеющегося профиля, полученного в результате обработки ранее, используя скрипт profile2binconfig.py:

profile2binconfig.py –profile=crab009_profile.ascii –polyco=crab009.polyco -n 40 -s –binconfigfile=crab009.binconfig –nonormalise –lineskip=2 –profilecolumn=3 –dontzeronoise

Если пример профиля отсутствует, binconfig создаётся на основе polyco с помощью «make_empty_binconfig.py», требуется указать необходимое количество бинов и имя polyco: make_empty_binconfig.py --polyco crab009.polyco --numbins 40

Для получения профиля пульсара коррелятор должен быть запущен в режиме профилирования, для этого в файл задания на обработку (.v2d) было добавлено указание режима «mode = profile», в блоке SETUP прописано имя файла binconfig «binConfig = crab009.binconfig», в блоке RULE перечислены номера сканов пульсара. Время накопления при обработке 0,5 мс.

Далее, с помощью утилиты vex2difx «vex2difx rup009_04.input» были созданы файлы input и calc по числу обрабатываемых сканов, вручную создан файл machines, содержащий номера использующихся для обработки ядер и слотов. Посчитана модель задержек с помощью calcif2 «calcif2 rup009_04.input».

Коррелятор запущен командой:

mpirun -machinefilemachines.list -np 44 mpifxcorr crab009.input

В результате были получены каталоги, соответствующие числу сканов и содержащие получившиеся бины в формате difx.

С помощью утилиты difx2profile «difx2profile rup009_04.input rup009_06.input..» были получены файлы unnormalised.out и profile.out, содержащие профиль сигнала. С помощью пакета gnuplot было получено графическое отображение профиля, ниже приведены результаты обработки с использованием 40 и 100 бинов.

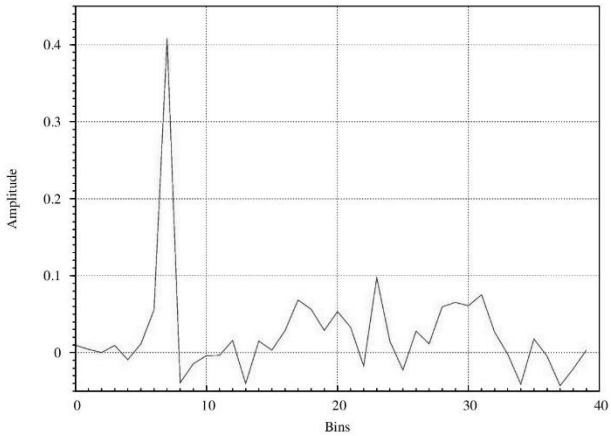


Рис. 1. Профиль пульсара при обработке с разбиением на 40 бинов

Полученный график соответствует теоретическим представлениям о пульсаре CRAB — ширина пульса составляет приблизительно 3,3 мс

Список литературы

1. Deller A.T, Tingay S.J, Bailes M., West C. DiFX: A software correlator for very long baseline interferometry using multi-processor computing environments. – 2007. – 6 февраля [Электронный ресурс]. URL: https://arxiv.org/pdf/astro-ph/0702141.pdf (дата обращения: 14.02.2019);
2. Brisken W., Deller A. DiFX Pulsar Guide. – 2010. – 5 декабря [Электронный ресурс] URL: https://science.nrao.edu/facilities/vlba/publications/memos/upgrade/sensimemo32.pdf (дата обращения 12.02.2019);
3. Manchester R. N., Hobbs G.B., Teoh A. ATNF Pulsar Catalogue, both by giving the Catalogue web address and by referencing the paper:, M., AJ, 129, 1993-2006 (2005) [Электронный ресурс]. URL: http://www.atnf.csiro.au/research/pulsar/psrcat (дата обращения: 25.02.2019);
4. Hobbs G., Edwards R. TEMPO2 user manual [Электронный ресурс]. URL: http://www.jb.man.ac.uk/~pulsar/Resources/tempo2_manual.pdf (дата обращения: 01.03.2019).

АВТОНОМНАЯ СЕНСОРНАЯ ПЛАТФОРМА С БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ДАННЫХ

Р.В. Ли, С.В. Шаповалов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Обсуждаются особенности разработки автономных устройств для мониторинга параметров технических объектов и беспроводной передачи данных с использованием современной электронной компонентной базы. Описана структура и характеристики разработанного устройства для автономного мониторинга параметров технических объектов.

Ключевые слова: мониторинг, беспроводной датчик, радиочастотная идентификация, низкое энергопотребление

В настоящее время задача построения распределенных систем сбора данных и мониторинга технологических процессов как никогда актуальна в самых различных областях жизнедеятельности человека [1]. В качестве элементов систем, регистрирующих различные данные, используются датчики – средства измерений, предназначенные для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем [2].

Разработанное устройство представляет собой платформу, выполненную в виде печатной платы, обеспечивающей возможность подключения различных периферийных модулей (датчиков, модулей радиочастотной идентификации и т. д.) с возможностью беспроводной передачи данных в субгигагерцовом диапазоне частот (полоса частот 433 МГц, 868 МГц или 915 МГц) либо на частоте 2,4 ГГц. Структурная схема устройства представлена на рис. 1.

Конструкция устройства за счет возможности изменения подключаемых периферийных модулей и возможности варьирования частотного диапазона беспроводной передачи данных обеспечивает универсальность конечного изделия и гибкость конфигурации под конкретную задачу.

Возможность работы с различной периферией достигается за счет применения микроконтроллера в качестве основного управляющего узла электрической схемы устройства.

На данный момент на рынке присутствуют микросхемы типа «системы-на-кристалле», представляющих собой электронную схему цельного устройства в едином корпусе. Одним из таких решений являются семейства CC13xx и CC26xx компании Texas Instruments. Данное решение представляет собой интегральный функциональный блок, состоящий из микроконтроллера ARM Cortex M3, микроконтроллера ARM Cortex M0 и радиоприемопередатчика. Преимуществами данных семейств являются низкое энергопотребление за счет миниатюризации и интеграции, а также возможность передачи данных как в субгигагерцовом диапазоне частот (полоса частот 433 МГц, 868 МГц или 915 МГц), так и в полосе 2,4 ГГц.

Одной из ключевых проблем мобильных устройств с использованием беспроводной передачи данных и питания от аккумуляторной батареи является ограниченный срок автономной работы. Типовая организация беспроводной передачи данных подразумевает

непрерывный мониторинг параметров и работу устройства в режиме приема для мгновенного отклика на входящий запрос.

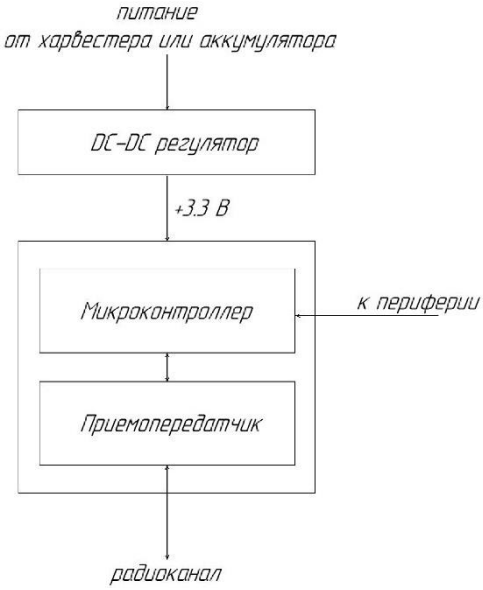


Рис. 1. Структурная схема автономной сенсорной платформы с беспроводной передачей данных

При работе в таком режиме устройство потребляет до десятка миллиампер, что негативно влияет на срок автономного функционирования датчика [3]. Для увеличения продолжительности функционирования устройства до 10 лет и более становится необходимым обеспечить снижение его энергопотребления до уровня десятков микроампер. Это возможно сделать, учитывая тот факт, что большинство контролируемых параметров достаточно инерционны и их измерение можно выполнять через определённые временные интервалы, величина которых зависит от конкретной задачи. При таком подходе большую часть времени система будет находится в режиме «сна» (~1 мкА) и меньшую часть в режиме измерений и передачи данных (~1-20 мА). Оптимизация системы и режимов работы в части беспроводной передачи данных позволяет уменьшить ее влияние на итоговое потребление. Применение технологии радиочастотной идентификации (RFID) избавляет микроконтроллер устройства от необходимости постоянного анализа принимаемых по радиоканалу данных, а также исключает необходимость питания радиочастотной части устройства от встроенной батареи.

Применяя описанный выше подход на практике, можно рассчитать срок службы устройства, представленного на рис. 2 и описанного ниже. Допустим, что, устройство используется для мониторинга параметров температуры и влажности в складском помещении. Устройство должно проводить измерения этих параметров раз в секунду (длительность процесса измерения 2 мс) и передавать данные в диспетчерскую раз в минуту (длительность процесса передачи около 1,5 с). Энергопотребление CC1350 в режиме «sleep mode» 1,5 мкА, в активном режиме около 10 мА, а в режиме передачи порядка 25 мА. Энергопотребление SHT21 в режиме «sleep» 0,15 мкА, в активном режиме – 200 мкА. Вычислим общий ток потребления разработанного устройства:

$$I_C = I_{\text{мк}} + I_{\text{д}} = I_{\text{мк_сп}} + I_{\text{мк_акт}} + I_{\text{мк}_TX} + I_{\text{д_сп}} + I_{\text{д_акт}} \quad (1)$$

$$I = t \cdot f \cdot I_{\text{п}} \quad (2)$$

где Ic – общий ток потребления устройства, Iмк – ток потребления микроконтроллера, Iд – ток потребления датчика, Iмк_сп, Iдс_сп, Iмк_акт, Iд_акт – токи потребления микроконтроллера и датчика в спящем и активных режимах, Iмк_TX – ток потребления микроконтроллера в режиме передачи, I – ток режима (одного из описанных выше), t – время активности режима, f – частота вызова режима.

Подставив приведённые выше значения токов потребления в (1), (2), получим расчётное значение тока потребления разработанного устройства 22,2 мкА (не более 80 мкВт). При учёте технологического разброса параметров элементов (25%) ток потребления не будет превышать 27,8 мкА (не более 95 мкВт) Максимальное время работы устройства при питании устройства от литий-полимерного аккумулятора емкостью 1200 мАч можно рассчитать по формуле (3):

$$t_{max} = \frac{C_{bat}}{I_C N_h N_d N_m}, \quad (3)$$

где Cbat – ёмкость батареи, Ic – ток потребления устройства, Nh, Nd, Nm – количество часов, дней, месяцев соответственно.

Исходя из значений, полученных из формулы (3), следует, что устройство способно непрерывно функционировать без замены элемента питания около 5 лет (4 года и 9 месяцев). Дальнейшее увеличение длительности автономной работы может быть достигнуто за счет применения систем сбора энергии (energy harvesting) для подзарядки аккумулятора [5].

Один из вариантов реализации устройства в виде 3D модели представлен на рис. 2.

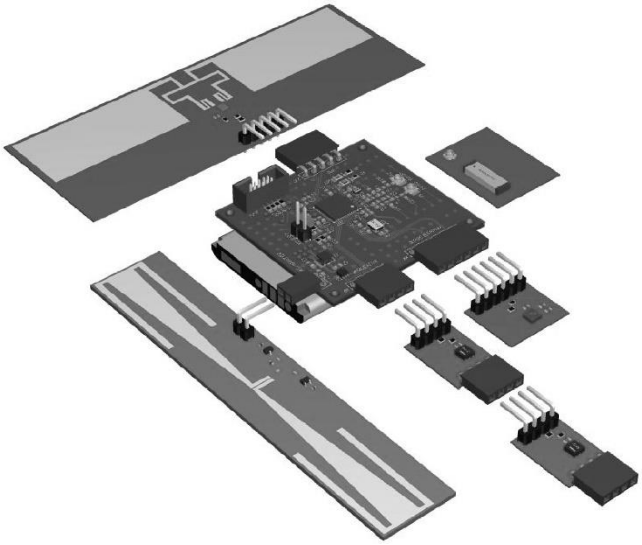


Рис. 2. 3D модель макета автономной сенсорной платформы с беспроводной передачей данных с периферией и системой сбора энергии

Приведенная на рис. 2 конфигурация автономной сенсорной платформы с беспроводной передачей данных состоит из микроконтроллера CC1350 компании Texas Instruments, RFID модуля на основе микросхемы Impinj X-8K Dura, модуля датчика температуры и влажности на основе микросхемы SHT21 компании Sensirion, модуля акселерометра на основе микросхемы MMA8453QT компании NXP Semiconductors, модуля системы сбора энергии на основе микросхемы PCC110 компании Powercast, керамической антенны ACAG1204-868-T, работающей в полосе частот 868 МГц и литий-полимерного аккумулятора емкостью 1200 мАч.

Микроконтроллер CC1350 обладает достаточным быстродействием для приложений мониторинга параметров, имеет широкий набор периферийных модулей (интерфейс I2C, интерфейс SPI, АЦП) для подключения различных датчиков, модулей, а также обеспечивает возможность работы субгигагерцовом диапазоне с применением проприетарного протокола, либо в полосе 2,4 ГГц с поддержкой таких популярных протоколов как ZigBee и BLE. Последнее обстоятельство обеспечивает потенциал для дальнейшего развития платформы в качестве узла в беспроводных сенсорных сетях.

Применение пассивной RFID-метки УВЧ диапазона [4] представляет собой альтернативу имеющемуся радиоприемопередатчику CC1350 и обеспечивает возможность беспроводной передачи энергии в полосе 868 МГц. Использование RFID-метки также позволит увеличить длительность автономной работы устройства, так как питание пассивных RFID меток осуществляется от излучения считывающего устройства непосредственно в процессе опроса метки.

Набор из датчиков температуры влажности и акселерометра позволяет покрыть широкий диапазон приложений мониторинга параметров объектов (например, мониторинг параметров авиадвигателей либо в складских приложениях). Типы и модели датчиков не являются фиксированными и определяются требованиями конкретной задачи.

На основе приведенной конфигурации был разработан и собран макет автономной сенсорной платформы с беспроводной передачей данных, а также макет приемного узла, обеспечивающего прием, обработку и дальнейшую передачу полученных по радиоканалу данных на персональный компьютер с помощью интерфейса UART. В качестве антенны был использован самодельный редуцированный λ/4 монополь длиной 8,22 см для работы в полосе 868 МГц.

Дальнейшим развитием платформы является разработка протокола обмена данными между устройствами, позволяющего обеспечить построение самоорганизующейся ячеистой беспроводной сенсорной сети.

Список литературы

1. Богданов С.П., Басов О.О. Перспективы и проблемы применения беспроводных датчиков с автономным питанием // Доклады ТУСУРа, № 2 (26), часть 1 Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь. Томск, 2012. С. 20;

2. ГОСТ Р 51086–97. Датчики и преобразователи физических величин электронные. Термины и определения. – М.: Госстандарт России, 2005. – 10 с;

3. Дудников С.Ю., Ухов А.А., Шаповалов С.В., Стеблевска И., Ли Р.В. Беспроводной датчик перемещения с передачей данных посредством технологии радиочастотной идентификации // Труды XIV международной научно-технической конференции Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП–2018, том 3 Новосибирск, 2018. С.166-169;

4. Wireless sensor with energy harvester/ Uhov A. A., Gerasimov V.A., Selivanov L.M. wet al // Proceedings of the 2017 IEEE Russia section young researchers in electrical and electronic engineering conference, Elconrus 2017. St. Petersburg, 2017. pp. 1619-1621;

5. M. Hajikhani, L. Fabrice, B. L. Agba. An Autonomous Wireless Sensor Network in a Substation Area using Wireless Transfer of Energy // IEEE Access (Volume: 6), 16 October 2018, pp. 62352 – 62360.

ОБНАРУЖЕНИЕ ОТРАЖЕННЫХ СИГНАЛОВ В ДАННЫХ ЭХОЛОКАТОРА

К.Ю. Морозова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данном докладе рассматривается обработка данных при проведении эксперимента по фиксации отраженного сигнала от сферы, погруженной в бассейн с водой. Главной задачей работы являлась первичная обработка данных АЦП и разработка оптимального обнаружителя, реализация которого проводилась в среде MATLAB.

Ключевые слова: оптимальный обнаружитель, согласованный фильтр, MATLAB.

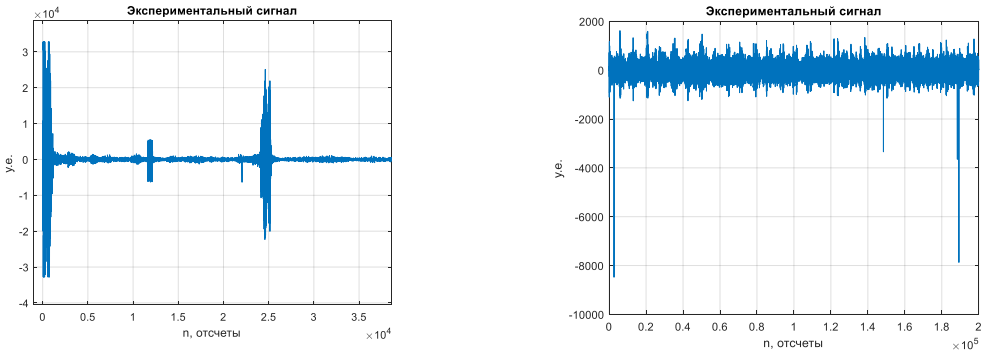
В современном мире существует огромное многообразие радиоэлектронных систем, целевое назначение, виды и принцип работы которых могут быть максимально декоррелированы. Несмотря на это, в их функционировании можно отыскать целый ряд операций, которые поддаются исследованию, не опирающемуся на особенности той или иной системы. Рассматриваемая в данной работе процедура обнаружения относится к числу таких операций.

В радиоэлектронике под обнаружением сигнала обычно понимают анализ принятого сигнала y(t), результатом которого является вынесение решения о наличии или отсутствии в нем полезного сигнала. В конкретном случае – это акустический сигнал, отраженный от металлического шара, опущенного в воду на проводе. Излучающая и принимающая антенны в ходе эксперимента были также помещены в воду и закреплены соосно на одном основании.

В дальнейшем, обработка полученных данных проводится в среде MATLAB, где производятся следующие операции:

- открытие и чтение бинарных файлов с экспериментальными данными;
- реализация фильтра, согласованного с излучаемым сигналом;
- сравнение с порогом.

Данные о полученном сигнале были получены с помощью схемы, включающей в себя генератор, усилитель мощности, устройство регистрации, сбора и индикации с платой АЦП.



а) *б)*

Рис. 1. Экспериментальный сигнал до обработки:
а)отношение сигнал/шум велико, б)отношение сигнал/шум мало.

Кроме нескольких реализаций принятых отраженных сигналов, записываются данные при отсутствии излучаемого сигнала, то есть реализация шума. Осциллограмма

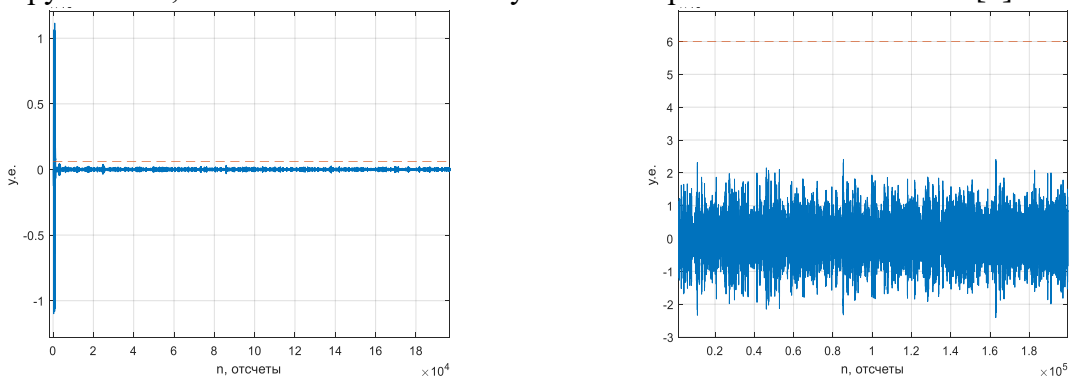
экспериментального сигнала представлена на рисунке 1. На фоне шума различимы три импульса: первый – наводка от излучающего тракта, второй – отраженный сигнал от цели, третий – отражение от стены бассейна.

Процесс обнаружения полностью известного сигнала *s(t)* (каковым и является второй импульс) в данном случае сводится к прохождению экспериментального сигнала через согласованный фильтр (СФ) и сравнению результата с соответствующим пороговым значением. В условиях рассматриваемой задачи имеет место быть решающее правило: в случае превышения выходного сигнала СФ порога мы делаем вывод о том, что интересуемый нас сигнал присутствует в принятой реализации, в противном случае – делаем вывод об отсутствии сигнала.

Техническая реализация алгоритма обнаружения основывается на том, что импульсная характеристика (ИХ) согласованного фильтра определяется следующим соотношением: $h(t) = s(T - t)$.

Исходя из этого, происходит реализация согласованного фильтра в MATLAB: задается исходный сигнал по известным заранее параметрам, импульсная характеристика представляется как зеркальное отражение этого сигнала.

Как известно, любой фильтр, у которого на входе сигнал *y(t),* а на выходе - *x(t)*, может быть описан интегралом свертки: $x(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} y(\tau)h(t-\tau)d\tau$. Учитывая эти свойства, моделируется СФ, после чего на него поступает экспериментальный сигнал [1].



а) *б)*

Рис. 2. Выходные сигналы согласованного фильтра для сигналов: а)отношение сигнал/шум велико, б)отношение сигнал/шум мало.

Финальным этапом построения оптимального обнаружителя является расчет порогового уровня. Воспользуемся критерием Неймана-Пирсона, предписывающего добиваться минимума вероятности пропуска (принимается решение об отсутствии сигнала, когда он есть в полученной реализации) при ограничении на вероятность ложной тревоги (наоборот, принимается решение о наличии сигнала, когда он отсутствует).

Пусть α - вероятность ложной тревоги, а D - вероятность правильного обнаружения. Тогда $z_п = h \cdot \sigma$, где $h = \Phi^{-1}(1-\alpha)$ – нормированный пороговый уровень, $\Phi^{-1}(\cdot)$ - функция, обратная интегралу вероятности, $\sigma = \sqrt{N_0 E/2}$ - СКО шума на выходе СФ (N_0 - спектральная плотность мощности (СПМ) шума, E – энергия сигнала, с которым согласован фильтр). Оценка СПМ шума происходит по записанной ранее реализации с помощью теоремы Винера-Хинчина, а также с учетом свойства корреляционной функции: $R(0) = \sigma^2$ [2].

Пусть α - вероятность ложной тревоги, а D - вероятность правильного обнаружения. Тогда $z_{\text{п}} = h \cdot \sigma$, где $h = \Phi^{-1}(1-\alpha)$ – нормированный пороговый уровень, $\Phi^{-1}(\cdot)$ - функция, обратная интегралу вероятности, $\sigma = \sqrt{N_0 E/2}$ - СКО шума на выходе СФ (N_0 - спектральная плотность мощности (СПМ) шума, E – энергия сигнала, с которым согласован фильтр). Оценка СПМ шума происходит по записанной ранее реализации с помощью теоремы Винера-Хинчина, а также с учетом свойства корреляционной функции: $R(0) = \sigma^2$ [2].

Стоит отметить, что большое влияние в данном вопросе имеет отношение сигнал/шум (С/Ш). Зададимся $\alpha = 10^{-8}$ и D = 0,8. Рассмотрим две реализации принятого сигнала, для одной из которых С/Ш настолько мало, что зрительно полезный сигнал невозможно различить (рисунок 1, б). Результаты обработки приведены на рисунке 2. Как видно, в первом случае выходной сигнал согласованного фильтра превышает порог, соответственно будет сделан вывод о том, что полезный сигнал обнаружен. Во втором случае видны изменения формы выходного сигнала: нет характерных пиков, а также нет превышения порога. Следовательно, вывод будет сделан в пользу отсутствия полезного сигнала в принятой реализации.

Таким образом, итогом работы является сравнение выходного сигнала СФ с порогом и последующее принятие одной из гипотез о наличии (отсутствии) сигнала в принятой реализации, и, соответственно, о наличии (отсутствии) цели в бассейне, а также исследование влияния уровня шумов на результаты обработки.

Список литературы

1. Радиотехнические системы. Учеб. для вузов по спец. «Радиотехника»/ Ю.П. Гришин, В.П. Ипатов, Ю.М. Казаринов, и др.// - 1990 – с. 38-42: ил;
2. Обнаружение и различение сигналов// Учеб. пособие. / В.П. Ипатов, О.М. Заславская, А.С. Маругин, и др.// - СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ»., - 2003 - с. 10-18.

АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВЕРТОЛЕТОВ В ПАССИВНОМ КОГЕРЕНТНОМ ЛОКАТОРЕ

Е.С. Плотницкая

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В докладе рассмотрен способ идентификации вертолетов, основанный на использовании значений координат сигнальных составляющих на спектральном портрете отраженного от цели радиолокационного сигнала. В спектральном портрете отраженного от вертолета сигнала присутствуют составляющие, обусловленные отражением от фюзеляжа, вращающихся лопастей несущего и рулевого винтов. Предлагается алгоритм, позволяющий обнаружить характерные закономерности в спектральных компонентах эхо-сигналов, соответствующих отраженному сигналу от различных частей цели. Приведены результаты работы алгоритма по реальным записям и сравнение полученных значений с теоретическими данными.

Ключевые слова: спектральный портрет; распознавание вертолетов; пассивный когерентный локатор.

Алгоритм распознавания винтомоторных летательных аппаратов в РЛС мониторинга рассматривают в работе [1], где распознавание осуществляется по спектральному портрету эхо-сигналов. В данной работе предлагается переход от спектрального радиолокационного портрета к исследованию временной области.

Для упрощения процесса и минимизации времени идентификации , автор настоящей статьи предлагает альтернативный метод. Исследование в таком алгоритме проводится непосредственно по спектральному портрету отраженного от вертолета сигнала. Особый интерес представляет идентификация вертолетов, так как из-за своих структурных компонентов вертолет является уникальным воздушным средством при распознавании пассивным когерентным локатором.

При отражении сигнала от вертолета в отражении участвуют фюзеляж, вращающиеся лопасти несущего и рулевого винтов. Таким образом, необходимо обнаружить характерные закономерности в спектральных компонентах эхо-сигналов, соответствующих отраженному сигналу от различных частей цели. Необходимо уточнить, что при вращении лопастей вертолета наблюдается явление вторичной модуляции, вследствие чего и получается спектр, на базе которого осуществляются исследования.

На рис.1 [2] представлен типовой спектр отраженного от вертолета сигнала и указаны спектральные составляющие сигнала, соответствующие различным структурным частям вертолета. Следует отметить, что теоретически в отражении сигнала участвует вращающаяся втулка несущего винта [3], однако, в ходе исследования, различий между доплеровскими частотами, относящихся к несущему винту и его втулке, не выявлено, поэтому будем считать эти две группы спектральных составляющих за одну.

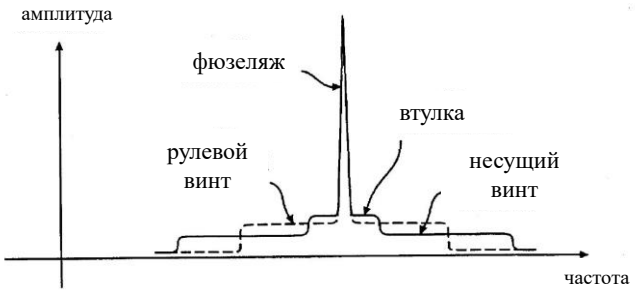


Рис 1. Структура спектра сигнала, отраженного от вертолета

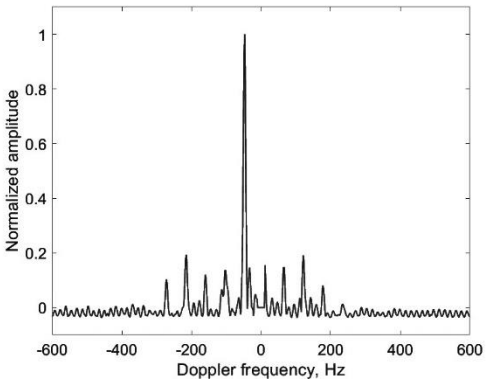


Рис 2. Спектральный портрет отраженного от вертолета сигнала

На рис.2 представлен реальный спектральный портрет отраженного от вертолета радиолокационного сигнала. При сопоставлении теоретических данных, предложенных на рис.1, и реальных результатов визуально можно различить некоторые сигнальные составляющие, удовлетворяющие отражению эхо-сигнала от несущего и от рулевого винтов вертолета.

Можно заметить, что составляющая сигнала, соответствующая отражению от фюзеляжа, обладает большей амплитудой, нежели другие составляющие, и появляется в записи единожды, тогда, как сигнальные составляющие, соответствующие отражению от вращающихся винтов появляются в записи с определенной частотой, измеряемой между составляющими.

Частота появления сигнальных составляющих, соответствующих вращающимся винтам, зависит от числа лопастей, входящих в состав винта, и от скорости вращения винта. Для винтов вертолета еще важен ракурс, с которого ведется наблюдение за вращающимся винтом, так как ЭПР лопасти винта не одинакова с различных ракурсов, это тоже следует учитывать.

Рис.3 Схема алгоритма работы программа идендификации вертолета

Существует формула, которая позволяет высчитывать частоту появления модуляционных составляющих (МС) от вращающегося винта [4]:

$$f_{МС}=f_{винта}\,N,$$

где N – число лопастей винта, $f_{винта}$ – частота вращения винта.

Существуют разные методы идентификации вертолетов и других винтомоторных летательных аппаратов. Например, в работе [1] предлагается переход к исследованиям сигнала во временной области и последующий переход к спектральному портрету. Автор статьи выдвигает альтернативный способ идентификации вертолетов без перехода во временную область, что позволяет сократить время идентификации и модернизировать сам процесс распознавания.

Представленная на рис.3 схема алгоритма, заложенного в работу идентификационной программы, показывает основные действия, проводимые программой над отраженным радиолокационным сигналом.

Работа такой программы заключается в том, чтобы, опираясь на анализ значений модуляционных составляющих по значениям частот, полученных на спектральном портрете, определить частоту вращения винтов, их количество и идентифицировать цель.

Ниже показан результат работы программы. На рис.4 показана дискретизация по частоте, где можно увидеть сигнальные составляющие, относящиеся к отражению

радиолокационного сигнала от рулевого и от несущего винтов вертолета. Спектральный портрет этой записи сигнала показан на рис.2. При этом значения частот получились равными 14.64 Гц и 60 Гц для несущего и рулевого винтов соответственно, что практически удовлетворяет теоретическим данным(16 Гц и 58 Гц), рассчитанным для вертолета Ми-8.

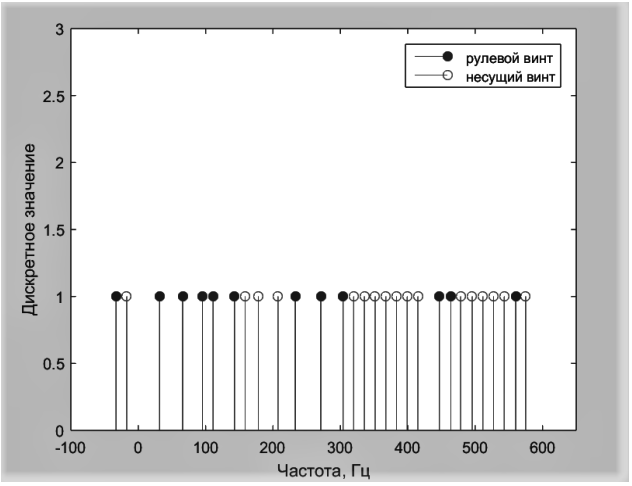


Рис.4 Результат работы программы. Дискретизация по частоте

Анализируя результаты работы программы по записи сигнала, отраженного вертолетом Ми-8, и сопоставив их с теорией, можно сделать вывод, что программа работает корректно, представляя изображение дискретизации по частоте и определяя частоты вращения винтов вертолета.

Список литературы

1. Воробьев Е.Н. Распознавание винтомоторных летательных аппаратов в РЛС мониторинга // International Conference «Системы Радиолокационного Мониторинга/Radar Monitoring Systems – 2017 (RMS'2017)» с.85-91;
2. US Patent No.: US 5,689,268, published Nov. 18, 1997. Radar detection and classifica-tion of helicopters;
3. Misiurewicz J. Radar detection of helicop-ters with application of CLEAN method / J. Misiurewicz , K. S. Kulpa, Z. Czekala, T. A. Filipek // IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst., 2012, vol. 48, no. 4, pp.3525 -3537;
4. Tikkinen J., Helander E., Visa A. Joint Utilization of Incoherently and Coherently Integrated Radar Signal in Helicopter Categorization // IEEE International Radar Conference, 9–12 May 2005, Arlington, VA, USA. Piscataway: IEEE, 2005, pp. 540–545.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ КРОВОТЕЧЕНИЙ НА ЭНДОСКОПИЧЕСКИХ СНИМКАХ

С.А. Пулатов, А.А. Мотыко

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Статья представляет собой обзор одного из возможного метода обнаружения кровотечений на цифровых медицинских снимках – метод опорных векторов. В статье описывается принцип работы данного алгоритма. Приведен пример обнаружения кровотечений с помощью данного метода.

Ключевые слова: машинное обучение, метод опорных векторов, эндоскопия

В современных видеоэндоскописческих системах одной из главных задач является своевременное обнаружение кровотечений на цифровых медицинских снимках. Кровотечение является важным маркером наличия таких опасных заболеваний, как, например, язвенная болезнь желудочно-кишечного тракта, опухоли и т.п.

В последнее время активно развивается технология капсульной эндоскопии. Это обследование кишечника на всем протяжении с помощью одноразовой видеокапсулы. Миниатюрная капсула размером с таблетку имеет автономный источник света, видеокамеру и передатчик видеосигнала. После проглатывания пациентом капсула регистрирует непрерывное изображение слизистой оболочки кишечника на всем его протяжении, которое передает на записывающее устройство, закрепленное на поясе пациента [1].

Для обычной эндоскопии доступны только некоторые участки желудка и кишечника. Капсула позволяет получить видеоданные для всех отделов ЖКТ, а автоматический анализ изображений, позволяет детектировать факт кровотечения без непосредственного участия врача.

Главным преимуществом данного исследования является возможность существенного облегчения работы врачей и повышение точности и скорости диагностики жизнеугрожающих заболеваний.

Способ обнаружения кровотечения на цифровых снимках основан на одном из методов искусственного интеллекта – машинном обучении.

В машинном обучении объектом x называется величина, для которой нужно сделать предсказание. Пространство объектов Z - это множество всех возможных объектов для которых понадобиться делать предсказание. Ответом $y = y(x)$ называется величина, которую нужно предсказать. Пространство ответов N - это множество всех возможных ответов.

Признак – числовая характеристика объекта, а совокупность признаков d называется признаковым описанием объекта:

$$x = (x^1, x^2, ..., x^d),$$

где x^i - число, элемент множества. Центральным понятием машинного обучения является обучающая выборка:

$$X = (x_i, y_i)_{i=1}^{l},$$

где x^i - объект обучающей выборки, y_i - истинный ответ. Алгоритмом $a(x)$ называется функция которая отображает пространство объектов в пространство ответов. Функционал ошибки $Q(a, X)$, где a - алгоритм, X - выборка . Это характеристика качества алгоритма, она возвращает некоторое значение того, насколько хорошо работает алгоритм на данной выборке.

Задача обучения состоит в подборе такого алгоритма a на котором достигается минимум функционала ошибки:

$$Q(a, X) \to \min_{a \in A},$$

где A - семейство алгоритмов. Один из алгоритмов, позволяющий обнаруживать кровотечения на медицинских снимках – это метод опорных векторов или SVM (support vectormachine) [2]

Предполагается, что есть два типа объектов: один класс – связан со здоровыми участками, исследуемых органов, а другой класс соответствует к участкам с признаками кровотечения. Эти точки имеют вид: $\{(\mathbf{x}_1,c_1), (\mathbf{x}_2,c_2) \ldots (\mathbf{x}_n,c_n)\}$ где c_i- принимает значение 1 или −1, в зависимости от того, какому классу принадлежит точка $\mathbf{x}_i$.

Каждое $\mathbf{x}_i$– это *p*-мерный вещественный вектор, нормализованный значениями [-1,1]. Требуется, чтобы алгоритм метода опорных векторов классифицировал вышеуказанные классы таким же образом. Для этого надо построить разделяющую гиперплоскость, которая имеет вид:

$$\mathbf{w}*\mathbf{x} + b = 0$$

Вектор **w**–перпендикуляр к разделяющей гиперплоскости. Параметр равен по модулю расстоянию от гиперплоскости до начала координат.

Для наилучшего разделения, необходимо использовать опорные вектора и гиперплоскости, параллельные оптимальной и ближайшие к опорным векторам двух классов. Эти параллельные гиперплоскости могут быть описаны следующими уравнениям:

$$\mathbf{w}*\mathbf{x} - b = 1$$

$$\mathbf{w}*\mathbf{x} + b = -1$$

Если обучающая выборка линейно разделима, то можно выбрать гиперплоскости таким образом, чтобы между ними не лежала ни одна точка обучающей выборки и затем максимизировать расстояние между гиперплоскостями.

Ширину полосы между ними легко найти из соображений геометрии, она равна $\frac{2}{\|\mathbf{w}\|}$. Таким образом основная задача - минимизировать $\|w\|$. Чтобы исключить все точки из полосы, необходимо убедиться, что для всех i выполняется:

$$ci* (w*x - b) \geq 1, 1 \leq i \leq n \text{ [3,4].}$$

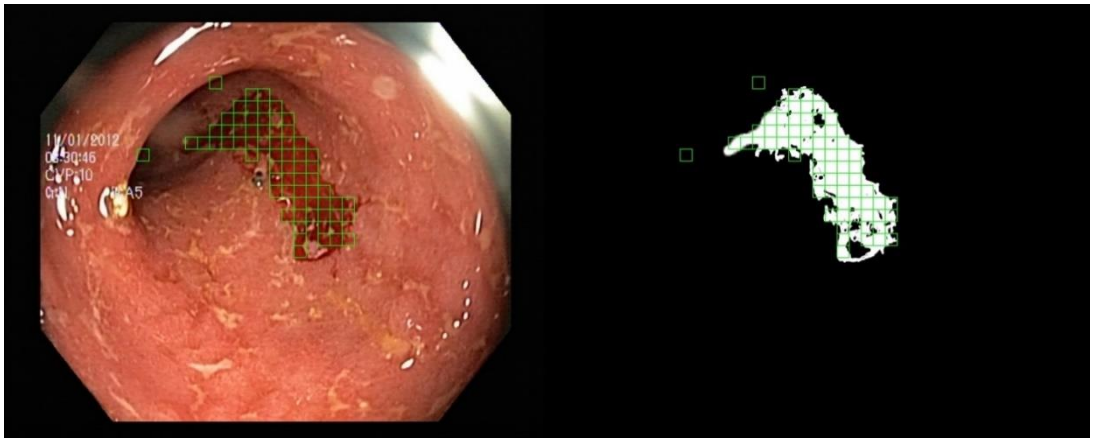


Рис. 1. Разметка и распознавание кровотечений

Применение метода опорных векторов позволяет дифференцировать здоровые и патологически измененные участки органов, тем самым оптимизируя процесс медицинской диагностики кровотечений из желудочно-кишечного тракта.

В результате данного исследования были получены следующие результаты:

1. была создана база из двухсот эндоскопических изображений, взятых из библиотеки kvasir;
2. произведена разметка в областях, где были обнаружены кровотечения (рис.1);
3. реализован алгоритм машинного обучения – метод опорных векторов (рис.1).

Проведенный эксперимент показал, что точность, получаемая при применении метода опорных векторов, достигает 0,90. В дальнейшем планируется увеличить данную метрику до 0,97.

Список литературы

1. СМ-клиника. [Электронный ресурс] URL: http://www.smclinic.ru/diagnosis/endoskopiya/kapsulnaya-endoskopiya/ (дата обращения 15.04.2019);
2. Машинное обучение [Электронный ресурс] URL: www.machinelearning.ru (дата обращения 15.04.2019);
3. Воронцов К. В. Лекции по методу опорных векторов 21 декабря 2007 года. [Электронный ресурс] URL: www.ccas.ru/voron/download/SVM.pdf (дата обращения 16.04.2019);
4. Ветров Д. П., Кропотов Д.А. Байесовские методы машинного обучения. Учебное пособие. Москва, 2007.

МЕХАНОТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

DESIGN AND MANUFACTURE OF AN INTELLIGENT GARAGE

ZHAO PENG

Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI"

Abstract: With the rapid development of China's automobile industry and the decrease of building land, the rapid growth of car ownership and the increasing difficulty of parking, vigorously developing mechanical three-dimensional parking equipment is an effective way to alleviate the contradiction. Aiming at the characteristics of the old community, on the basic of studying domestic and overseas advanced stereo garage technology and Chinese Hua rongdao game's solution the intelligent three-dimensional garage is designed. The garage is able to achieve less construction cost and more cars parking, but it is easy to achieve parking and picking up the car just only by using one controlling button, so it works more efficiently. The design of garage is not only very suitable for remaking of old community parking plots but also conform to our country's policy.

Keywords: Old community; Intelligent garage; Hua rongdao game; PLC

Introduction

The tendency of "fast food" in the construction of old Chinese places is serious, which has led to the widespread degradation of old facilities in today's old places. The parking lot of the old place is unreasonable due to innate design, lack of long-term planning, and it is difficult to expand the parking lot. As the car ownership continues to rise, the parking space of the old place can no longer meet the parking demand of people, so the design A three-dimensional garage that can park multiple cars in a limited space is very important.

1. Intelligent stereo garage structure design

The mechanical structure of the Huarongdao intelligent three-dimensional garage includes: a three-dimensional garage frame, a car board mechanism, a power transmission mechanism, a wire rope support mechanism and an anti-swing mechanism, wherein the three-dimensional garage frame is mainly a steel structure, consisting of a front pillar, a rear pillar, a beam.

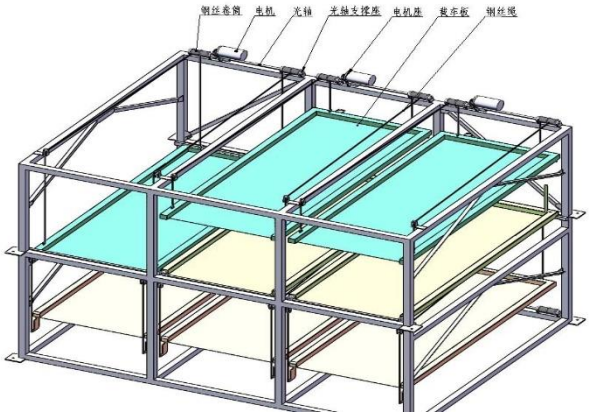


Figure 1 Overall structure of the intelligent stereo car

The longitudinal beam and the reinforcing rib are composed; the loading plate mechanism is mainly composed of a carrier plate frame and a corrugated steel plate; the power transmission mechanism is mainly composed of a motor mounting structure, a gear transmission structure and a reel. The mechanical structure design is determined on the basis of the characteristics of the old community and the modeling and analysis of various stereo garages. The design type of this work

is the lifting and traversing mechanical three-dimensional parking equipment. On the basis of learning the Chinese Huarong Road game solution, the vehicle board and its movement form are determined. The second layer and the negative layer are used for vertical lifting movement. (ground layer) do horizontal traverse movement.

The longitudinal beam and the reinforcing rib are composed; the loading plate mechanism is mainly composed of a carrier plate frame and a corrugated steel plate; the power transmission mechanism is mainly composed of a motor mounting structure, a gear transmission structure and a reel. The mechanical structure design is determined on the basis of the characteristics of the old community and the modeling and analysis of various stereo garages. The design type of this work is the lifting and traversing mechanical three-dimensional parking equipment. On the basis of learning the Chinese Huarong Road game solution, the vehicle board and its movement form are determined. The second layer and the negative layer are used for vertical lifting movement. (ground layer) do horizontal traverse movement.

2. Garage control part design

2.1. PLC electrical control circuit

The system control core adopts PLC. The PLC has 24 input ports and 16 output ports, and a serial port. 16 magnetic sensors are connected in sequence to the input port X0-X16 pins to detect whether the parking space is at the designated position. When the parking space is in place, the magnetic sensor works and a low level is given to the PLC to control the motor to stop.

The output port of PLC is connected to 16 relays, the relay is connected to the motor, the M1M2 is the traverse motor, and the M3-M8 is the lifting motor. Each motor uses two sets of relay interfaces, but the connection is reversed, which can form different current directions. In order to achieve positive and negative motor rotation, the movement of the parking space in different directions is completed.

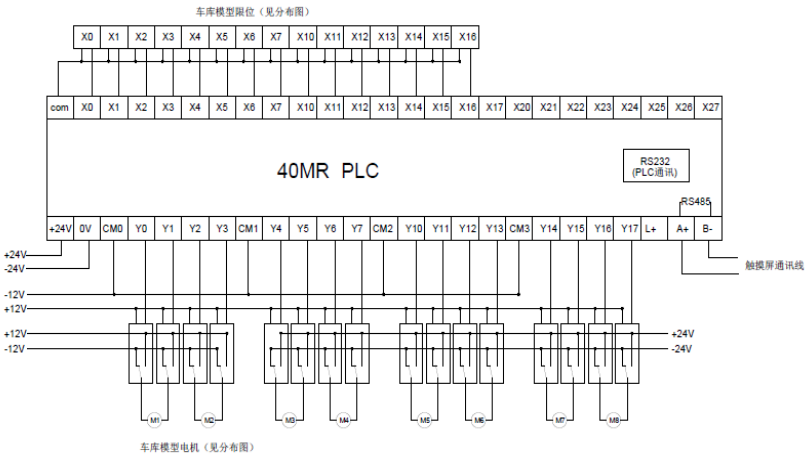


Figure 2 PLC electrical control circuit diagram

The serial port of the PLC is connected to the touch screen. The user operates on the user interface of the touch screen. Using the RS485 communication method, the touch screen command is sent to the PLC through the serial port. The PLC controls the output mode of Y0-Y17 according to the command, and controls the corresponding relay interface, thereby controlling the corresponding The movement of the motor enables an intelligent one-button access vehicle.

2.2. Motor and sensor installation distribution

The motor and sensor installation distribution is shown in Figure 13. In the figure, M represents the motor, X represents the limit switch, X0-X3 limit switch detects the traverse of the parking space, and X0-X3 limit switch detects the lifting of the parking space. Take M3 as an example. When the motor rotates to the raised position and rises to the specified position, X4 sends a low-level trigger signal. After the PLC input receives the signal, it will change the output state of the output port Y4, stop the operation of the M3 motor, and make the parking space stably hover. The operation flow of other limit switches is the same as that of X4. Once the parking space is in place, the motor will be de-energized and stopped.

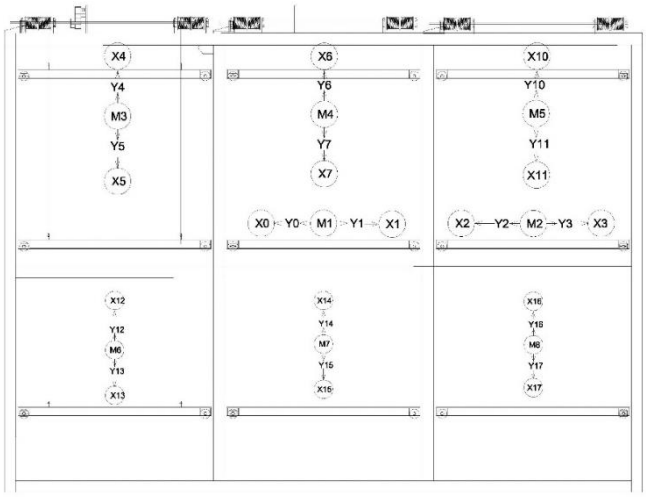


Figure 3 Motor and sensor installation map

3. Conclusion

The Huarongdao intelligent three-dimensional garage designed in this paper has lower cost and can be contacted by the manufacturer and sold to different parking lots. Secondly, the product has small floor space, high vehicle pick-up efficiency, stable and reliable work, and is more suitable for three-dimensional parking spaces in old places. At the same time, equipped with human-computer interaction system, users only need to click the touch screen to select the parking space they want to park, which can realize one-button access to the vehicle, which greatly facilitates the use of the majority of owners and users. Moreover, the Internet of Things interface is reserved, and the product can be connected to the Internet in the future to provide more rich functions.

References

1. Zhang Jianfeng.Creating a New Space for Parking_Discussion on the Type and Control of Intelligent Stereo Garage [J].Science and Technology Innovation and Application，2017(11):69;
2. Yang Liming.Circular Intelligent Stereo Garage Control System Based on PLC [J].Residential and Real Estate，2018 (5):286;
3. Sun Wentao,Bian Qunxing.Intelligent three-dimensional garage control system based on PROFINET [J].Lifting and transporting machinery，2017(5):66-69;
4. Teng Yingcai. Design and optimization of the new intelligent three-dimensional garage car take-up rotary disc[J]. Lifting and transport machinery,2014(2);
5. Li Junjie.Human-computer interaction software design of intelligent stereo garage control system[J]. Southern Agricultural Machinery，2016(5):72-73.

A BETTER HUMAN-MACHINE INTERACTION

BY MOHAMMED, OMAR TAHA MOHAMMED

Saint-Petersburg State University of Film and Television

Abstract. A number of researches support the claim that emotions play a major role in decision making and performance as they influence cognitive processes (e.g. Goleman, 1995; Picard, 1997). Despite the fact that this research is not generally addressing the broad issues of understanding complex systems and behaviors, particularly in nowadays learning process. The recent theories and models have been considered to expand the field of human-computer interaction (HCI) tend to focus more on cognitive factors. As an impact, the resulting systems are often not able to fully handle real-world situations in which affective factors play a significant role. In this paper, I propose a new model that improves the ability of the human being to feel that the Machines are interacting with them emotionally.

Key Words: human machine interaction; emotional intelligence; emotional computing

1. Introduction

"Do emotions contribute to intelligence, and if so, what are the implications for the development of a technology of affective computing?"

- Robert Provine, What Questions Are On Psychologist's Minds Today?

The appearance of Emotional Computing has begun to address a variety of researches, methodological and technical issues related to the human computer interaction (e.g., machine recognition of human facial expressions, e-commerce websites emotional designs such as avatars, emojis, applications incorporating social-emotional intelligence). As human beings, understanding each other's emotions involves recognizing emotion-related facial expressions and voice of each other with a close awareness of body states (body language). This consists of knowing the causes and consequences of different types of emotions and having the ability to differentiate between various emotions as well. Also, it consists of utilizing emotions which involves employing the effects of emotions, for example by thinking positively to enhance creativity.

Moreover, managing emotions which consists of regulating emotions so that they comply with the situation or the goals of individuals. Some theories of emotional intelligence, including those of (Goleman 1995; Bar-On 2000), included self-emotions, such as social skills, which has been built on these concepts. Salovey and Mayer (1990) developed the theory of emotional intelligence, and Goleman (1995) enhanced the concept. The concept of emotional intelligence is being increasingly expanded in research and practice. This can be noticed obviously in the scientific work papers since 1995. In which Google Scholar shows a dramatic increase of 370, 000 scientific papers during 2013-2018 compared to 57,000 references during 1995-2000.

Emotional intelligence has been defined based on both the ability to better assess through maximal performance test measures (Mayer 2004) and as a property or typical functioning (Neubauer & Freudenthaler, 2005; Petrides & Furnham, 2003; Schutte, Malouff & Bhullar, 2009) that is normally assessed using self-report or observer classifying. Tests of maximal performance contain respondents with assignments such as recognizing the face expression in a given photograph. Self-report and observer-report measures request for information on individual act, such as the individual ability to manage their emotions. Factor analytic studies (e.g., Fan, 2010; Rossen, Kranzler, & Algina, 2008; Saklofske, Austin & Minski, 2003) refer to emotional intelligence as a unified concept represented by sub-competencies, though not all factor analyses have supported an identical structure of sub-competencies (see Fan 2010). While, (Joseph & Newman, 2010) suggests that the relationship between ability and trait emotional intelligence is

only moderate. In which, some researchers refer to these two conceptualizations to be various constructs (Petrides, 2011). Thus, these Emotional Intelligence conceptualizations would be considered in this project.

2. The model:

Before drafting our model, we would draft the classic computing model so as to make understanding of our model easier and to see what makes our model different from the basic computing algorithm systems.

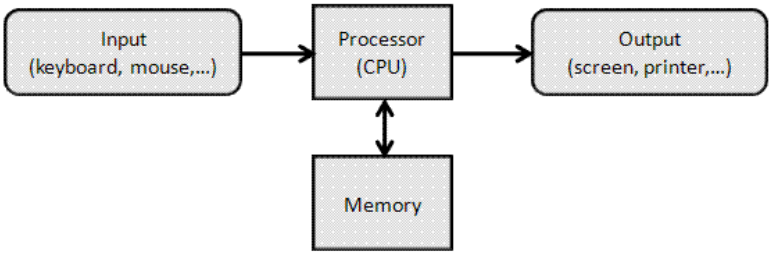


Figure 1: Basic computing model

"Input is whatever goes into the computer. Input can take a variety of forms, from commands you enter by keyboard to data from another computer (via a network connection) or device (via direct or network connection). A device that feeds data into a computer, such as a keyboard, mouse, webcam …etc. is called an input device.

Processing. The processor is the brain of a computer. It's also called the CPU (Central processing unit) which is a microchip that is physically located on computer circuit board. For a non-programmer, this is where all the real action is. Programs just set the stage and direct the play. (In this off hand analogy, the play itself, in written form, would be most like a program.)

Memory. Computer data storage is referred to as storage or memory, which can save digital data. Examples are RAM, hard disks, CDs, DVDs and removable flash memory sticks.

Output is any information (data) that comes out of a computer. Output devices can be other computers, display screens, speakers, and printers"

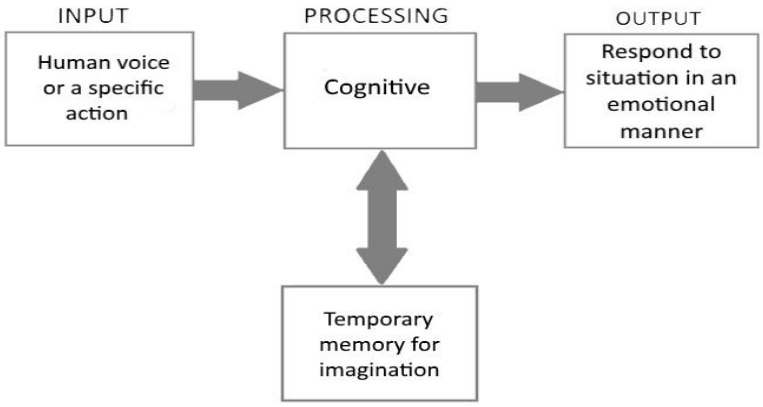


Figure 2. Emotional computing model

As we can see the above model is taking tasks from users, performing mathematical operations accordingly and then produce an output without any involvement of emotions. Therefore, this model encouraged us to develop a model that respects the same principles plus an output that is not only responsive to the user request but also interact with him emotionally.

Input is a human voice or any possible action from him captured by audio and video input devices such as a camera and microphone that feed data into the machine.

Processing. Process the input using advanced methods and algorithms such as deep learning, image processing, natural language processing NLP whereas the cognitive is the source of information that comes from Internet and previous tasks by the user himself.

Memory. A short temporary memory to capture the performed action for a specific period of time.

Output is the process of responding to the taken tasks in an emotional manner.

In the above model beside the basic mathematical operations that a normal computer can perform, I have prepared a comprehensive pre-trained set of basic actions that a human being could do with their relevant responses. Then carefully analyzed the responses and produce an outcome with respect to the emotional state of each action. By adding this step, I am aiming to improve the emotional interaction of the machine responses towards a given action.

Conclusion

Machine emotional intelligence is still evolving, but the future could soon see targeted ads that respond to not only our demographic (age, gender, likes, etc.) but to our current emotional state. Emotional recognition via facial detection is also shady if the user is not aware of their consent to be recorded visually. We are only on the tip of the iceberg when it comes to machine human interaction, but cognitive computing technologies like these are exciting steps toward creating true machine emotional intelligence. And this project might be a step towards improving such interaction.

References

1. Bar-On, R. (2000). Emotional and social intelligence: Insights from the Emotional Quotient Inventory, In R. Bar-On & J.D.A. Parker (Eds.), The handbook of emotional intelligence (pp. 363-388). San Francisco: Jossey-Bass;
2. Fan, H., Jackson, T., Yang, X., Tang, W., & Zhang, J. (2010). The factor structure of the Mayer–Salovey–Caruso
3. Emotional Intelligence Test V 2.0 (MSCEIT): A meta-analytic structural equation modeling approach. Personality and Individual Differences, 48(7), 781-785;
4. Goleman, D. (1995). Emotional Intelligence: Why it can matter more than IQ. New York: Bantam Books.
Joseph, D. L., & Newman, D. A. (2010). Emotional intelligence: An integrative meta-analysis and cascading model. Journal of Applied Psychology, 95, 54–78;
5. Mayer, J. D., Salovey, P., & Caruso, D. (2004). Emotional intelligence: Theory, findings, and implications. Psychological Inquiry, 15, 197-215;
6. Neubauer, A. C., & Freudenthaler, H. H. (2005). Models of emotional intelligence. In R. Schultz & R. D;
7. Petrides, K.V. (2011). Ability and trait emotional intelligence. In T. Chamorro-Premuzic, A. Furnham, S. von Stumm (Eds.), The Blackwell-Wiley handbook of individual differences. New York: Wiley;
8. Petrides, K.V., & Furnham, A. (2003). Trait emotional intelligence: Behavioral validation in two studies of emotion recognition and reactivity to mood induction. European Journal of Personality, 17, 39-57;
9. Rossen, E., Kranzler, J. H., & Algina, J. (2008). Confirmatory factor analysis of the Mayer–Salovey–Caruso Emotional Intelligence Test V 2.0 (MSCEIT). Personality and Individual Differences, 44, 1258– 1269;
10. Saklofske, D. H., Austin, E. J., & Minski, P. S. (2003). Factor structure and validity of a trait emotional intelligence measure. Personality and Individual Differences, 34, 707-721;
11. Salovey, P., & Mayer, J. D. (1990). Emotional intelligence. Imagination, cognition and personality, 9, 185-211;
11. Schutte, N. S., Malouff, J. M., & Bhullar, N. (2009).The Assessing Emotions Scale.In C. Stough, D.

РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СОРТИРОВОЧНОЙ ЯЧЕЙКИ

Д.С. Богачев, Н.П.Сорокина

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данном докладе рассмотрен процесс разработки робототехнической ячейки на базе робота Kawasaki RS007L с использованием свободной библиотеки компьютерного зрения и обработки изображений OpenCV, назначением которой является цветовая дифференциация объектов на заданном участке.

Ключевые слова: компьютерное зрение, промышленная робототехника, сортировка, OpenCV.

Робототехническая ячейка, рассматриваемая в статье, была разработана в качестве демонстрационного проекта для наглядной презентации технических возможностей робота-манипулятора Kawasaki RS007L [1], технические характеристики которого представлены в таблице 1.

Таблица 1

Технические характеристики робота Kawasaki RS007L

Степени свободы	6
Максимальная нагрузка	7 кг
Радиус действия	930 мм
Точность	±0.02 мм
Максимальная линейная скорость	12000 мм/с
Масса	36 кг

Целью работы является решение задачи распознавания объектов круглой формы и малого размера, от 8 до 10 мм в диаметре, по пяти различным цветам и дальнейшая их сортировка с переносом из общей рабочей области в специальные для каждого цвета-категории области (Рис. 1).

Рис. 1. Внешний вид робототехнической ячейки

Разработка конструкции робототехнической ячейки

При разработке конструкции сортировочной ячейки было принято решение, что для выполнения поставленной задачи в качестве рабочего органа манипулятора наиболее

целесообразно использовать захватное устройство типа «схват пневматический» диаметр присоски которого составляет 12 мм.

Выбор указанного типа схвата обусловлен тем, что он позволяет производить манипуляции с объектами, фактические размеры которых не превышают 10 мм в диаметре, в пределах рабочей области (250x400 мм). При этом за одну итерацию осуществляется захват строго одного объекта сортировки. Дополнительным преимуществом принятого решения является отсутствие воздействия со стороны пневматического захватного устройства на соседние объекты, чего невозможно избежать при использовании механического захвата.

На основе принятых технических решений относительно типа захватного устройства, а также исходя из общей постановки задачи идентификации объектов и сортировки, аппаратная часть проектируемой системы состоит из:

1. пневмоситема: компрессор Bambi MD150/500 [2], пневматический захват, трубки и фитинги;
2. система идентификации: камера Microsoft Webcam HD 3000 [3], набор графических меток;
3. система обработки данных: ПК, контроллер робота, специальное ПО.

Разработка программной части системы управления

Для реализации поставленной задачи сортировки объектов по цветам было разработано специальное программное обеспечение (СПО), которое можно разделить на две различные по назначению функциональные части.

Первая часть СПО – программа верхнего уровня - предназначена для получения и обработки изображения и последующей передачи результатов контроллеру F60 робота-манипулятора. Эта часть СПО реализована на языке программирования C++ в среде QT Creator с использованием библиотеки QT для создания графического интерфейса [4], а также библиотеки компьютерного зрения OpenCV [5].

Вторая часть СПО – программа нижнего уровня – программа контроллера, определяющая движения робота, необходимые для сортировки всех объектов, и управляющая пневмосистемой для осуществления их захвата. Программа реализована на языке программирования – AS programming language [6], являющимся специальным языком программирования контроллеров компании Kawasaki. При разработке программы использовалась среда KIDE (Kawasaki Integrated Development Environment).

Принцип действия робототехнической ячейки

Для описания основного алгоритма работы программы нижнего уровня, можно выделить 7 основных этапов выполнения одного цикла программы при осуществлении сортировки объектов по цветам:

1. поиск окружностей на изображении рабочей области методом преобразования Хафа [7] и выбор случайной окружности из найденных;
2. определение цвета выбранного объекта путём его бинаризации в пространстве HSV (Hue, Saturation, Value — тон, насыщенность, значение) [8];
3. определение координат объекта на изображении;
4. пересчёт координат изображения в реальные координаты;

Для пересчёта координат изображения в реальные координаты рабочей области были введены 3 метки, как показано на рисунке 2.

При этом для успешного выполнения задачи сортировки необходимо, чтобы метка нуля совпадала с нулём в системе координат робота.

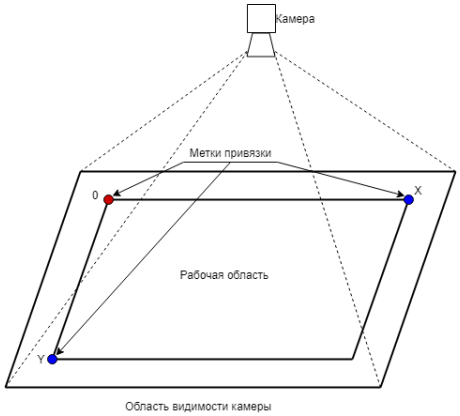


Рис. 2. Схема расположения меток

На полученном камерой изображении метки определяются программой как три точки. На основании этих данных можно получить размеры рабочей области в пикселях. После чего осуществляется пересчет координат по следующим формулам:

$$\begin{cases} x_p = x_T \cdot L_x / x_x \\ y_p = y_T \cdot L_y / y_x \end{cases},$$

где x_p, y_p – реальные координаты точки,

x_T, y_T – координаты объекта на изображении,

x_x – координата по оси **x** на изображении маркера X,

y_x – координата по оси **y** на изображении маркера Y,

L_x, L_y – реальные размеры рабочей области.

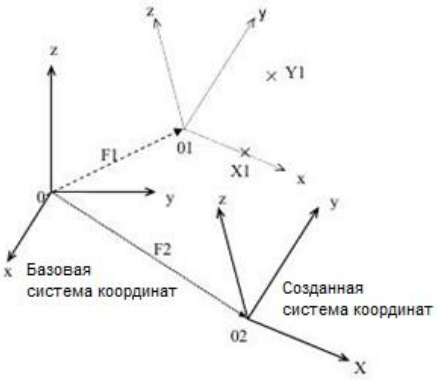


Рис. 3. Схема преобразования координат

1. Передача координат роботу по протоколу TCP/IP;
2. Привязка полученной координаты с системой координат робота и формирование команд движения;

Для того чтобы связать систему координат робота с рабочей плоскостью была использована встроенная функция языка AS: Frame coordinates. Данная функция позволяет

изменить систему координат с базовой системы координат робота в систему координат, задающуюся четырьмя точками:

- O1, X1 – для задания направления оси X;
- X1, Y1 – для задания направления оси Y;
- O2 – центр системы координат.

На рисунке 3 приведена иллюстрация, наглядно демонстрирующая преобразование координат.

3. Запуск программы движения робота.

Заключение

Проведенные эксперименты показали, что разработанная робототехническая сортировочная ячейка успешно справляется с поставленной задачей, осуществляя корректную сортировку 30 объектов 5 цветов меньше чем за 60 секунд. Возможно значительное увеличение скорости работы, для применения данной системы в каком-либо производственном процессе.

Список литературы

1. Промышленный робот Kawasaki RS007L. Электронный ресурс: https://robotics.kawasaki.com/en1/products/robots/small-medium-payloads/RS007L/index.html?language_id=4 (Дата обращения 04.02.2019);
2. Компрессор Bambi MD150/500. Электронный ресурс: http://www.astena.ru/bambi-md150-500.html (Дата обращения 13.02.2019);
3. Microsoft Webcam HD 3000. Электронный ресурс: https://www.microsoft.com/accessories/ru-ru/d/lifecam-hd-3000 (Дата обращения 26.02.2019);
4. Фреймворк QT для разработки программного обеспечения на языке программирования C++. Электронный ресурс: https://www.qt.io/what-is-qt/ (Дата обращения 7.03.2019);
5. Библиотека компьютерного зрения и обработки изображений. Электронный ресурс: https://opencv.org/about.html (Дата обращения 11.03.2019);
6. E series controller Kawasaki AS Language reference manual. Kawasaki Heavy Industries, 548 с;
7. Преобразование Хафа для поиска окружностей на изображении. Электронный ресурс: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%A5%D0%B0%D1%84%D0%B0 – (Дата обращения 29.03.2019);
8. Описание цветовой модели HSV. Электронный ресурс: https://ru.wikipedia.org/wiki/HSV_(%D1%86%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C) (Дата обращения 29.03.2019);

СИСТЕМА ВИЗУАЛЬНОГО СЛЕЖЕНИЯ ЗА ОБЪЕКТОМ

А.А. Кузнецов, А.В. Девяткин

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В работе рассматривается разработка модуля машинного зрения для мобильного робота, который позволяет решать задачу слежения за объектом. Детектирование объекта на кадре реализовано с использованием методов обработки изображения библиотеки OpenCV. Система управления реализует задачу поддержания найденного объекта в желаемом положении на кадре с камеры. В работе рассматривается реализация системы управления на основе интегральной составляющей, а также на основе нечеткой логики.

Ключевые слова: система управления, детектирование объекта, машинное зрение.

Мобильные автомобилеподобные платформы не имеют возможности изменения угла поворота без изменения положения, чем не обделены роботы на основе дифференциального привода. По этой причине движение автомобилеподобного робота в среде, требующей регламентированного поведения на основе установленных знаков, представляет необходимость возможности модуля визуального восприятия (камеры) совершать поворот для изменения наблюдаемой области. Такого рода задачу может решить камера, установленная на сервоприводах, что позволяет модулю зрения изменять область обзора за счет поворота валов сервопривода в двух осях. В данной работе рассматривается задача реализации поворотной камеры, которая удерживает положение определяемого объекта в желаемой точке изображения с камеры.

Разработанный модуль представляет собой камеру Logitech C270 с модифицированным корпусом, установленную на корпус, состоящий из распечатанных на 3д принтере деталей и сервоприводов MG-90S. Используемый в работе микроконтроллер - STM32F767ZI. Собранный прототип модуля представлен на рисунке 1.

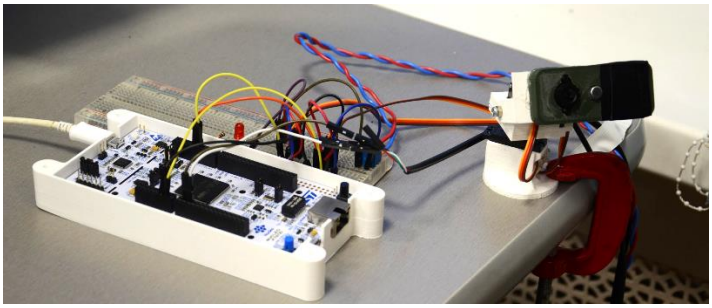


Рисунок 1. Прототип модуля машинного зрения.

Система слежения за объектом на кадре создана на основе системы детектирования объекта на изображении с камеры, а также системы управления перемещением камеры (СУ). Система детектирования объекта построена на основе последовательности стандартных операций обработки изображения, что позволяет извлечь информацию о положении объекта с интересующими признаками. В данной работе рассматривается поиск зеленых круглых моноцветных объектов. Данные признаки извлекаются такими операциями, как “границы HSV”, “морфологические операторы” и другие. Используемая библиотека OpenCV реализует все необходимые операции.

СУ перемещением камеры была реализована с использованием двух подходов: на основе интегратора и на основе нечеткой логики. Настройка обоих вариантов систем производится ручным методом на основе эмпирических данных, собранных в ходе работы систем. Реализация интегральной СУ основана на стандартных математических операторах языка Python, в свою очередь СУ на основе нечеткой логики реализована на основе пакета SciKit-Fuzzy.

В результате выполненной работы подтверждается корректность выдвинутых предположений о реализуемости поставленной задачи. Исследование различных подходов как при реализации системы детектирования объектов на кадре, так и системы управления перемещением камеры позволяет привести ряд выводов и предположений о дальнейшей модификации как программной части, так и механики данного прототипа.

Список литературы

1. С.А. Ноздрачев, Я.Э. Живрин распознавание объектов на двумерном изображении // вестник мгуп имени ивана федорова. 2015, вып №6, ISSN 2409-6652;

2. И.А. Золотин Контурный анализ и его применение для распознавания объектов // Наука XXI века. 2016, вып № 12;
3. OpenCV, Contour Features. [Электронный ресурс]. URL:https://docs.opencv.org/2.4/doc/tutorials/imgproc/histograms/template_matching/template_matching.html (дата обращения 15.01.2019);
4. Thiniverse, Easy small compact strong pan tilt. [Электронный ресурс]. URL: https://www.thingiverse.com/thing:1718517(дата обращения 22.01.2019);
5. OpenCV, Morphological Transformations. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.opencv.org/trunk/d9/d61/tutorial_py_morphological_ops.html (дата обращения 20.02.2019);
6. Л.Г Зеркалов, Д.В. Васильев, В.А. Остапов факторизация бинарных изображений по отношению комбинаторно-гомотопической эквивалентности // Вестник ТГУ. 2015, вып №5, ISSN 1810-0198.
7. RapidTables, RGB to HSV conversion formula. [Электронный ресурс]. URL: https://www.rapidtables.com/convert/color/rgb-to-hsv.html(дата обращения 15.02.2019).

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Е.В. Сорокин

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной статье описывается разработка кроссплатформенной системы мониторинга беспилотного интеллектуального транспортного средства на примере конкретной модели.

Ключевые слова: беспилотные транспортные средства, пользовательский интерфейс, Qt, QML

Система мониторинга интеллектуального транспортного средства

Разработка беспилотных транспортных средств (далее БТС), будь то автомобили или летающие дроны, требует испытаний, тестов программного и аппаратного обеспечения, обучения нейросетей. При этом разработчикам необходимо в каждый момент времени иметь достоверную информацию о текущем состоянии БТС. Для решения данной задачи была разработана система мониторинга интеллектуального транспортного средства (далее СМИТС). В качестве объекта управления был выбран беспилотный автомобиль «zaWRka» на основе управляемой модели автомобиля «WR8 Flux» (рис. 1.), разрабатываемый кафедрой САУ СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Рисунок 1. Беспилотный автомобиль “zaVarka”

Пользователь имеет возможность получать данные о текущей скорости и углах поворота колес автомобиля, а также о показаниях дополнительных датчиков (температура

критических бортовых систем БТС, заряде батарей и т.д.), а так же о текущем местоположении беспилотника на локальной карте местности. Так же для компенсации шумов датчиков используются различные методы фильтрации данных (на выбор пользователя). Скриншот пользовательского интерфейса представлен на рис. 2.

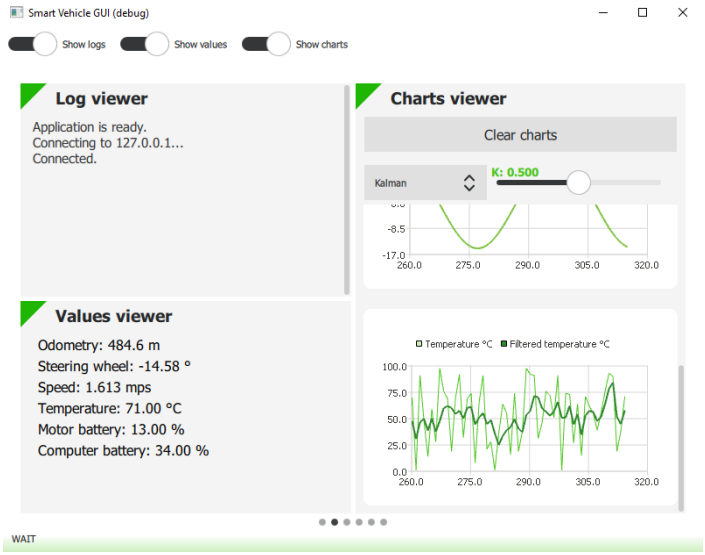


Рисунок 2. Пользовательский интерфейс приложения

При разработке предъявлялись особые требования к безопасности и надежности каналов передачи данных, а так же к быстродействию системы. Для передачи данных используется специально разработанный протокол, использующий в качестве основы TCP/IP. Система, т.е. пользовательское приложение и серверная часть, разработаны на Qt – многофункциональном фреймворке C++. Для разработки пользовательского интерфейса использовался QML – модуль Qt, основанный на JavaScript.

В дальнейшем планируется масштабировать проект в направлении универсальности системы, т.е. возможности взаимодействовать с различными БТС без серьезных изменений в программном коде. Таким образом данную систему можно будет распространять и использовать в различных исследовательских и учебных проектах.

Список литературы

1. Технологии беспилотных автомобилей [Электронный ресурс] – URL: https://habr.com/company/yandex/blog/350414/ (дата обращения: 04.02.2019);
2. Что такое разработка пользовательского интерфейса [Электронный ресурс] – URL: https://livetyping.com/ru/blog/chto-takoe-razrabotka-polzovatelskogo-interfeisa-i-zachem-tt-zakazyvat (дата обращения 05.02.2019);
3. Principles of User Interface Design [Электронный ресурс] – URL: http://bokardo.com/principles-of-user-interface-design/ (дата обращения 05.02.2019);
4. Принципы разработки графического интерфейса [Электронный ресурс] – URL: https://novainfo.ru/article/4645 (дата обращения 05.02.2019);
5. Этапы разработки пользовательского интерфейса [Электронный ресурс] – URL: http://www.4stud.info/user-interfaces/stages-of-development-user-interface.html (дата обращения 05.02.2019).

ПОДВЕСНОЙ РОБОТ С СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ

А.С. Хвостов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной статье рассматриваются особенности конструкции подвесного робота. Работа содержит теоретическое исследование конструкции, вывод алгоритмов управления движением и описание их реализации на примере робота “Кристина” для рисования на вертикальных поверхностях.

Ключевые слова: робот, конструкция, система управления, шаговые двигатели, рисование

Введение

В настоящее время большинство станков с программным управлением имеют жесткую раму. Это дает станкам преимущество в точности движения и в скорости работы, но такие станки являются не масштабируемыми и сложными для сборки и перемещения. Для использования в некоторых областях мобильность и масштабируемость могут быть основополагающими факторами при выборе инструмента:

1. в ткацком производстве (в данный момент для раскроя материала используются станки, занимающие несколько квадратных метров полезного пространства.);
2. в строительстве (для нанесения разметки на поверхность полезен мобильный и масштабируемый станок.);
3. в искусстве и дизайне для нанесения эскизов, выполненных с помощью компьютерной графики, на рабочие поверхности такой станок тоже полезен;
4. в образовании для обучения работе со станками с программным управлением проще применять недорогой станок, который можно быстро развернуть и быстро сложить.

Более того, в нижнем ценовом сегменте стоимость рамы является определяющей в ценообразовании станка.

Идея автора – в создании простого станка с программным управлением, главными преимуществами которого являются масштабируемость, мобильность и низкая стоимость.

Таких преимуществ можно достичь, отказавшись от жесткой рамы или жестких направляющих.

Описание конструкции

Схематичное изображение конструкции представлено на рисунке 1.

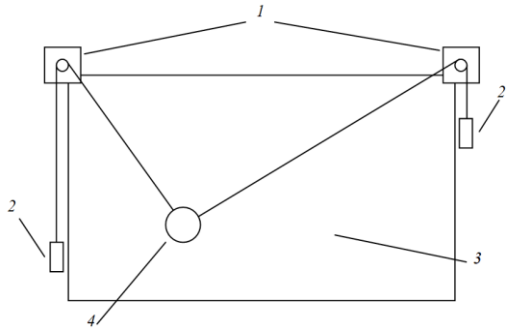


Рис. 1. Схематичное изображение конструкции.
1- шаговые двигатели, 2 – противовесы, 3- рабочая поверхность, 4- рабочий орган

Позиционирование рабочего органа осуществляется с помощью двух шаговых двигателей. Рабочий орган крепится на зубчатые ремни. На валах шаговых двигателей

имеются шкивы с зубцами. Благодаря зубцам ремень не проскальзывает и изменяет свою длину в соответствии с поворотом вала двигателя. Чтобы уменьшить нагрузку на шаговые двигатели и создать натяжение ремней используются противовесы.

Математическое описание положения рабочего органа

Чтобы описать математически положение рабочего органа, обратимся к рисунку 2.

Расположение двигателей не позволяет перемещать рабочий орган непосредственно в плоских координатах. Тем не менее, можно перейти от плоских координат к координатам, связанным с длинами ремней.

Если зафиксировать длину одного из ремней, а длину другого ремня изменять, мы заметим, что рабочий орган движется по дуге окружности, радиусом которой является длина зафиксированного ремня. То же возможно с другим ремнем. Значит, положение рабочего органа можно описать с помощью двух уравнений окружностей.

Выберем за нулевую точку центр вала левого двигателя O_1. Обозначим длины ремней или радиусы окружностей R_1 и R_2. Вал правого двигателя обозначим, как O_2. В нашем случае он сдвинут относительно O_1 на некоторую величину W по оси X.

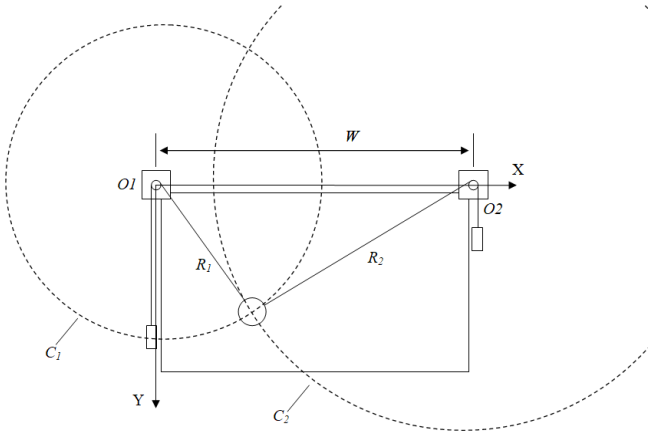


Рис. 2. Геометрические построения на схематичном изображении конструкции.

Нас интересуют лишь нижние части окружностей. Запишем их уравнения:

$$R_1 = \sqrt{X^2 + Y^2}, R_2 = \sqrt{(X - W)^2 + Y^2}$$

Подставляя в эти уравнения координаты, мы можем получить желаемые длины ремней.

Для калибровки системы может понадобиться и обратное преобразование:

$$X = -\frac{R_2^2}{2W} + \frac{R_1^2}{2W} + \frac{W}{2}, Y = \sqrt{R_1^2 - X^2}$$

Исходя из данных уравнений, системе для корректной работы следует сообщить расстояние W между двигателями и изначальные длины ремней R_1 и R_2.

Чтобы пересчитать длину ремней из миллиметров в шаг двигателя, следует рассчитать коэффициент. Рассмотрим пример: Шкив имеет 16 зубьев, один зубец соответствует шагу в 2 мм. Шаг двигателя – 1.8 градуса. Для уменьшения вибрации используем драйвер, обеспечивающий перемещение на 1/16 шага.

$$k = 16 * 2 * \frac{1.8}{360} * \frac{1}{16} = 0.01$$

Математическое описание перемещения рабочего органа

Будем считать, что перемещение на малую дугу окружности эквивалентно перемещению на малый отрезок прямой.

Так как двигатель не может переместиться менее, чем на 1 шаг, то прямую следует аппроксимировать как это показано на рисунке 3.

Для такого перемещения из точки (x0,y0) в точку (x1,y1) подойдет следующий алгоритм:

1. Вычислим вектор, на который нужно переместить рабочий орган

$$dx = x1 - x0,\ dy = y1 - y0$$

2. Произведем нормировку этого вектора

$$ex = \frac{dx}{\sqrt{dx^2 + dy^2}};\ ey = \frac{dy}{\sqrt{dx^2 + dy^2}}$$

3. Будем выполнять в цикле следующие действия:

Увеличивать координаты на составляющие нормированного вектора.

$$x = x0 + ex,\ \ y = y0 + ey$$

Вычислять новые длины ремней

$$R_1 = \sqrt{x^2 + y^2},\ R_2 = \sqrt{(x - W)^2 + y^2}$$

Рис. 3. Аппроксимация прямой дискретными шагами

Округлять длины ремней до целого числа и передавать их в программу, управляющую шаговыми двигателями.

Повторять действия, пока координаты не приблизятся к x1, y1 на расстояние меньшее, чем шаг двигателя.

Последовательно перемещая рабочий орган на малые отрезки прямой, можно совершать движение по траекториям любой сложности.

Техническая реализация

Чтобы проверить состоятельность идеи, был собран робот “Кристина” для нанесения изображений на вертикальные поверхности.

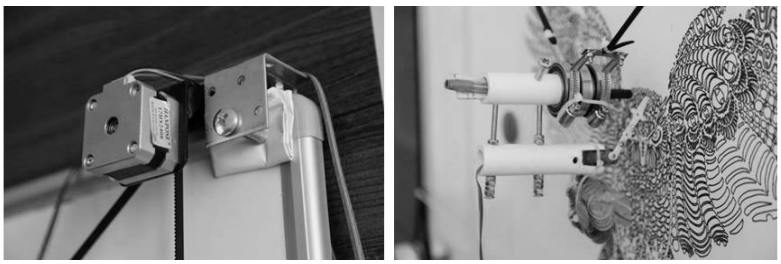


Рис. 4. Крепление шагового двигателя (слева), рабочий орган(справа)

На рисунке 4 слева изображен кронштейн, позволяющий крепить устройство на любую поверхность. Этим достигается масштабируемость. Размер рабочей поверхности ограничен только длиной ремней.

Рабочий орган, изображенный справа на рисунке 4, состоит из держателя для маркера/ручки, трех подшипников, обеспечивающих точное движение при любом расположении маркера и сервопривода, который используется, чтобы отодвигать рабочий орган от поверхности, если в данный момент не нужно оставлять на ней след. Управление осуществляется с помощью микроконтроллерной системы. Питание системы реализовано с помощью отдельного блока питания на 12В.

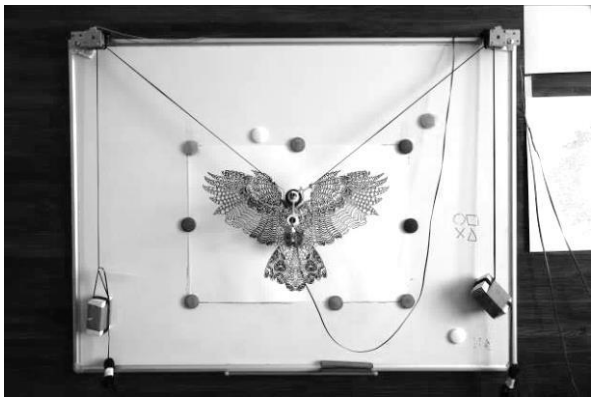


Рис. 5. Внешний вид конструкции.

Результаты испытаний

1. Точность перемещения рабочего органа максимальна в центре рабочей поверхности, погрешность в этой области составляет менее 0.1 мм.

2. Слева и справа, в отступах на 10% от ширины рабочей поверхности в связи с неравномерным натяжением ремней возникают выпуклые деформации изображения, кривая отклоняется от целевой на величину более 1 мм.

3. При использовании рабочего органа большой массы, момент на валах двигателей превышает рабочий и система перестает работать корректно. При испытаниях с разными шаговыми двигателями было выведено эмпирическое правило: Конструкция с оптимально подобранными противовесами подходит для эксплуатации с рабочим органом, чья масса не превышает массы двухшаговых двигателей. В противном случае рабочая поверхность оказывается ограничена сверху, так как в этой области натяжение ремней максимально.

Выводы

В результате проделанной работы была разработана конструкция подвесного робота, собран его прототип. Такая конструкция работоспособна и может справляться с задачами, где не требуется высокая скорость и нагрузка на рабочий орган, но требуется точный, легкий и масштабируемый инструмент с низкой стоимостью.

Список литературы

1. Звонцов И.Ф., Иванов К.М., Серебреницкий П.П. Разработка управляющих программ для оборудования с ЧПУ. Учебн. пос., 1-е изд. — СПб.: Издательство “Лань”, 2018.— 588 с;
2. Скарпино М., Василенко И.В., Двигатели для моделистов: руководство по шаговым двигателям, сервоприводам и другим типам электродвигателей.— Диалектика, 2018.— 432 с.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ПЕЛЕНГАЦИЯ

В.Н. Холмогоров, К.А. Порохненко, О.М. Аблавацкий

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной работе демонстрируется возможность определения стороны ультразвукового передатчика относительно приёмника с помощью двух ультразвуковых датчиков. По разности фаз вычисляется угол падения звуковой волны.

Ключевые слова: ультразвук, пеленгация, датчики, разность фаз.

Существует несколько способов ориентации автономных роботов в пространстве с использованием лидаров, камер, инфракрасных датчиков, радиочастотных меток, геолокации, триангуляции, ультразвуковых дальномеров и прочее. При оптических способах требуется постоянно поддерживать датчики чистыми, при радиочастотных – принятие во внимание металлических объектов, от которых будет происходить отражение радиоволн.

Исходя из совокупности данных ограничений, в некоторых случаях целесообразно использовать определение положения цели с использованием ультразвука.

Данная работа представляет собой определение угла отклонения ультразвукового передатчика при помощи двух датчиков на основе задержки распространения волны.

Расстояние между ультразвуковыми датчиками b (Рис. 1) не должно превышать длину звуковой волны, иначе при разных углах сдвиг фаз будет одинаков и возникнет неопределённость определения направления.

Расчёт длины волны при частоте f = 40 кГц и скорости звука в сухом воздухе при 20 °C v = 343 м/с:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{343}{40000} = 8{,}575 \text{ мм}$$

Максимальное время прохождения волны между датчиками будет составлять один период, или $T = 1/f = 1/40000 = 25$ мкс, чего достаточно для только примерного определения угла микроконтроллером со стандартной тактовой частотой 4 МГц.

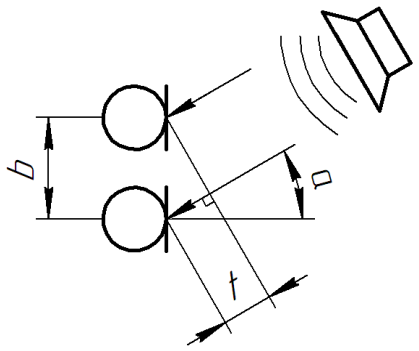


Рис. 1. Схема работы

Зная расстояние b между датчиками, скорость звука v и время t между приёмом фронта звуковой волны, можно вычислить угол a направления передатчика.

$$\cos(90° - a) = \frac{v * t}{b}$$

откуда

$$a = \arcsin\left(\frac{v * t}{b}\right)$$

Теоретическая разрешающая способность при работе микроконтроллера на частоте 20 МГц ($t_{машинного\ цикла}$ = 1 / (20*10^6 / 4) = 0,2 мкс) и расстоянии между датчиками 8 мм будет составлять

$$a = \arcsin\left(\frac{v * t}{b}\right) = \arcsin\left(\frac{343 * 2 * 10^{-6}}{0{,}008}\right) = 4{,}92°$$

Далее приводится электрическая схема подключения ультразвуковых датчиков к микроконтроллеру.

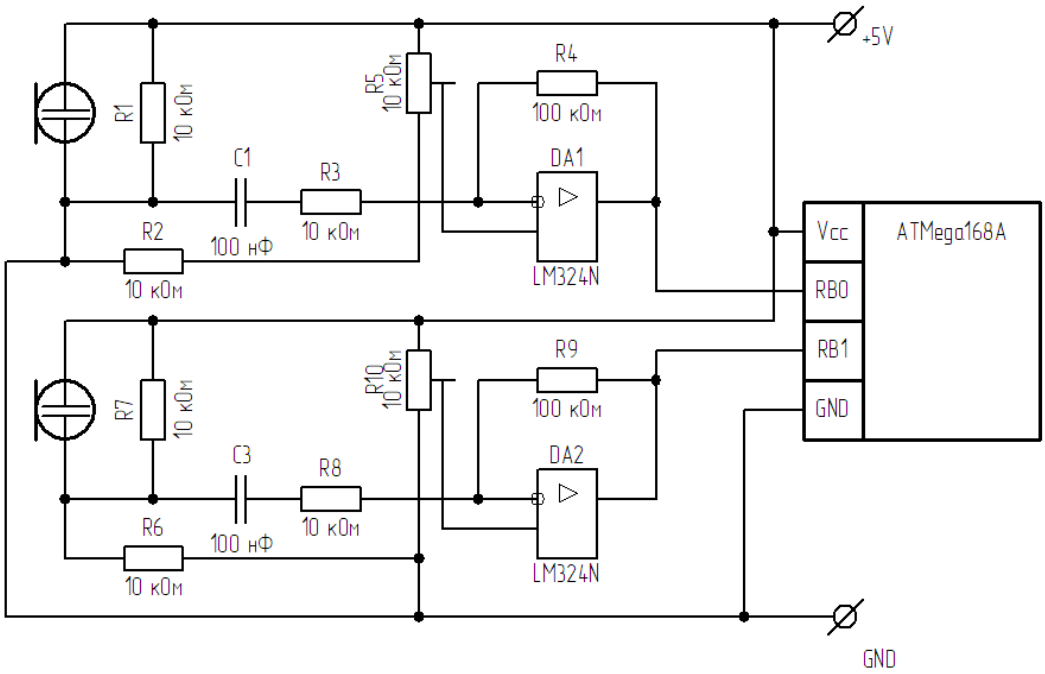


Рис. 2. Электрическая схема приёмника

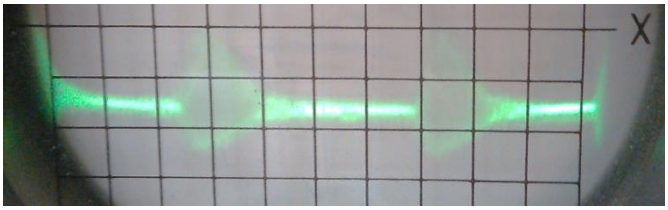


Рис. 3. Осциллограмма на входе микроконтроллера

В ходе экспериментов удалось добиться, чтобы абсолютная погрешность составляла не более 20°.

Список литературы

1. URL: http://we.easyelectronics.ru/AVR/zapis-zvuka.html (дата обращения: 9.04.2019);
2. URL: http://robocraft.ru/blog/projects/3818.html (дата обращения: 15.04.2019);
2. URL: http://forum.amperka.ru/threads/analog-microphone-arduino.402/ (дата обращения: 15.04.2019);

ЭЛЕКТРОПРИВОД, АВТОМАТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРЕВА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

И.В. Васин, М.А. Логинов, А. Темирбеков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Целью статьи является описание способа упрощенного представления процессов охлаждения и нагрева двигателя и моделирование данного способа в программе Matlab. Процессы нагрева и охлаждения в двигателе в этом случае описываются системой дифференциальных уравнений второго порядка. Сутью данной модели является то, что, задавая характеристики изменения нагрузки во времени на входе, на выходе имеем кривую изменения температуры меди обмоток или стали статора.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, температурный коэффициент, моделирование.

При эксплуатации электрических машин большое значение имеют тепловые потери. В особенности при частых запусках двигателя, при работе в заторможённом состоянии и при перегрузках по току и напряжению.

Инертность, является одной из особенностей тепловых переходных процессов в электрических машинах. Она проявляется в отставании изменения температуры от электромеханических переходных процессов. Из-за этого, машины могут выдерживать воздействия перегрузок в течении длительного времени.

На долговечность электрических машин влияет их повышенная температура, что сказывается на работе подшипников и т.д. Правило Монтзингера гласит, что повышение температуры на 8–10 ^{0}С сокращает срок службы изоляции в два раза [2].

Рассмотрим температуру электродвигателя при длительном режиме работы [1] (рис.1).

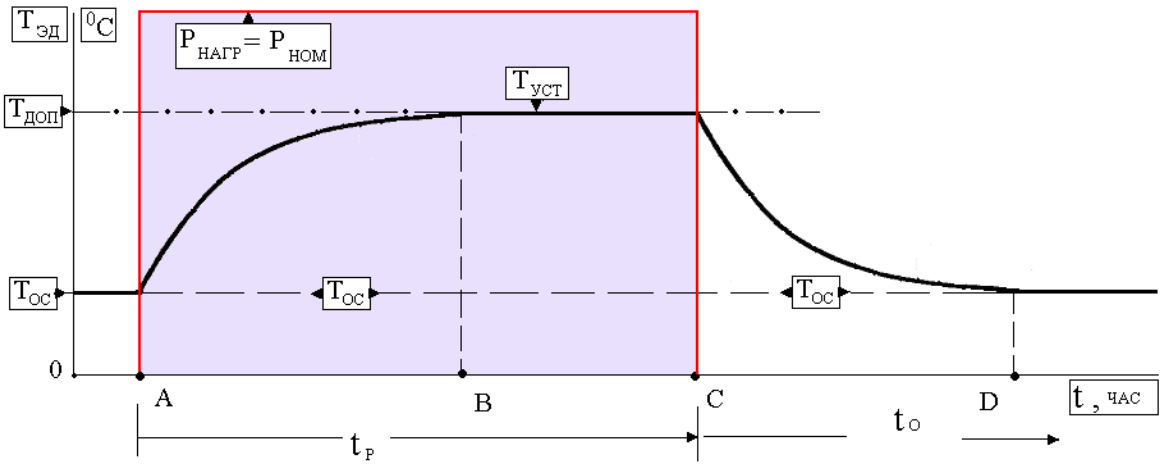


Рис.1. Нагрузочная диаграмма и график зависимости температуры электродвигателя при длительном режиме работы с постоянной номинальной нагрузкой

На рисунке 1 точке А соответствует включение нагрузки $P_{НАГР} = P_{НОМ}$; точка В – установление теплового равновесия при $T_{УСТ}$ = const; момент времени, соответствующий точке С - отключение нагрузки $P_{НАГР} = 0$; точка D - установление теплового равновесия при

$T_{ЭД} = T_{ОС}$; $t_р$- продолжительность работы двигателя с нагрузкой; $t_о$ - продолжительность останова двигателя.

Суть модели заключается в том, что, задавая характеристики изменения нагрузки во времени на входе, на выходе имеем кривую изменения температуры меди обмоток или стали статора.

Для решения поставленной задачи можно представить двигатель двумя коаксиальными цилиндрами. Внешний цилиндр представляет сталь сердечника статора, внутренний – медь обмоток статора. Процессы нагрева и охлаждения в двигателе в этом случае описываются системой дифференциальных уравнений второго порядка. Коэффициенты теплоотдачи можно определить путем преобразования эквивалентной тепловой схемы асинхронного двигателя. Преобразование тепловой схемы выполнялось для стационарного режима, так как коэффициенты теплоотдачи в переходном и стационарном режимах одинаковы [3]. Для создания модели при нагреве АД, можно использовать такие программные пакеты как Matlab или SimInTech.

Пример модели в программном пакете MatLab [4] представлен на рисунке 2.

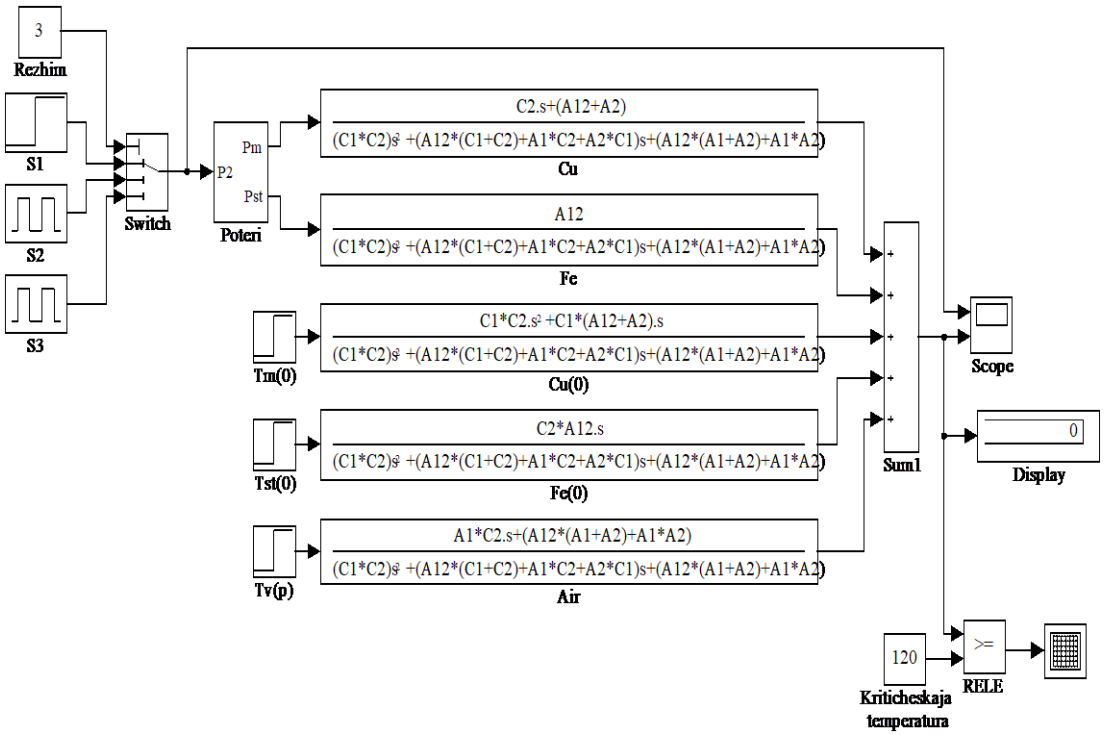


Рис. 6. Структурная схема модели для определения температуры меди

Назначения блоков:

- «S1», «S2» и «S3» моделируют различные режимы нагрузки двигателя;
- «Switch» служит для выбора одного из режимов «S1», «S2» или «S3»;
- «Rezhim» - источник постоянного воздействия;
- «Poteri» - представляет собой подсистему, рассчитывающую потери в двигателе в зависимости от нагрузки;
- «Tm(0)» и «Tst(0)» служат для задания начальных температур меди и стали;
- «Tv» задает значение температуры окружающего воздуха;

- в «Cu», «Fe», «Cu(0)», «Fe(0)» и «Air» входят температурные коэффициенты, отражающие вклад каждой задаваемой величины в нагрев обмотки;

- «Kriticheskaja temperatura» и «RELE» моделируют работу теплового реле.

Рассмотрим развёрнутую схему подсистемы «Poteri» (рис.3).

Схема подсистемы «Poteri» состоит из 20 блоков: «P2», «KPD», «cos(fi)», «Tok statora», «Poteri v medi», «Tok rotora», «Poteri v rotore», «Summarnye poteri», «Dobavochnye poteri», «Mehanicheskie poteri», «Ground», «Relational operator», «Product1», «Sum3», «Sum4», «Sum5», «Gain1», «Gain2», «Pm», «Pst».

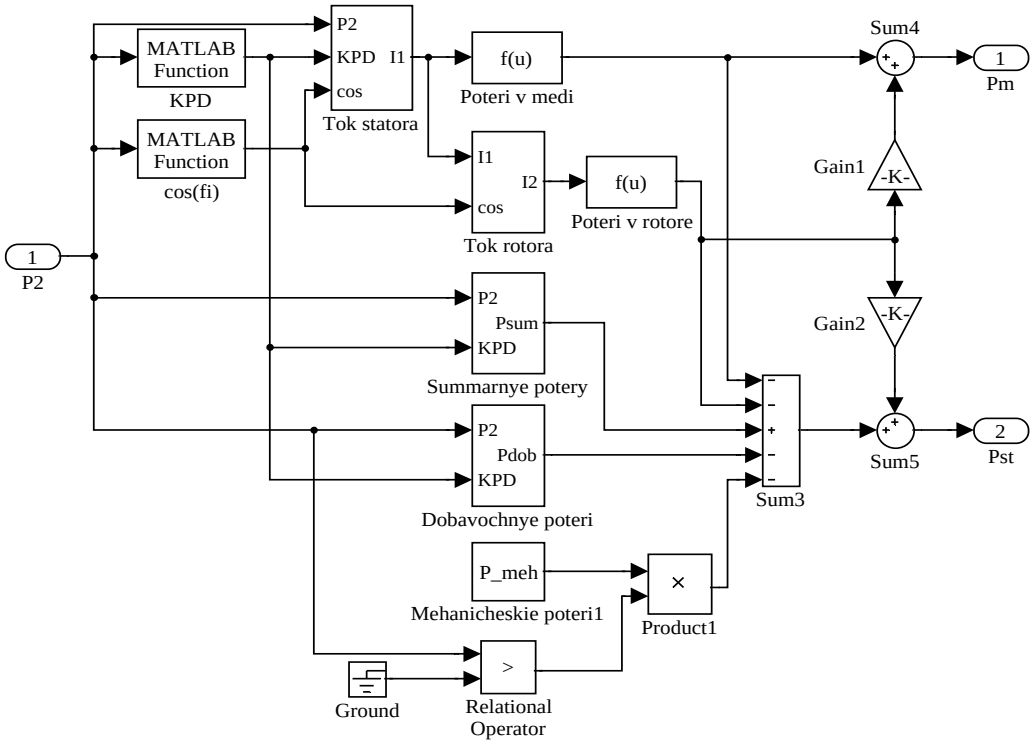


Рис. 7. Развернутая схема подсистемы «Poteri»

Таким образом, для создания модели нагрева АД, требуется: использование фундаментальных законов теплопередачи; рассмотрение методов расчёта существующих моделей; выбор и определение параметров тепловой модели; расчет всех необходимых параметров для модели; непосредственная реализация тепловой модели АД в одном из программных пакетов (например, MatLab или SimInTech); моделирование процессов нагрева и охлаждения АД в различных режимах работы.

Список литературы

1. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 346 с;
2. Филиппов И.Ф. Теплообмен в электрических машинах. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 256 с;
3. Ключев В.И. Теория электропривода. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 560 с;
4. Беспалов В.Я., Мощинский Ю.А., Цуканов В.И. Упрощенная математическая модель нестационарного нагрева и охлаждения обмотки статора асинхронного двигателя. // Электричество. – 2003. – №4. – С. 20–26;

ОБ УЧЕТЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕТРОЭНЕРГИИ ОТ ТОКОВ УТЕЧКИ НА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В.А. Иванов, И.В. Брейдо

Карагандинский государственный технический университет

Аннотация. Работа посвящена анализу и обоснованности существующей методике расчета потерь электроэнергии от протекания токов утечки в высоковольтных изоляторах воздушных линий электропередачи (ВЛ).

Ключевые слова: воздушные линии электропередач, высоковольтные изоляторы, ток утечки, потери электроэнергии

Потери электроэнергии при ее транспортировке от мест производства до мест потребления являются одним из важных технико-экономических показателей электрических сетей.

Разработка методов расчета, анализа потерь электроэнергии и выбора экономически обоснованных мероприятий по их снижению ведется уже более 30 лет. В последнее время особое внимание уделяется разработке методик нормирования потерь.

В настоящее время принята следующая структура потерь (рис. 1). [1]

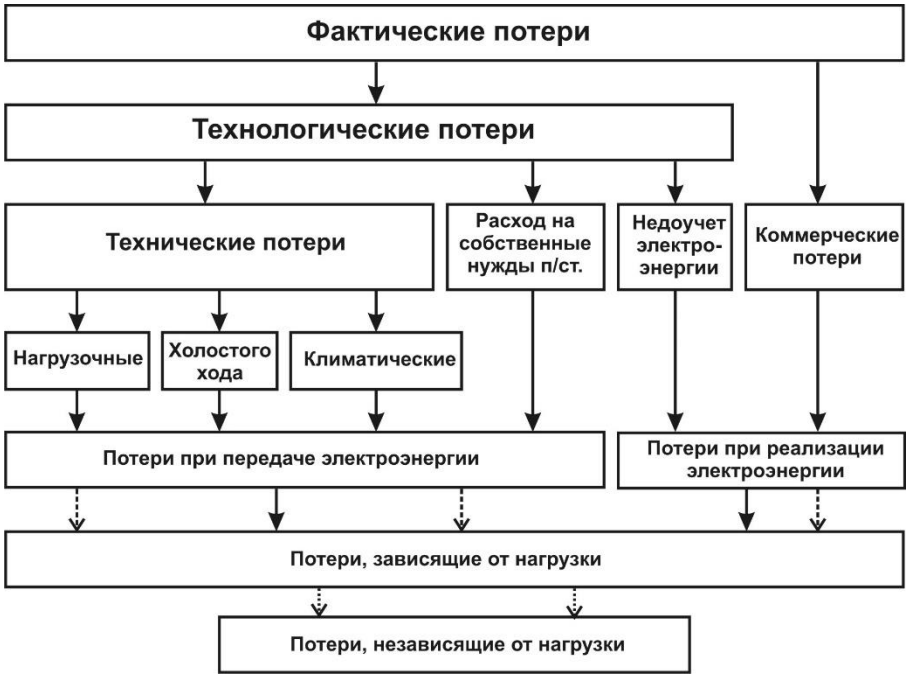


Рис. 1 – Структура фактических потерь электроэнергии

Согласно, приведенной классификации существуют составляющие потерь, значение которых определяется характером (видом) погоды (климатические потери). К потерям электроэнергии в воздушных высоковольтных линиях электропередачи (ВЛ) зависящим от погодных условий относят потери от токов утечки и потери на «корону».

Потери электроэнергии в сетях из-за токов утечки по изоляторам ВЛ обусловлены тем, что увлажнение загрязненного изолятора создает на его поверхности проводящую среду (электролит); это приводит к существенному возрастанию тока утечки. Такие потери

происходят в основном во время влажной погоды (туман, роса, моросящие дожди). При интенсивном дожде загрязнения частично смываются. Токи утечки, как и токи короны, имеют чисто активный характер и поэтому являются прямой составляющей потерь электроэнергии

Потери на «корону» и от токов утечки исследовались с целью обоснования технической возможности применения (с учетом помех радиосвязи и других проблем электромагнитной совместимости) и экономической конкурентоспособности линий электропередачи сверхвысоких и ультравысоких напряжений [2, 3]. И в той, и другой области исследованиям подвергались критические ситуации. Существуют, например, исследования токов утечки в условиях чрезмерного загрязнения изоляторов в предразрядных ситуациях, однако практически невозможно обнаружить экспериментальные данные по токам утечки в режимах, отличающихся от критических ситуаций [3]. С точки зрения требований к изоляции более легкие условия не представляли интереса для исследователей

Такие потери в настоящее время не могут быть измерены, их значение возможно определить только расчетным путем.

Мощность потерь от токов утечки выделяющуюся на одном изоляторе можно определить по следующей формуле:

$$P_{ИЗ} = U_{ИЗ} \cdot I_{УТ}, \qquad (1)$$

где $U_{ИЗ}$ – напряжение на изоляторе,

$I_{УТ} = U_{ИЗ} / R_{ИЗ}$ –ток утечки изолятора.

Для расчета по этой формуле необходимо знать сопротивление изолятора $R_{ИЗ}$. в зависимости от видов погоды и при различной степени загрязненности атмосферы (СЗА Всего различают семь степеней загрязненности атмосферы. [4]

Приводимые в литературе данные значительно различаются и не дают однозначной картины, а также в них отсутствует привязка к СЗА. [2, 3]

Так, например, в [5] приводится методика согласно которой сопротивление изолятора меняется от 55 кОм (седьмой уровень СЗА) до 1345 кОм (первый уровень СЗА).

Токи утечки для ВЛ-500 при этом составят (для первого и седьмого уровней СЗА соответственно):

$$I_{УТ(1)} = \frac{U_{ИЗ}}{R_{ИЗ}} = \frac{11{,}6 \cdot 10^3}{1345 \cdot 10^3} = 8{,}6 \cdot 10^{-3}, \text{ А}$$

$$I_{УТ(7)} = \frac{U_{ИЗ}}{R_{ИЗ}} = \frac{4{,}9 \cdot 10^3}{55 \cdot 10^3} = 89 \cdot 10^{-3}, \text{ А}$$

Потери электроэнергии от токов утечки по изоляторам ВЛ можно определить, как: [5]

$$\Delta W_{ИЗ} = \frac{U_{НОМ}^2}{3 R_{ИЗ} N_{ИЗ}} T \cdot N_{ГИР} \cdot 10^{-3}, \text{ тыс. кВт·ч} \qquad (2)$$

где $U_{НОМ}$ – номинальное напряжение линии;

$N_{ИЗ}$ – число изоляторов в фазе;

T – длительность расчетного интервала;

$N_{ГИР}$ – количество гирлянд изоляторов.

Определим, согласно формуле (2) годовые потери электроэнергии в ВЛ–500кВ от токов утечки, приходящиеся на гирлянду изоляторов ($N_{из}$ = 27), расположенной в районе со вторым уровнем СЗА (районы со слабозасоленными почвами и сельскохозяйственные

районы, в которых применяют химические удобрения и химическую обработку посевов). общая продолжительность периода моросящих дождей Т = 307 ч. (3,5 % времени) [1].

Исходя из этого, потери мощности в гирлянде изоляторов составят:

$$\Delta W_{ГИР} = \frac{500^2}{3 \cdot 1130 \cdot 27} 307 \cdot 10^{-3} = 838 \text{ кВт·ч.}$$

Тогда, принимая количество гирлянд изоляторов $N_{ГИР}$ = 9,8 с учетом 10% доли анкерных опор, приходящихся на километр, потери электроэнергии от токов утечки для ВЛ-500 кВ протяженностью 3000 км составят:

$$\Delta W_{УТ} = \Delta W_{ГИР} N_{ГИР} l_{Л} = 838 \cdot 9{,}8 \cdot 3000 = 24637 \text{ тыс. кВт·ч.}$$

Таким образом, предлагаемая в настоящий момент в [1, 5] методика расчета потерь электроэнергии из-за токов утечки по изоляторам ВЛ предполагает, что значение сопротивления изолятора в период увлажнения остается неизменным. Такое допущение представляется недостаточно обоснованным, т.к. не отражает полностью электрофизические процессы, происходящие при увлажнении загрязненной изоляции.

Кроме того, ток утечки зависит не только от степени загрязнения поверхности изолятора, то есть от степени загрязнения атмосферы или согласно седьмого издания ПУЭ от степени загрязнения (СЗ) [4], но и в значительной степени от вида и интенсивности увлажнения, что никак не учитывается в рассматриваемой методике расчета. Также в методике не учитывается пространственное распределение увлажняющих метеоявлений. Так, например, в [6], рассмотрен гак называемый коэффициент распределенности метеоявлений ($К_{р.м.}$). показывающий какая часть трассы ВЛ охвачена данным метеоявлением.

Поэтому, использовать расчеты тока утечки без учета этих процессов, представляется ошибочным.

Исходя из этого, возникает необходимость измерения реальных токов утечки в процессе эксплуатации, непосредственно на ВЛЭП, что позволит более точно определять технические потери, так как ток утечки зависит не только от степени загрязнения поверхности изоляторов, но и в значительной степени от вида и интенсивности увлажнения, что никак не учитывается в расчетном способе определения потерь электроэнергии от токов утечки по изоляторам воздушных линий электропередачи. Кроме этого, измерение тока утечки позволит осуществить текущий контроль изоляционной прочности изоляции и степени ее загрязнения для своевременного принятия мер по приведению ее в нормальное состояние или решений о возможности дальнейшей эксплуатации, а также получить ответы на многие, пока неясные и недоказанные положения по применяемым расчетам [7, 8, 9].

Список литературы

1. Железко Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов - М.: ЭНАС, 2009. - 456 с;
2. Александров Г.Н., Иванов В.Л., Кизеветтер В.Е. Электрическая прочность наружной высоковольтной изоляции. - М.: Энергия, Лен. отд., 1969;
3. Новиков А.А, Левшунов Р. Т., Храмов Л. Ф. Токи утечки по загрязненным изоляторам // В сб. Перенапряжения и изоляция высокого и сверхвысокого напряжения: Тр. СибНИИЭ. Вып. 25. -М: Энергия, 1974;
4. Правила устройства электроустановок. Изд. 7-е: утв. М-вом энергетики Рос. Федерации 20.05.03 № 187: ввод в действие с 01.10.03. - М.: НЦ ЭНАС, 2003. - 457 с;
5. Железко Ю.С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях: Руководство для практических расчетов / Ю.С. Железко, А.В. Артемьев, О.В. Савченко. - М.: НЦ ЭНАС, 2004. - 280 с;
6. Орлова Н. И., Ментюкова А. М. О коэффициенте распределенности опасных метеоявлений вдоль трасс ВЛ, проходящих в районах с различными природными условиями // "Повышение надежности работы изоляции

линий и электрооборудования высокого напряжения": Тезисы докл. респ. науч.-техн. конф. – Ташкент: 1986. – С.31 – 37;
7. Плешков П.Г., Котыш А.И. Диагностика состояния опорных изоляторов 10-35 кВ по их токам утечки// Материалы докладов IV Всероссийской научно-технической конференции «Ограничение перенапряжений. Режимы заземления нейтрали. Электрооборудование сетей 6-35 кВ». – Новосибирск: 2006;
8. Иванов В.А., Каверин В.В. Диагностика состояния изоляции высоковольтных изоляторов по величине тока утечки. // ТРУДЫ Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №8) 23 – 24 июня 2016 г. Часть 4. – Караганда: Изд-во КарГТУ;
9. Radu Munteanu, Israel Electric. «Using Leakage Current Monitoring Instruments for Pollution Monitoring on Overhead Lines»// World Congress & Exhibition on Insulators Arresters & Bushings. Honkong, 2005.

ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА SHOLKOR В КАЧЕСТВЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭНЕРГИИ В ВОЛНОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

К.С. Шоланов, Ж.Р. Исаева

Карагандинский государственный технический университет

Аннотация. В статье дается обоснование применения параллельного манипулятора SHOLKOR в подводной поплавковой волновой электростанции (ПВлЭС) для преобразования энергии водной массы в механическую энергию поступательных движений.

Ключевые слова: волновая электростанция, параллельный манипулятор, поплавок, актуатор.

В волновой электростанции процесс преобразования энергии волн в электрическую энергию происходит в 2 этапа: на первом этапе выполняется преобразование энергии волн в «организованную» механическую энергию; на втором этапе - отбора мощности, механическая энергия известными способами преобразуется в электрическую энергию.

При этом технология извлечения и преобразования энергии движения водной массы на первом этапе является определяющим показателем эффективности ПВлЭС. Теория преобразования энергии волн, применяемые технологии и устройства ПВлЭС описаны, например, в работах [1,2]. Однако успешному развитию волновой энергетики и её широкому применению препятствуют ряд проблем, существенными из которых являются низкая производительность волновых электростанций и их предрасположенность к разрушениям от динамики волн и коррозии. Настоящая статья направлена на решение некоторых аспектов этих проблем.

В статье предлагается применять в ПВлЭС параллельный манипулятор в качестве первичного преобразователя и управляемый эллипсоидный поплавок с аэродинамическим профилем в сечении.

1. Обоснование конструкции ПВлЭС

Известно, что первичные преобразователи существующих ПВлЭС используют перемещение водной массы только в вертикальном направлении, преобразуя их в одно или три поступательных движений. Однако при волнениях водные массы совершают сложные пространственные движения. Например, согласно трехоидальной теории волн [3] перемещение водных частиц происходит по круговой орбите, параметры которой определяются параметрами волны. Кроме того известно, что радиус орбиты на нижней границе поверхности воды равна $r_0 = H/2$, где H- высота волны. С изменением расстояния

(h) от поверхности вниз, радиус орбиты движения водных частиц (r) уменьшается по экспоненциальному закону.

$$r = r_0 e^{-2\pi h/\lambda}, \tag{1}$$

Здесь λ - длина волны.

Плоскость замкнутой орбиты располагается вертикально к поверхности воды перпендикулярно гребню волн. Так как направление распространения волн с течением времени может изменяться, то изменяется и положение плоскости замкнутой орбиты. Если расположить поплавок ПВлЭС под водой, то он будет захватываться водной массой движущейся по замкнутой орбите. Фактически поплавок движется по пространственной замкнутой траектории, совершая плоскопараллельное движение в различных направлениях, что в общем представляет пространственные движения с шестью степенями свободы. В этом случае расширяются функции первичного преобразователя: он должен преобразовать пространственные движения поплавка в «организованные» механические движения.

1.1. Выбор манипуляторного преобразователя

Чтобы преобразовать энергию всех пространственных движений поплавка в «организованную» механическую энергию, в качестве первичного преобразователя выбран шестиподвижный параллельный манипулятор. Из 6-подвижных манипуляторов большой несущей способность обладают параллельные манипуляторы Гофа-Стюарта [4] и SHOLKOR [5], в которых верхнюю платформу можно жестко связать с поплавком.

а) *б)*

Рис. 1. Манипуляторы латформенных роботов

Для того, чтобы выбрать один из этих параллельных манипуляторов в качестве манипуляторного преобразователя, были изготовлены их модели. На рисунке 1, *а* показана модель манипулятора платформы SHOLKOR, а на рисунке 1, *b* –платформы Гофа-Стюарта. В этих моделях нижняя платформа 1 соединена с верхней платформой 2 с помощью шести актуаторов 3. Модели отличаются друг от друга схемой взаимосоединения актуаторов. Сравнительный анализ моделей (рис.1) показал, что манипулятор SHOLKOR имеет ряд преимуществ по сравнению с манипулятором Гофа-Стюарта. Ниже перечислены эти преимущества.

Преимущества манипулятора платформы SHOLKOR

- Каждый из шести актуаторов может двигаться независимо друг от друга. Например, можно изменить длину одного актуатора, не изменяя длин других актуаторов.
- Изменяя заданным образом длины определенной совокупности актуаторов можно получить любое требуемое пространственное положение подвижной платформы или простейшие его движения относительно нижней.
- Каждому пространственному положению подвижной платформы соответствуют определенные длины актуаторов. Из этого следует, что можно перемещать подвижную платформу при этом будут однозначно изменяться длины актуаторов.

Кроме того, из анализа кинематики [6] известно, что в параллельном манипуляторе SHOLKOR однозначно решается прямая и обратная задача кинематики. В связи с этим в качестве манипуляторного преобразователя для новой ПВлЭС выбран параллельный манипулятор SHOLKOR. При этом, одновременно, для защиты соединении от коррозии в агрессивной среде, много подвижные сферические соединения актуаторов с платформами заменены на гибкие тросовые соединения [7], как показано на рисунке 1.

Список литературы

1. Crus, J. 2008. Oceanwavesenergy. Berlin, Germany, Springer;
2. AurélienBabarit. 2018. OceanWaveEnergyConversion. Resource, Technologies and Performance, ISTE Press – Elsevier;
3. Безруков Ю. Ф. Океанология. Часть II. Динамические явления и процессы в океане.- Симферополь, 2006. – 123 с;
4. Stewart D. A platform with six degrees of freedom // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. London.- 1965. Vol.180, № 15.- P.371-385;
5. K.SholanovPlatform robot manipulator. WO/2015/016692. 05.02.2015;
6. Sholanov K.S. Abzhaparov K.A., ZhumashevaZh.T., Ceccarelli M. A new parallel manipulator hydraulically actuated International Journal of Mechanics and Control, Vol. 17, No. 01, 2016, pp 49-57;
7. K.S. Sholanov. Power plants (variants) on the basis of parallel manipulator WO/2018/147716, 16.08.2018.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ПАРУСОМ ТОРОИДАЛЬНОЙ ФОРМЫ

К.С. Шоланов, А.Б. Кабанбаев

Карагандинский государственный технический университет

Аннотация. В данной статье представлены некоторые зависимости от скорости ветра аэродинамических параметров ветроэнергетической установки (ВЭУ). Рассмотрены опытные образцы парусов наружным диаметром 40 см, 45 см, 50 см, но одинаковой формы, которая была исследована в аэродинамической трубе. Приведены полученные в ходе экспериментальных исследований сравнительные графики зависимости аэродинамических характеристик парусов от их размеров. Полученные зависимости могут быть использованы при инженерных расчетах ветроэнергетических установок парусного типа.

Ключевые слова: парус, ветроэнергетическая установка, парус тороидальной формы, подъемная сила, лобовое сопротивление

С географической и метеорологической точки зрения Казахстан является благоприятной страной для крупномасштабного использования ветроэнергетики. Перспективы использования ветроэнергетики Казахстана определяются наличием соответствующих ветроэнергетических ресурсов. Порядка 50% территории Казахстана имеет среднегодовую скорость ветра 4-5 м/с, а ряд районов имеет скорость ветра 6 м/с и

более, что предопределяет очень хорошие перспективы для использования ветроэнергетики [1].

Ветроэнергетика рассматривается не только как экологически «чистый» источник энергии, ее развитие также поддерживает энергетическую безопасность и снижает зависимость электроэнергии от цен на топливо. Использование ветроэнергетических установок (ВЭУ) наиболее привлекательно, так как не нарушается природный баланс энергии на планете и является безотходной, экологически чистой технологией производства энергии. Обзор существующих технологий по ветроэнергетике показывает, что в настоящее время наибольшее распространение получили ВЭУ, рабочим органом (РО) которых являются лопасти ротора турбины, движущиеся под действием подъемных сил ветра в турбинных ветровых электростанциях. Основной проблемой турбинных ВЭУ является непредсказуемость скорости и порывов ветра в короткие отрезки времени, а также небольшой рабочий диапазон скоростей ветра. Это ограничивает возможности и эффективность их применение в условиях Казахстана [2].

Поэтому особый интерес представляет ВЭУ с рабочим органом в виде паруса тороидальной формы, которые могут эффективно работать при значениях скорости ветра 1,5 - 2 м/с [3]. Для определения эффективности таких ВЭУ необходимо изучение аэродинамических характеристик РО. Решение данной задачи является актуальным так как это позволит реализовать массовое внедрение ВЭУ с парусом тороидальной формы.

Целью данной работы является исследование аэродинамических характеристик паруса тороидальной формы с подобными аэродинамическим профилем сечения, но разными геометрическими размерами.

Для обоснования функциональных возможностей ВЭУ с парусным РО разработан и создан экспериментальный макет [4]. На рисунке 1 приведен общий вид и описание основных функциональных элементов модели ВЭУ.

1-неподвижная нижняя платформа, 2 - шток-цилиндр, 3 – электрогенератор, 4 - манипуляторный преобразователь, 5 – парус, 6 – микроамперметр

Рис.1. Демонстрационная модель ветровой электростанции с парусным рабочим органом

Манипуляторный преобразователь SHOLKOR в действующей модели (рисунок 1) работает на использовании обратного эффекта: верхняя платформа с парусом движется вместе с воздушной массой и приводит в движение телескопические соединения, которые создают поступательные движения для генерации электрической энергии [5]. Принцип работы ветровой электростанции: к подвижной платформе 4 манипулятора жестко крепится

рабочее тело электростанции – парус 5. К каждому штоку телескопического соединения (шток-цилиндр) 2 присоединяется ротор линейного электрогенератора 3, генерирующего электрический ток. Таким образом, парус захватывает кинетическую энергию воздушной массы, а манипулятор преобразует эту энергию в механическую энергию поступательных движений шести штоков относительно цилиндров. Платформа с парусом возвращается в исходное положение после порыва ветра под действием упругих тел. Далее механическая энергия поступательных движений известными способами преобразуется в электрическую энергию. Для регистрации электрического тока в модели используются микроамперметры 6.

Экспериментальные исследования парусов тороидальной формы проводились в лаборатории Аэродинамические измерения в Карагандинском государственом университете им. Е.А. Букетова (Казахстан) на аэродинамической трубе Т-1-М. Сила лобового сопротивления и подъемная сила измерялись на аэродинамических весах.

На рисунке 2 показан профиль сечения РО тороидальной формы (паруса).

Рис.2. Полое тело тороидальной формы с аэродинамическим профилем сечения (парус)

Модель паруса изготовлен из пенопласта и обработан до получения гладкой поверхности для улучшения аэродинамических показателей. В ходе эксперимента были исследованы три однотипных паруса разного диаметра: 40, 45 и 50 см.

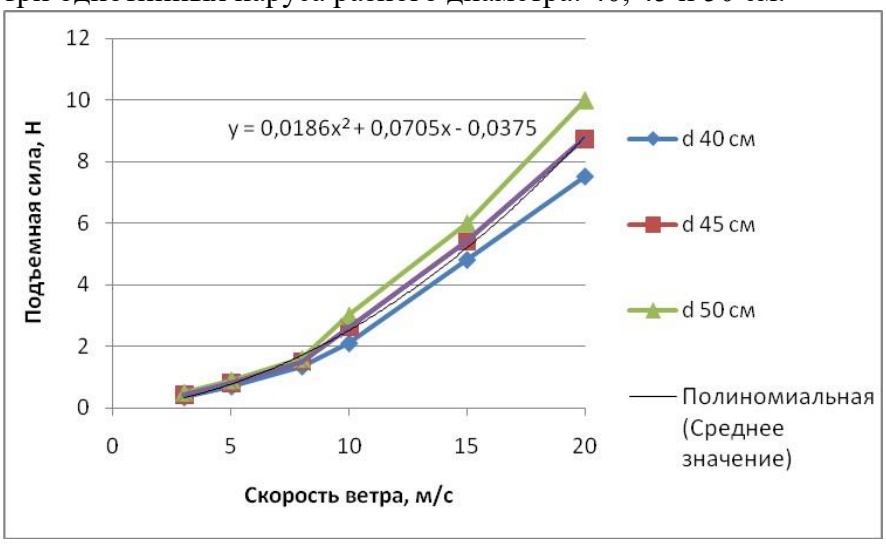


Рис. 3. Зависимость подъемной силы от скорости ветра для паруса диаметров 40 см, 45 см, 50 см, при угле атаки 0 градусов

Вследствие особенности определения силовых воздействий на поверхность тороида, расчетные величины силы сопротивления и подъемной силы могут быть вычисены исходя из следующих выражений 1, 2.

$$F_y = C_y \frac{\rho V^2}{2} S \qquad (1)$$

$$F_x = C_x \frac{\rho V^2}{2} S \qquad (2)$$

где F_y, F_y - подъемная сила и сила сопротивления, Н; C_y - коэффициент подъемной силы; C_x - коэффициент лобового сопротивления; ρ - плотность среды, кг/м^3; V - скорость потока, м/с; S - площадь паруса, м^2.

На рисунке 3 и 4 представлены результаты зависимостей аэродинамических сил от скорости воздушного потока ветроэнергетической установки с парусным рабочим органом (угол атаки воздушного потока состовляло 0 градусов).

На основе данных построены зависимости подъемной силы F_y от скорости ветра для паруса диаметров 40 см, 45 см и 50 см (рисунок 3).

Подъемная сила F_y аппроксимируется степенной зависимостью:

$$y = 0{,}0186x^2 + 0{,}0705x - 0{,}0375, \qquad (4)$$

где x – скорость ветра, м/с.

График рисунка 3 показывает изменение подъемной силы паруса от скорости ветра и диаметра паруса: с увеличением скорости ветра подъемная сила увеличивается по квадратичной зависимости.

Исходя из графика, при больших ветрах подъемная сила увеличивается при большем парусе ветроэнергетической установки и, следовательно, увеличивается генерация электроэнергии.

На рисунке 4 отображены зависимости силы лобового сопротивления F_x от скорости ветра для паруса диаметров 40 см, 45 см и 50 см, при угле атаки 0 градусов.

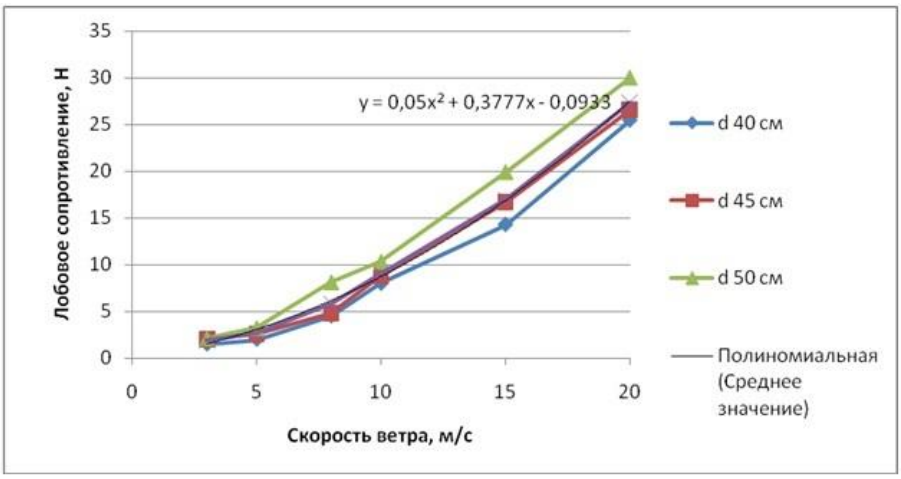


Рис. 4. Зависимость лобового сопротивления от скорости ветра для паруса диаметров 40 см, 45 см, 50 см, при угле атаки 0 градусов

Сила лобового сопротивления F_x аппроксимируется степенной зависимостью:

$$y = 0{,}05x^2 + 0{,}3777x - 0{,}0933, \qquad (5)$$

где x – скорость ветра, м/с.

График рисунка 4 показывает, как меняется лобовое сопротивление паруса разного диаметра от увеличения скорости ветра: чем больше скорость ветра, тем больше увеличивается лобовое сопротивление. Если брать графики на рисунках 3 и 4, то и лобовое сопротивление, и подъемная сила паруса прямо пропорциональны скорости ветра, учитывая, что угол атаки равен 0 градусов.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке ветроэнергетической установки с парусом в виде тороидальной формы с аэродинамическим профилем сечения.

Список литературы

1. Дробинский А.В., Кадкин А.Г. Сравнительная оценка эффективности вертикально - осевых и горизонтально-пропеллерных ветроэнергетических установок // Вест. ИнЕУ. - 2012. - №1. - С. 107-110;
2. Gasch, R., Twele, J. (Hrsg.) Windkraft Langer Grundlagen, Entwurf, Planung und Betrieb // Springer 2016, XXIII, 599 S;
3. Шоланов К.С., Кабанбаев А.Б., Абжапаров К.А. Выбор и расчет параметров ветроэнергетической установки с автоматически управляемым парусным рабочим органом // Вест. КазНИТУ. Технические науки. Алматы. - 2018г. - №4. - С. 127-137;
4. Sholanov K.S.,AbzhaparovK.,.Mirzabaev. B. Justifying and choosing parameters of the wind power installation with an automalically controlled sailing working body. // Journal: Energy Web and Information Technologies, ID: 2266, 2019;
5. Sholanov K.S. // Power plants (variants) on the basis of parallel manipulator/ PCT/KZ 2017/000001, 13.02.2017.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ТЕЛЕЖКИ МОСТОВОГО КРАНА МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Е.И. Кулакова, Д.В. Лисицын, А.А. Калинин

Карагандинский государственный технический университет

Аннотация. Широкое распространение среди грузоподъемных устройств получил мостовой кран, ввиду простоты устройства, работы, как в помещениях, так и на открытой местности, и наличием трех направлений перемещения груза. Основное внимание при эксплуатации мостового крана занимает вопрос о раскачивании груза при его транспортировке. В абсолютном большинстве случаев это происходит при переходных процессах движения тележки или моста, то есть в начале движения или остановки. Для предотвращения и минимизации раскачивания груза при останове тележки была создана имитационная модель в ППП Matlab Simulink с использованием двух типов регуляторов: ПД-и-Fuzzy-регуляторами.

Ключевые слова: мостовой кран, система управления, имитационная модель, регулятор, тележка, раскачивание груза, угол отклонения, скорость тележки.

Грузоподъемные краны – широко распространенный вид повсеместно используемого грузоподъемного устройства, основная задача которого - подъем/опускание и перемещение груза на небольшие расстояния. Отличительной особенностью всех крановых установок является наличие подвижной механической конструкции, предназначенной для установки отдельных механизмов. Широкое распространение получил мостовой кран, ввиду простоты устройства, работы, как в помещениях, так и на открытой местности, и наличием трех направлений перемещения груза. Мостовой кран весьма рационален в использовании, так как благодаря перемещению по крановым путям, расположенным в верхней части цеха, он не занимает полезной площади.

Основное внимание при эксплуатации мостового крана занимает вопрос о раскачивании груза при его транспортировке. Дело в том, что вслед за движением тележки, происходит движение груза, а после ее останова - раскачивание. В абсолютном большинстве случаев это происходит при переходных процессах движения тележки или моста, то есть в начале движения или остановки. Точка подвеса приходит в движение сразу, вместе с тележкой или мостом, в зависимости от направления перемещения груза. Как правило, груз обладает собственной, зачастую немаленькой, массой, моментом инерции и

ускоряется вслед за тележкой с запаздыванием, что приводит к его колебаниям в плоскости движения тележки.

Проблема раскачивания груза при эксплуатации мостового крана является важной проблемой, поскольку четверть всего производственного цикла затрачивается на ожидание прекращения раскачивания груза.

Целью работы является создание имитационной модели системы управления мостовым краном при его эксплуатации. Особое внимание уделено минимизации раскачивания подвешенного груза при перемещении тележки.

Для создания имитационной модели системы управления приводом перемещения мостового крана была создана механическая система подвеса груза (рисунок 1).

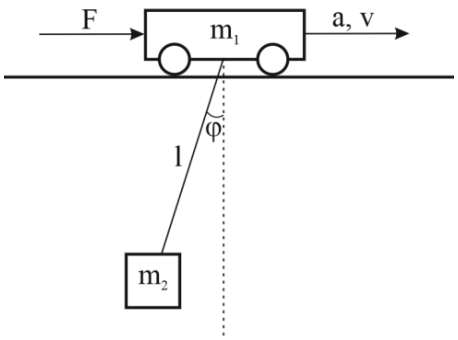


Рис.1. Механическая система подвеса груза

где m_1 и m_2 - масса тележки и масса груза соответственно, l - длина подвеса, F – результирующая сила, приводящая тележку в движение, φ - угол отклонения груза.

Основной задачей систем автоматического управления является самоформирование управляющего сигнала, который, в свою очередь, предназначен для достижения требуемой точности и качества переходного процесса. Так, для устранения существующей проблемы разработаны две системы управления мостовым краном с антираскачиванием: ПД-регулятор – поскольку он представляет собой регулирующее устройство, находящееся в управляющем контуре, основанное на принципе обратной связи, и Fuzzy-регулятор – нечеткий регулятор, построенный на базе нечеткой логики.

Таким образом, была создана имитационная модель системы управления приводом перемещения тележки мостового крана на базе модели механической части мостового крана с отсутствием какого-либо регулятора, с ПД-регулятором, и с Fuzzy-регулятором в ППП Matlab Simulink (рисунок 2).

На вход системы подается сигнал, имитирующий плавный пуск с задатчиком интенсивности – корректирующая скорость тележки. Выходными параметрами являются скорость и угол отклонения груза. В sub-структуре (Model1, Model2, Model3) расписана сама модель движения тележки.

В системе с ПД-регулятором (Кр=1, Кд =0.3) имеется обратная связь по углу отклонения груза, которая имеет зону нечувствительности, и коэффициент обратной связи, оптимизирующий сигнал ошибки.

Fuzzy-регулятор содержит две входные переменные (угол отклонения груза φ и его скорость dφ/dt) и одну выходную (корректирующий сигнал скорости тележки $v_к$). Каждая переменная состоит из трех термов: «min» , «mid» и «max» (минимальная, средняя и максимальная). Работа регулятора основана трех правилах:

1. если φ=max и dφ/dt=max, тогда $v_к$ =max;
2. если φ=min и dφ/dt=min, тогда $v_к$ =min;
3. если φ=mid и dφ/dt=mid, тогда $v_к$ =mid.

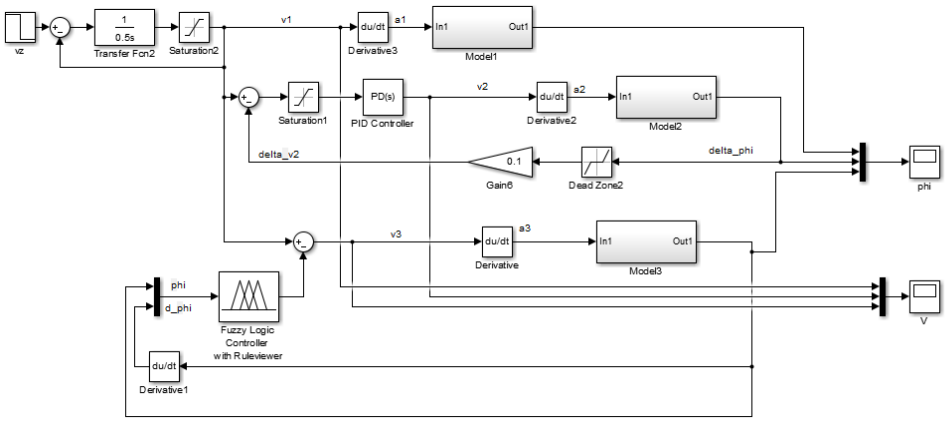


Рис.2. Имитационная модель в ППП Matlab

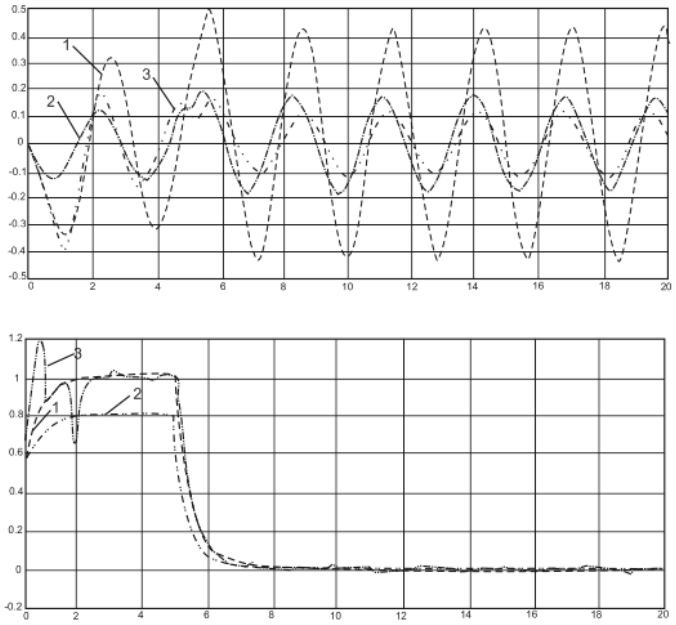


Рис.3. Сравнение графиков отклонения груза (а) и скорости тележки (б) в случае отсутствия регулирования (1), ПД-регулирования (2), Fuzzy-регулирования (3)

Результаты получнной имитационной модели системы управления приводом перемещения тележки мостового крана, а также полученных характеристик (рисунок 3) было установлено, что оба вида регулирования: ПД-и-Fuzzy-регулирование существенно снижают амплитуду колебаний груза. При этом для Fuzzy-регулирования скорость тележки ближе к номинальной, но возникают высокочастотные колебания, которые можно устранить, увеличив число термов входных и выходной переменных.

Список литературы

1. В.Ю. Кухарь. Подъемно-транспортные машины // Лекция№2 кафедра горных машин и инжиниринга, 2015.11с;

2. Л.Б. Масандилов. Электропривод подъемных кранов // Учебное пособие по курсу «Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов. Москва: Изд-во МЭИ, 2008.100с;
3. В.В. Круглов, М.И.Дли, Р.Ю. Голунов. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. Москва: Изд-во Физматлит, 2001.221с.

ПРОПУСК РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ ВИБРАЦИОННОГО ГРОХОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ MITSUBISHI

В.О. Куликов, И.В. Брейдо

Карагандинский государственный технический университет

Аннотация. В данной статье рассмотрен вопрос модернизации системы автоматического управления вибрационного грохота на примере грохота JOST SWE 3600x7000, входящего в состав комплекса тонкого дробления дробильного корпуса Нурказганской обогатительной фабрики Тельмановского района Карагандинской области, посредством внедрения частотно-регулируемого привода, с дальнейшим экспериментальным программным определением резонансных частот и их последующим пропуском, аппаратно реализуемым с помощью функций используемого преобразователя частоты Mitsubishi Electric FR серии A800.

Ключевые слова: преобразователь частоты, резонансная частота, вибрационный грохот, пропуск резонансных частот

В условиях активного функционирования горнодобывающей промышленности, работы обогатительных фабрик и промышленных предприятий по переработке полезных ископаемых на территории Казахстана (Корпорация «Казахмыс»: ПО «Карагандацветмет», ПО «Балхашцветмет», ТОО «Востокцветмет», «Kaz Minerals», ТОО «Алтайполиметаллы» и др.) особо актуальной является задача промышленной автоматизации именно в этих сферах.

Большой интерес представляет применение автоматизации в комплексах рудоподготовки, то есть циклах операций по дроблению, грохочению, измельчению и классификации руды.

В настоящее время процесс разделения кусковых и сыпучих материалов, а также твёрдой фазы пульп и суспензий на продукты различной крупности с помощью просеивающих поверхностей с калиброванными отверстиями, традиционно называемый грохочением, является весьма распространённым на всех без исключения предприятиях, добывающих и перерабатывающих минеральное сырье. [1]

Вибрационный эксцентриковый грохот JOST SWE 3600x7000 – машина с электроприводом, предназначенная для сортировки (грохочения) сыпучих материалов путём их просеивания через резиновые сита (решёта).

Принцип работы грохота заключается в том, что под действием вращающихся неуравновешенных масс короб грохота совершает круговые колебания с заданной частотой и амплитудой. Материал под действием вибрации равномерно распределяется по поверхности сита и далее транспортируется вдоль короба, разделяясь на подрешётный и надрешётный продукты.

Рабочие органы вибрационного грохота – сита жёстко закреплены в коробе, которому сообщаются периодические колебания, в результате чего и происходит перемещение и встряхивание сортируемого материала, просеивание его через ячейки сит, т.е. разделение на фракции по крупности.

Грохот является крайним звеном тонкого дробления, и в то же время элементом цикла по возврату недоизмельчённого продукта на предыдущие стадии дробления.

Технические характеристики грохота связываются, в первую очередь, с производительностью, наибольшим размером кусков материала для грохочения, количеством ярусов и размером поверхности просеивания. Однако потенциальные возможности процесса грохочения проявляются наиболее отчётливо, если рассматривать грохот в качестве элемента неразрывной технологической цепи «дробление-классификация», решая задачу повышения её технико-экономических показателей за счёт управления процессом грохочения фракционируемого материала. [2] Поэтому вопрос о целесообразности автоматизации данного объекта даже не поднимается, и неотъемлемым элементом вибрационного грохота, повышающим эффективность его работы, несомненно, является система его автоматического управления, которая стала более эффективной после проведения её модернизации, в частности, с внедрением частотно-регулируемого привода.

Немаловажным фактором, способным благоприятно повлиять на работу оборудования, также является определение резонансных частот вибрационного грохота, их исследование с целью оценки влияния на процесс грохочения и выяснение возможности их исключения.

Амплитуду колебаний короба грохота можно регулировать изменением массы дебалансных грузов – эксцентриков или радиуса их вращения. Если масса короба по каким-либо причинам увеличилась против расчётной (увеличение нагрузки), то при неизменной массе дебалансов и том же радиусе их вращения амплитуда должна уменьшиться. Поэтому при перегрузках грохота амплитуда колебаний короба уменьшается, колебания затухают и эффективность грохочения ухудшается. При уменьшении нагрузки амплитуда колебаний увеличивается. В этом случае эффективность грохочения может также ухудшиться вследствие свободного и быстрого скатывания по ситу отдельных зёрен грохотимого материала - перелёт через отверстия сита и т. п. [3]

С целью адаптирования работы двигателя под изменения нагрузки грохота целесообразным является применение частотно-регулируемого привода с возможностью проведения автонастройки двигателя.

К настоящему моменту проведена модернизация системы управления грохота, позволившая исключить его запуск в работу в «прямом пуске» с воздействием чрезмерных ударных пусковых токовых нагрузок, посредством внедрения частотно-регулируемого привода. Система управления была снабжена преобразователем частоты Mitsubishi Electric FR-AF840-01800-60, подобранным в соответствии с техническими характеристиками двигателя привода грохота. [4]

Преобразователи частоты Mitsubishi Electric FR-A840 представляют современную усовершенствованную серию преобразователей с высокой точностью управления. Преобразователь частоты работает по стандартному принципу частотных преобразователей. Входное напряжение от сети электропитания проходит по преобразователю FR-A840 для получения на выходе необходимых для работы двигателя параметров. Частота вращения двигателя зависит от величины подаваемого напряжения, образуемого на выходе преобразователя.

Преобразователи частоты FR-A840 имеют широкий функционал, позволяющий решать различные задачи: регулирование скорости вращения и параметров работы электродвигателя, работа в качестве ПЛК в автоматических системах управления, обмен данными с рабочим оборудованием, управление различными параметрами техпроцессов с

помощью ПИД-регулятора, предохранение привода и оборудования от перегрузок, электрическая защита, аварийная остановка работы и т.д.

Преобразователи FR-A840 имеют множество преимуществ и дополнительных возможностей при применении: функция векторного управления, высокая перегрузочная способность, встроенные функций подавления вибрации и резонансов и препятствования раскачиванию грузов, упрощенная система подключения к ПК, ПЛК, панелям оператора, поддержка различных протоколов передачи данных, улучшенные системы безопасности и энергосбережения, встроенная система ограничения момента на валу, встроенные системы самопроверки оборудования, функция аварийной остановки работы, встроенный ПИД-регулятор с расширенными возможностями управления, функция автоматической настройки рабочих параметров, встроенный контроллер с возможностью задания многошаговых программ управления и многие другие. [5]

Учитывая широкий спектр функциональных возможностей и указанные преимущества, был выбран данный преобразователь частоты. Тем самым была обеспечена возможность установки требуемых параметров для безопасного режима работы двигателя. Также данный преобразователь частоты обладает возможностью проведения вышеупомянутой автонастройки двигателя.

Автонастройка данных двигателя позволяет оптимально согласовывать преобразователь с двигателем.

Принцип действия офлайн-автонастройки параметров двигателя заключается в том, что при расширенном управлении вектором потока, бессенсорном векторном управлении или векторном управлении, путем измерения констант двигателя (автонастройки данных электродвигателя) двигатель можно оптимально эксплуатировать даже при изменяющихся константах двигателя, применении двигателей любых изготовителей или большой длине проводки. [6]

Но в процессе разгона двигателя при совпадении частот колебаний корпуса грохота и частот колебаний привода, грохот подвергается воздействию резонансных частот, которые могут привести к разрушению корпуса грохота, фундамента, элементов оборудования, и в целом очень негативно влияющих на работу оборудования.

Процесс прохождения через упомянутые частоты во время разгона занимает ничтожно малые промежутки времени, но всё же, это не означает, что оборудование не претерпевает их воздействие.

Поэтому определение резонансных частот в процессе разгона двигателя и исключение их влияния на работу объекта являются актуальной задачей, решение которой представлено ниже.

Идея решения этой задачи заключается в том, что сначала экспериментально производится определение резонансных частот, затем они исключаются. Реализация исключения резонансных частот производится аппаратно преобразователем частоты с помощью применения заложенной функции пропуска определенных частот.

Первым этапом является определение резонансных частот. Ниже приведена экспериментальная методика их определения.

В процессе пуска и разгона двигателя привода грохота в реальных эксплуатационных условиях производится сбор информационных данных объекта – электродвигателя привода грохота. Это достигается посредством подключения персонального компьютера к преобразователю частоты и снятия трендов его выходных параметров: частоты, тока, напряжения и момента двигателя с помощью использования конфигурационного

программного обеспечения MELSOFT FR-Configurator 2, предназначенного для работы с преобразователями частоты Mitsubishi Electric FR серии A800 и имеющего встроенную функцию программирования преобразователей.

Программа работает на всех версиях MS Windows и позволяет управлять преобразователем частоты с любого обычного ПК. Через сеть или посредством ПК или ноутбука можно выполнять настройку, управление и контроль нескольких преобразователей частоты.

Подключение ПК к преобразователю частоты выполняется через сеть RS485, напрямую через адаптерный кабель ПК SC-FR или разъем USB.

Обширные функции отображения программы позволяют выводить экранные страницы с данными, аналоговыми представлениями, осциллографом и сигнализацией.

Функция проверки работы обеспечивает эмуляцию работы и регулировку с помощью функции автонастройки. [7]

Полученные в ходе эксперимента графики указанных параметров показаны на рисунке 1, где цифрами обозначены параметры: 1 – выходной ток ПЧ, 2 – выходная частота ПЧ, 3 – выходное напряжение ПЧ, 4 – момент двигателя.

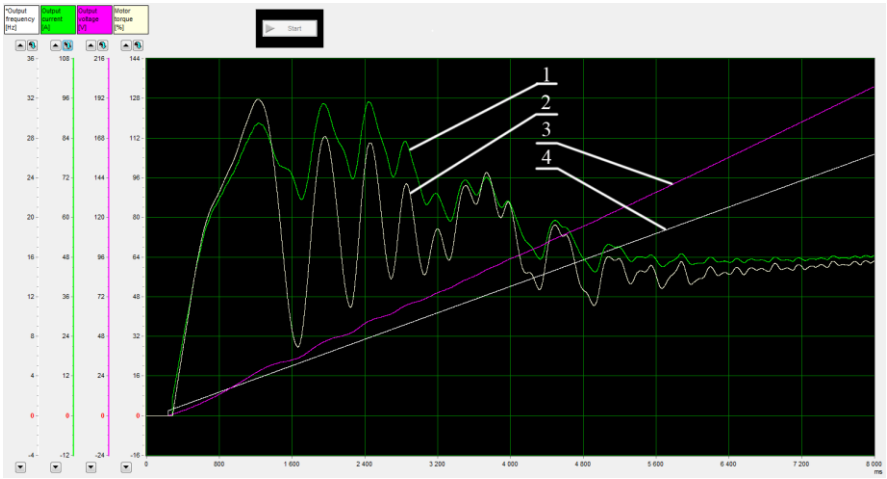


Рис. 1. Рабочее окно MELSOFT FR-Configurator 2 с графиками выходных величин преобразователя частоты

Далее производится анализ полученных информационных данных для определения резонансных частот. В проведенном экспериментальном исследовании получены следующие значения резонансных частот: 32 Гц, 28,2 Гц, 27,5 Гц, 23,4 Гц, 24,5 Гц. Как видно из графика, именно в моменты возникновения этих частот при разгоне, наблюдаются скачкообразные пиковые изменения выходного тока преобразователя частоты.

Второй этап решения задачи – исключение полученных в результате исследования резонансных частот в процессе разгона двигателя. Такой способностью обладает используемый преобразователь частоты. Это так называемый параметрируемый пропуск частоты для предотвращения резонансных явлений, позволяющий исключить резонансные колебания, возникающие в приводе. [7]

В параметры преобразователя частоты заносятся предварительно определенные численные значения частот, которые необходимо пропустить, а также диапазон пропуска частоты.

Диапазон пропуска рекомендуется устанавливать в связи с тем, что в процессе пуска и разгона двигателя возможно отклонение резонансных частот от конкретных, определенных экспериментально, значений. Поэтому в параметр преобразователя частоты, отвечающий

диапазону пропуска частоты, устанавливается оптимальное для нашего случая значение 0,4 Гц, тем самым обеспечивается пропуск диапазонов резонансных частот. Пиковые изменения выходного тока преобразователя частоты при этом будут отсутствовать.

Список литературы

1. Денцов Н. Н., Миронов А. А. Исследование устойчивости стационарного режима работы вибрационного грохота с параметрическими вибровозбудителями. – Статья УДК 534.1. – Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия;

2. Лобов О. П. Автоматизация процессов дробления-грохочения фракционированного щебня на дробильно-сортировочных установках [Электронный ресурс] // Электронная библиотека диссертаций. URL: http://www.dissercat.com/content/avtomatizatsiya-protsessov-drobleniya-grokhocheniya-fraktsionirovannogo-shchebnya-na-drobiln#ixzz5YpI4b6u3 (дата обращения 12.03.2019);

3. До Ньы И. Анализ конструктивных и расчётных схем вибрационных грохотов. – Статья УДК 621.9, Известия ТулГУ. Технические науки. 2011. Вып. 6. Ч. 1. – Россия, Тула, ТулГУ;

4. JOST Vibrating Screen SWE 3600x7000. Operating Manual, 128 с;

5. Преобразователь частоты Mitsubishi Electric FR-A840 [Электронный ресурс] // РусАвтоматизация. URL: https://rusautomation.kz/privodnaya-tehnika/mitsubishi-fr-a840 (дата обращения 14.03.2019);

6. Mitsubishi Electric. FR A800. Преобразователи частоты. Руководство по эксплуатации, 1006 с. Арт. № 288856 17.03.2015 Версия «D»;

7. FR Configurator [Электронный ресурс] // Mitsubishi Electric. Russia – Factory Automation. URL: https://ru3a.mitsubishielectric.com/fa/ru/products/drv/inv/fr_configurator (дата обращения 18.03.2019).

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСКОЛЛЕКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА МАЛОЙ МОЩНОСТИ

М.А. Логинов, И.В. Васин, А.А. Темирбеков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье проведено аналитическое сравнение бесколлекторных и коллекторных двигателей постоянного тока на примере маломощных машин, а также описаны перспективы применения данных двигателей в различных областях промышленности.

Ключевые слова: бесколлекторный двигатель постоянного тока, щеточно-коллекторный узел

Электродвигатели переменного тока малой мощности нерациональны с точки зрения их размеров на единицу мощности, а также низкий КПД, поэтому преимущественное применение в приводах роботов получили электродвигатели постоянного тока. Они обладают наилучшими энергетическими показателями, линейными механическими и регулировочными характеристиками, большим диапазоном регулирования скорости. Однако наличие щеточно-коллекторного узла в таких двигателях является серьезным недостатком, снижающим надежность и срок службы и ограничивающим применение в агрессивных средах.

На сегодняшний день бесколлекторные двигатели постоянного тока (далее БДПТ) получили достаточно широкое применение и продолжают вытеснять электродвигатели классических конструкций в различных сферах применения (робототехника, медицина, автомобилестроение, нефтегазовая, промышленность, бытовые приборы). Объемы производства возрастают высокими темпами, а наряду с этим происходит оптимизация

конструкции и снижение их стоимости, что дополнительно способствует расширению их области применения.

Преимущества БДПТ над классическим ДПТ:

- большой кпд (93-95%);
- высокое быстродействие;
- возможность изменения частоты вращения;
- отсутствие искрящих щеток;
- малые шумы, как в звуковом, так и высокочастотном диапазонах;
- повышенная надежность;
- способность противостоять перегрузкам по моменту;
- оптимальное соотношение габаритов и мощности.

Единственным недостатком считают сложный дорогостоящий электронный блок управления, однако для управления оборотами без электроники не обойтись. Для работы БДТП необходим специальный контроллер, который включает обмотки таким образом, чтобы векторы магнитных полей якоря (ротора) и статора были ортогональны друг другу, т.е. регулирует вращающий момент, действующий на якорь. Для определения порядка переключения драйвер отслеживает положения якоря при помощи датчиков Холла, если же его нет, то в расчет берется обратная ЭДС, возникающая в неподключенных катушках статора.

Отсутствие щеточно-коллекторного узла — есть основное преимущество БДПТ, в результате из электродвигателей исключен самый ненадежный элемент — щёточно-коллекторный узел. Использование щёток сопровождается периодическим изнашиванием, «залипанием», искрением. Саморазмагничивание постоянных магнитов на роторе происходит достаточно медленно: несколько процентов за несколько лет. Следует отметить пару дополнительных эксплуатационных факторов, обеспечивающих преимущество БДПТ перед двигателями классической конструкции - бесшумность и отсутствие нагрева ротора, что делает возможным работу таких двигателей в более нагруженных и длительных режимах работы.

Бесконтактный способ передачи электроэнергии позволил разработать два конструктивных типа таких двигателей:

- inrunner (внутреннее расположение ротора);
- outrunner (внешнее расположение ротора).

В первом случае появляется возможность получить высокую скорость вращения при малых моментах, во втором — наоборот, большой момент при низких скоростях. Регулирование скорости и момента достигается изменением числа пар полюсов, чем больше полюсов, тем больше момент и ниже скорость вращения.

Таблица 1

	Speed 400	Astro Flight 020
Макс. Обороты, об/мин	18000	30000
Раб. напряжение, В	3,6-8,4	6,0-12,0
Ток ХХ, А	0,7	1
Ток КЗ, А	25	25
КПД, %	40-60	87-95
Вес, г	73	70
Максимальная мощность, Вт	250	250

Для работы БДТП необходим специальный контроллер, который включает обмотки таким образом, чтобы векторы магнитных полей якоря (ротора) и статора были ортогональны друг другу, т.е. регулирует вращающий момент, действующий на якорь. Для определения порядка переключения драйвер отслеживает положения якоря при помощи датчиков Холла, если же его нет, то в расчет берется обратная ЭДС, возникающая в неподключенных катушках статора.

Сравним показатели двух маломощных ДПТ одного типа: коллекторный Speed-400 и БДПТ Astro Flight 020.

Как видно из приведенной таблицы, БДПТ способен работать при более высоких напряжениях, чем обычный ДПТ и на более высоких оборотах (почти в два раза превышающих коллекторного ДПТ). Так же хорошо заметна разница в КПД. Даже при максимальной мощности в 250 Вт Astro Flight 020 способен выдавать на выходе 80% от этой мощности. За счет особенности конструкции БДПТ более компактный и легкий, с увеличение габаритов эта разница будет лишь возрастать, что позволяет уменьшать общие габариты всей конструкции.

БДПТ малой мощности уже активно применяются в малых приводах, требующих высокой точности и выносливости в тяжелых условиях. Например, в угольных шахтах на транспортировочных лентах искрение просто недопустимо из-за опасного содержания легковоспламеняющихся газов. Так же возможна модернизация систем типа двигатель-генератор для получения большей эффективности.

В настоящее же время на такие двигатели обратила внимание транспортная промышленность. Высокие показатели тяговой характеристики и КПД дают возможность создания мощных тяговых установок. Компания «Siemens» уже разработала бесколлекторный двигатель с максимальной мощностью 260 кВт, способный поднять в воздух самолет весом до двух тонн, при этом масса самого двигателя немногим больше 50 кг.

Список литературы

1. Бесколлекторный двигатель постоянного тока. Режим доступа: http://zewerok.ru/beskollektornyj-dvigatel-postoyannogo-toka/ (Дата обращения: 27.05.2019);
2. Siemens разработал самый мощный электродвигатель для самолетов. Режим доступа: http://zele.ru/novosti/avia-i-oruzhie/elektrodvigatel-siemens-dlya-samoleta-9850/ (Дата обращения: 27.05.2019);
3. Astroflight Brushless 020 Direct Drive Airplane Motor. Режим точки доступа: https://www.gravesrc.com/astroflight-brushless-020-direct-drive-airplane-motor.html (Дата обращения: 27.05.2019);
4. GRAUPNER SPEED 400 7,2 V. Режим доступа: http://www.rcmagazin.ru/elektrodvigateli/speed-400-7-2-v-detail.html (Дата обращения: 27.05.2019).

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЁТА И МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ПОВОРОТА СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

В.В. Королев[1], М.К. Медведев[1], Д.В. Королев[2]

[1] Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

[2]Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»

Аннотация. Статья посвящена расчету и моделированию синхронного электродвигателя с постоянными магнитами для поворота в пространстве солнечных панелей. Моделирование осуществлялось в отечественной программе SimInTech. В ходе выполнения работы был произведен расчет параметров электродвигателя, затем из библиотеки программы был взят блок электродвигателя и введены в него параметры электродвигателя. В статье представлены результаты моделирования при воздействии на вход возмущающего импульса управления.

Ключевые слова: моделирование, солнечная батарея, синхронный электродвигатель с постоянными магнитами, расчет.

Для получения максимального КПД солнечные панели должны быть направлены перпендикулярно солнечным лучам. Это обеспечивают с помощью поворотных механизмов в совокупности с солнечным трекером, которые позволяют батареям следовать за солнцем без потерь эффективности.

Таким образом, наличие в конструкции такого устройства позволяет повысить КПД всей гелиосистемы не менее, чем на 35%, а, следовательно, и улучшить массогабаритные показатели всей разработки в целом.

В статье предлагается создать модель двигателя для осуществления поворота батареи вокруг одной оси со слежением по времени.

Было решено применить для этих целей синхронный двигатель с постоянными магнитами (СДПМ), который реализован в схеме как шаговый.

Для создания модели воспользуемся отечественной программой SimInTech. Блок СДПМ реализует математическую модель реального двигателя.

ЭДС, которая наводится в обмотке фазы *A* можно рассчитать по формуле:

$$E_A = \omega \cdot p \cdot \psi_m \cdot \sin(p \cdot \theta),$$

где ω – скорость вращения двигателя;

ψ_m – наибольшее значение потокосцепления;

θ – угол положения ротора;

ЭДС наводимая в обмотке *B*:

$$E_B = \omega \cdot p \cdot \psi_m \cdot \sin(p \cdot \theta - \lambda),$$

где λ – угол между фазами.

В качестве примера будем рассматривать двухфазный СДПМ с λ = π.

Уравнения фазных токов с учётом противо-ЭДС:

$$L\frac{di_A(t)}{dt} = U_A(t) - Ri_A(t) + \omega(t) \cdot p \cdot \psi_m \cdot \sin(p \cdot \theta)\,;$$

$$L\frac{di_B(t)}{dt} = U_B(t) - Ri_B(t) + \omega(t) \cdot p \cdot \psi_m \cdot \sin(p \cdot \theta - \pi),$$

где U_a, U_b – фазные напряжения;

R – сопротивление обмотки фазы;

i_A, i_B – фазные токи.

Уравнения фазного момента, который создаётся фазными токами:

$$M_A = i_A \cdot p \cdot \psi_m \cdot \sin(p \cdot \theta)\,;$$

$$M_B = i_B \cdot p \cdot \psi_m \cdot \sin(p \cdot \theta - \pi)\,;$$

Мгновенное значение электромагнитного момента синхронного двигателя с постоянными магнитами есть сумма моментов от фазных токов:

$$M = -i_B \cdot p \cdot \psi_m \cdot \sin(p \cdot \theta - \pi) - i_A \cdot p \cdot \psi_m \cdot \sin(p \cdot \theta).$$

Вращение ротора можно описать уравнением с учётом момента нагрузки, момента инерции ротора и нагрузки, а также момента вязкого трения:

$$J\frac{d\omega(\mathrm{t})}{dt} = M(t) - M_L - B \cdot \omega(\mathrm{t}).$$

Чтобы установить зависимость между числом полюсов статора и углом шага рассмотрим формулу:

$$\alpha = \frac{360}{N};$$

где α – шаговый угол поворота ротора,

N – число полюсов статора.

Следовательно, если мы имеем дело с двигателем, у которого N = 200, то угол шага ротора будет равен α = 1,8°, что часто встречается в практике.

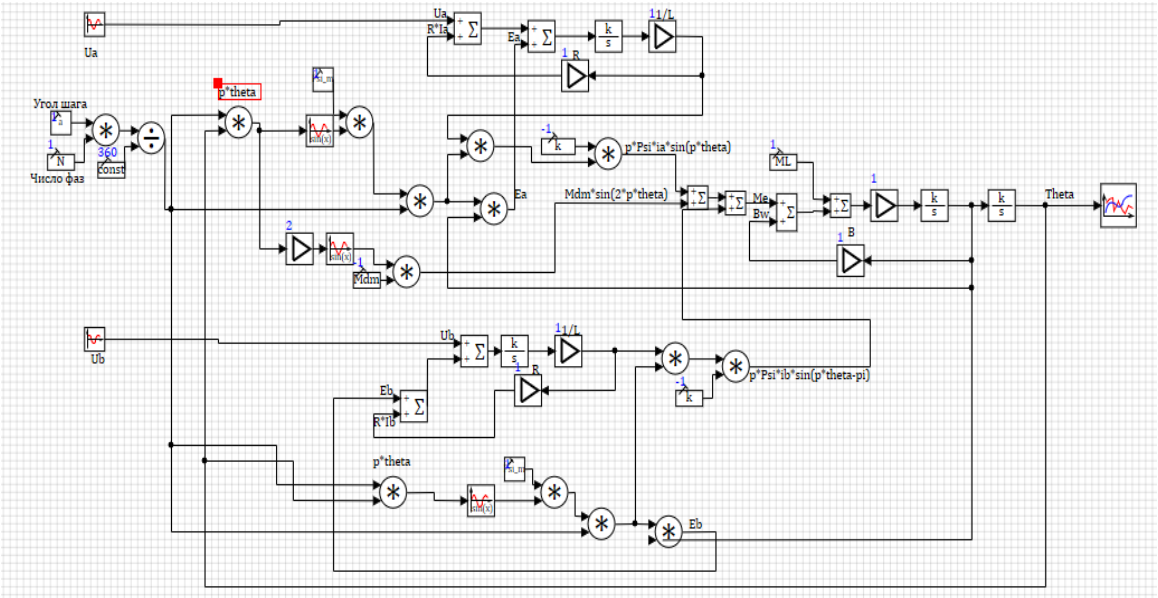


Рис. 1 – Математическая модель СДПМ в SimInTech

Эффективность фотогальванического элемента снижается на 20 % когда угол между солнечными лучами и нормалью панели находится у отметки в 20°. Чтобы этого не допустить нужно обеспечить слежение за положением солнца с помощью синхронного двигателя с постоянными магнитами.

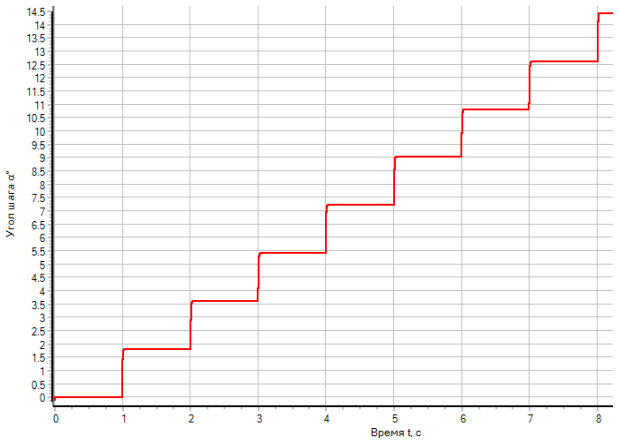


Рис. 2 – График зависимости угла поворота ротора

Учитывая, что солнечный день в городе Санкт-Петербург в весеннее время длится 14 часов, и, учитывая, что солнце на небе появляется на востоке и по дуге заходит на западе;

не сложно рассчитать, что, чтобы поддерживать максимальную эффективность от солнечных элементов необходимо производить поворот панели каждые полчаса на 15°. Это обеспечит падение солнечных лучей под 90° и даст возможность не упускать поступающее излучение.

На рисунке 2 представлен график угла поворота ротора.

Заключение

В реализованной в математическом пакете SimInTech модели синхронного двигателя с постоянными магнитами наглядно показан поворот ротора на 15 ° и, установив микроконтроллер, который будет каждые полчаса подавать такой же сигнал, получится полноценная система слежения за солнцем.

Длительное время поворота до нужного угла связано с тем, что солнечный элемент достаточно хрупок и требует бережного отношения. С помощью устройства слежения фотогальванических панелей за положением солнца можно увеличить эффективность всей гелиосистемы не менее, чем на 30 %.

Список литературы:

1. D. Samokhvalov, S. Stoliarov and A. Kekkonen, "The hybrid stepper motor modeling in Simulink," 2015 IEEE NW Russia Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference (EIConRusNW), St. Petersburg, 2015, pp. 282-285.

ТЕХНОЛОГИЯ ДЕФОРМАЦИИ ТОНКОСТЕННЫХ ЛИСТОВЫХ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ

А.С. Мельников

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В рамках статьи описана перспективная технология деформации тонкостенных металлов за счёт энергии импульсных магнитных полей. Описана возможность и преимущества применения современных электронных компонентов при проектировании магнитно-импульсных установок. Приведен пример расчёта энергии, необходимой для осуществления деформации на примере восстановления поверхности тонкостенного металла, имеющей вмятины различной глубины и диаметра.

Ключевые слова: магнитно-импульсная обработка, деформация тонкостенных листовых металлов, удаление вмятин.

Современной промышленностью выпускается множество изделий, в составе которых имеются детали из тонкостенных металлов, деформированных до заданной геометрической формы. Требования к конструкции изделий и, как следствие, их сложность постоянно возрастают, а технологии производства, в которых применяется механическое и гидравлическое прессовальное оборудование, остаются практически неизменными, что вынуждает искать компромиссы.

Кроме того, существующее оборудование, применяемое для деформации тонкостенных металлических заготовок, зачастую имеет низкую скорость выполнения технологических операций, большие габариты и высокие затраты на обслуживание. Это открывает

возможности создания новых технологий, которые позволят улучшить качество выпускаемой продукции, повысить скорость и экологичность производственного процесса. Одной из перспективных технологий бесконтактной высокоскоростной деформации металлов является метод магнитно-импульсной обработки металлов (МИОМ) [1]. В основе данного метода лежит закон Ампера, описывающий силовое воздействие на проводник с током в магнитном поле:

$$d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B},$$

где F – сила, действующая на проводник с током, Н; I – ток в проводнике, А; B – индукция магнитного поля, Тл.

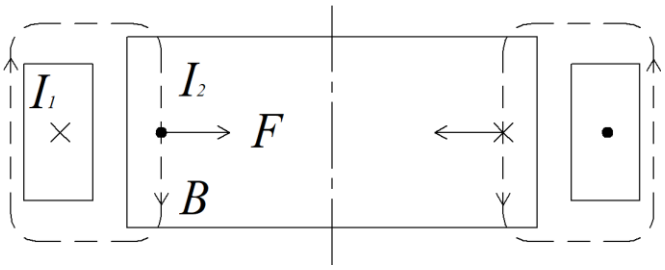


Рис. 1 – направления протекающих токов и действующих усилий между проводником с током (индуктором) и деталью

Источником магнитного поля в данной технологии является индуктор-инструмент. Протекание импульсного тока по индуктору приводит к образованию вихревого электрического поля в обрабатываемой детали согласно закону электромагнитной индукции:

$$rot\left(\vec{E}\right) = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} + \rho,$$

где E – напряженность электрического поля, В/м; B – магнитная индукция, Тл;
ρ – объемная плотность свободных электрических зарядов, Кл/м^3 (для данного случая можно считать $\rho = 0$).

Направления протекающих токов и действующих усилий показаны на рисунке 1, где I_1 – ток индуктора-инструмента, I_2 – индуцированный ток.

Для получения усилия, достаточного для деформации металла, через индуктор-инструмент необходимо пропускать импульс тока большой амплитуды, что можно осуществить за счёт разряда емкостного накопителя.

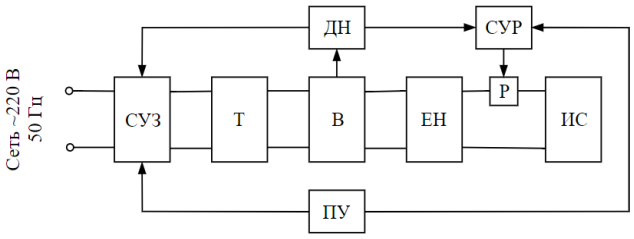


Рис. 2 – Принципиальная схема магнитно-импульсной установки [3]

Принципиальная схема магнитно-импульсной установки приведена на рисунке 2.

где СУЗ – система управления зарядом; Т – повышающий трансформатор; В – выпрямитель; ЕН – емкостной накопитель; Р – разрядник; ИС – индукторная система; СУР – система управления разрядом; ДН – датчик напряжения; ПУ – пульт управления.

Однако, несмотря на простоту конструкции, подобные устройства не получили распространения в XX веке из-за дороговизны и ненадежности электронных компонентов. При создании современных магнитно-импульсных установок может использоваться система фазо-импульсного управления зарядом, описанная в патенте [1]. В качестве емкостного накопителя, в зависимости от решаемых задач, могут применяться батареи ионисторов или импульсных конденсаторов.

Преимуществом использования ионисторов является высокое значение накапливаемой энергии, а также их компактные, по сравнению с обычными конденсаторами, габариты. Применение же импульсных конденсаторов позволяет осуществлять силовое воздействие за время 10-3 – 10-5 с, что равносильно скорости деформации металла от 30 до 250 м/с [3]. При данных скоростях деформации металл проявляет свойство сверхпластичности, описанное в [4]. Одним из перспективных направлений для МИОМ является метод деформации тонкостенного листового металла импульсом на притяжение или отталкивание обрабатываемого материала. Данный метод может найти своё применение в восстановлении поверхностей из тонкостенных металлов (например, кузовной ремонт автомобилей). В настоящее время ведется разработка проекта переносной установки МИОМ на базе силовых транзисторов, предназначенной для решения данной задачи.

Основной проблемой проектирования подобного устройства является определение энергии, которую необходимо запасти в конденсаторной батарее для осуществления деформации. Исходя из этой информации принимается решение о возможных массо-габаритных показателях установки.

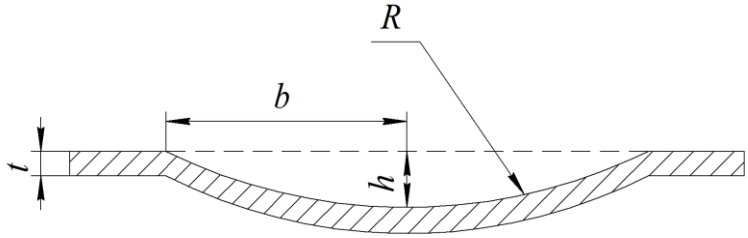


Рис. 3 – Геометрические параметры рассматриваемой системы

Геометрическая схема системы, для которой производился расчёт, приведена на рисунке 3, где t – толщина листового металла, h – глубина вмятины, b – радиус окружности вмятины, R – радиус кривизны поверхности вмятины.

В качестве деформируемого металла используется широко применяемая в автомобилестроении листовая сталь 08Ю с толщиной листа t = 0,5 мм. Методика расчёта энергии деформации описана в [3]. Значение относительной деформации вычислялось по формуле:

$$\varepsilon = \ln\left(\frac{2\alpha R}{2b}\right),$$

где 2α – радианная мера дуги окружности, описывающей вмятину с радиусом кривизны R.

Расчёт энергии деформации произведен с помощью выражения:

$$W = \frac{1}{\eta} \cdot V \cdot \frac{k}{1+n} \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{3} \cdot \varepsilon\right)^{(1+n)},$$

где W – энергия, необходимая для деформации, Дж; η = 0,07 – среднее значение КПД магнитно-импульсной обработки [3]; V – объем деформируемого металла, м^3; k и n – коэффициенты степенной аппроксимации зависимости σ(ε) для стали 08Ю.

Результаты расчётов энергии, необходимой для восстановления поверхности с вмятиной глубиной *h* и радиусом *b* до первоначального состояния, приведены на рисунке 4.

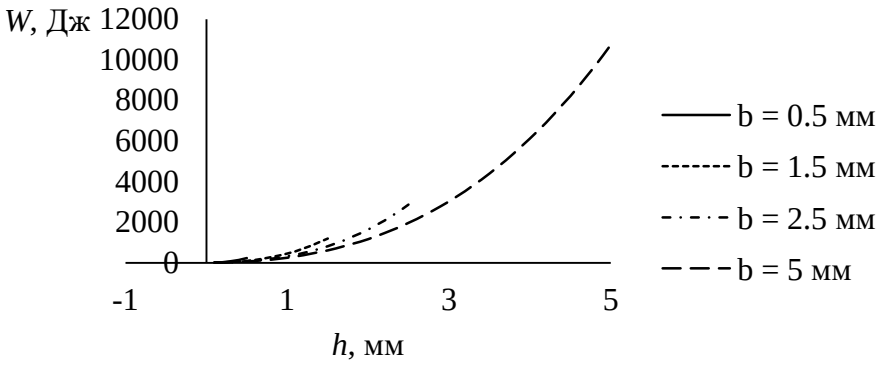


Рис.4 – Зависимость энергии, необходимой для восстановления поверхности от глубины вмятины

Из результатов расчётов можно видеть, что с увеличением объема деформируемого металла происходит нелинейный рост значения энергии деформации. Это означает, что при проектировании переносной магнитно-импульсной обработки, предназначенной для работы в условиях широкого изменения параметров обрабатываемых деталей (такой, как кузовной ремонт автомобилей), необходимо обеспечивать возможность изменения уровня запасаемой в накопителе энергии, а также возможность работы в режиме серии разрядных импульсов определенной энергии.

Список литературы

1. Гнатов А.В. Новое направление в МИОМ, связанное с притяжением тонкостенных листовых металлов. История и перспективы развития. Электротехника и электромеханика №2, 2013 – с.62 – 67;
2. Пат. 187434 Российская Федерация, МПК B21D 26/14 Магнитно-импульсная установка с фазо-импульсным управлением зарядом. Глущенков В.А., Юсупов Р.Ю. Патентообладатель: федеральное государственное автономное учреждение высшего образования « Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королёва» - № 2018120965, Бюл. №7, Опубликовано 06.03.2019;
3. Глущенков, В.А. Специальные виды штамповки. Часть 2. Динамические методы деформирования [Текст]: учебное пособие / В.А.Глущенков,- Самара.: СГАУ, 2008,- 106 с;
4. Daehn G. P. Hyperplastic Forming: Process Potential and Factors Affecting Formability/ G. P. Daehn, V. J. Vohnout, P. Datta // Superplasticity and Superplastic Forming; – 2000. – Vol. 601. – P. 247–253.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ю.Ф. Булатбаева, Е. Б. Нурмагамбетов, Т.С. Юсупов

Карагандинский государственный технический университет

Аннотация. В работе показано, что в общем случае параметр потока отказов выключателей используется при решении относительно разноплановых задач. Определено, что все модели классифицируются на полные (уточненные) и упрощенные. В упрощенных моделях выделяют отказы типа «КЗ в обе стороны», отказы типа «КЗ в одну (каждую) сторону» и отказы типа «разрыв». Коэффициент, характеризующий долю отказов «КЗ в обе стороны», оценивается на уровне соответственно к=0,6-0,7 и к= 0,6. Обоснована актуальность необходимости еще раз обратиться к составляющим модели отказа, как выключателя, так и остального оборудования схем электроустановок с использованием фактических эксплуатационных данных последнего десятилетия.

Ключевые слова: модель, надежность, отказ, поток.

Последнее время возрос интерес к проблеме обеспечения надежности энергосистем. Приняты решения о вводах генерирующих мощностей на электростанциях, а также сооружении подстанций и линий электропередачи. Необходимо учитывать, что надежность последующей эксплуатации вновь вводимых электроустановок в энергосистемах закладывается в определенной степени на стадии проектирования, при формировании их схем коммутации.

Схемы распределительных устройств, как правило, состоят из укрупненных ячеек (линий электропередач, (авто)трансформатора, шиносоединительного выключателя, секционного выключателя, трансформатора напряжения или «шинных аппаратов» и пр.). Ячейка выключателя в свою очередь, как правило, состоит из собственно выключателя с приводом, трансформатора тока, линейного и шинного разъединителей, ошиновки, релейной защиты и автоматики (привязанной к данной ячейке) и участка сборных шин [1].

Важнейшей задачей при анализе надежности рассматриваемых схем является выбор модели отказа выключателя. На то имеются веские причины. В общей повреждаемости элементов схем коммутации доля выключателей превалирует. С позиций надежности выключатель один из наиболее сложных элементов. В его модели отказа требуется учитывать свойства надежности электрических аппаратов (собственно выключателя с приводом, измерительных трансформаторов, разъединителей), устройств релейной защиты и автоматики (РЗА), условия ремонтно-эксплуатационного обслуживания, природно-климатические и ряд других факторов.

Столь широкий состав влияющих факторов привел к обилию методик оценки надежности схем коммутации, различающихся в основном моделями отказа выключателя. При этом ряд из них был усложнен и не нашел применения в практике. Из общей ряда методов оценки надежности схем электроустановок широкое распространение получили: логико-вероятностный метод, логико-аналитический метод, таблично-логический метод, метод расчетных групп, метод блок-схем, метод минимальных путей и минимальных сечений [2].

Однако, в приведенных, а так же в других не указанных методиках, как правило, не приводятся расчетные условия, при которых получена модель надежности коммутационного оборудования. В итоге за полувековую историю у специалистов так и не сформировалось его общепринятой модели отказа, а по большому счету и доверия к результатам оценки надежности схем электрических соединений.

Основными показателями надежности, характеризующими вероятность вынужденных простоев, являются: ω - параметр потока отказов, 1/год; Тв - среднее время восстановления, ч; Кв - коэффициент вынужденного простоя.

На сегодняшний день по области показатели надежности электроэнергетических систем учитывались укрупнено и лишь при выборе резервных генерирующих агрегатов. Первая модель отказа выключателя представляла собой модель отказа присоединения, описанная П.Г. Грудинским в «Методах оценки надежности схем электроснабжения». Под ним понималось все оборудование, входящее в ячейку распределительного устройства (РУ), включая сборные шины электроустановки.

В описываемой работе модель отказа присоединения различалась по двум группам. Первая - присоединения линий электропередачи и шиносоединительных (секционных) выключателей, вторая группа - генераторов и трансформаторов. При прочих равных условиях значения параметра потока отказов ω присоединений первой группы были в два раза выше, чем для второй. Для присоединений воздушных линий (ВЛ) это объясняется

более частыми коммутациями выключателей в различных эксплуатационных режимах с учетом автоматического повторного включения. Что касается шиносоединительных выключателей, то в рассматриваемый период времени они использовались и для резервирования выключателей других присоединений. В схеме с двумя системами шин все присоединения в нормальном режиме группировались на одной из систем, а вторая была свободной. Ремонтируемый выключатель шунтировался временной перемычкой и заменялся шиносоединительным с помощью свободной системы шин. Таким образом, рассматриваемые выключатели, как и выключатели в цепях ВЛ, подвергались частым коммутациям и имели повышенные значения параметра ω.

В следующем поколении методики стали рассматриваться с позиций надежности стали различать присоединения (выключатели) в цепях ВЛ и в других цепях.

Первая логически завершенная модель отказа выключателя, предложенная профессором П.Г. Грудинским, основывалась на следующих позициях:

параметр потока отказов присоединения учитывает отказы выключателя со всем относящимся к нему оборудованием, за исключением сборных шин электроустановок;

параметр потока отказов выключателя различается в цепях воздушных линий и в других цепях;

параметр потока отказов выключателя, приводящих к отключению смежных элементов - сборных шин, составляет 1/2 результирующего значения ω выключателя.

В последующем на данную модель опирались практически все авторы, занимающиеся надежностью схем коммутации. Дальнейшее ее развитие пошло по пути непрерывного усложнения, введения новых влияющих факторов, зачастую, не подтвержденных статистическими выкладками.

Первое усложнение модели отказа выключателя - детализация его коммутационных действий. Предложено принимать во внимание параметр ω выключателя без учета его повреждений при отключении КЗ. Дополнительно введен параметр акз, определяющий количество отказов выключателя, приводящих к их развитию за пределы рассматриваемого присоединения при отключении КЗ. Значение акз = 0,015-0,03 при напряжении 10-220 кВ соответственно. Подобная модель требует дополнительной оценки числа КЗ на элементе схемы, например, на линии электропередачи, часть из которых не отключается данным выключателем и ликвидируется действием устройств резервирования при отказе выключателей [3].

Также в ранних исследованиях использовались различные методы учета особенностей коммутации в моделях отказа. Для схемы с двумя системами сборных шин принималось среднее значение параметра ω выключателя ωср(Кст+Коп+Ккз)=ωср(0,2+0,6+0,2)= ωср, где Кст, Коп и ККЗ - относительная часть отказов выключателя соответственно в статическом состоянии, при оперативных переключениях и отключении КЗ. Таким образом, если в какой-либо другой схеме с выключателем выполняется, допустим, в два раза больше оперативных переключений, чем в схеме с двумя системами шин, то параметр со данного выключателя ω=ωср(0,2+2-0,6+0,2)=1,6ωср.

Как уже отмечалось ранее, далеко не все отказы выключателей приводят к отключению смежных элементов. В последующем они идентифицированы, как отказы типа «разрыв» или «обрыв», а так же отказы типа «КЗ» («КЗ в одну(каждую) сторону», «КЗ в обе стороны») или «отключение смежных элементов» (рисунок 1). Так, отказы выключателей по состоянию, в котором они происходят, или событиям, к ним приводящим, и по последствиям классифицированы в ранних исследованиях следующим образом: в

статическом состоянии или при оперативных переключениях - типа «разрыв» и типа «КЗ»; при автоматическом отключении поврежденных элементов; при автоматическом отключении смежных отказавших выключателей.

Здесь под отказом типа «разрыв» подразумеваются отказы, требующие вывода выключателя во внеплановый ремонт, т.е. приводящие к разрыву цепи, в которой находится отказавший выключатель без нарушения технологического процесса (например, выключатель В2 в цепочке схемы «3/2» на рисунке 1). Отказ типа «КЗ в одну сторону» сопровождается отключением, как самого отказавшего выключателя, так и всех выключателей с одной стороны от него (например, В2 и В1 или В2 и В3). При отказе типа «КЗ в обе стороны» отключаются все выключатели по обе стороны от отказавшего (например при отказе В2 отключаются В1 и В3). Коэффициент, характеризующий долю отказов «КЗ в обе стороны», оценен на уровне от 0,6-0,7 до 0,8-1,0 [4].

Наконец, в наиболее сложных, уточненных моделях отказа выключателя моделирование коммутаций электрических цепей охватывает процессы при отказе как собственно выключателей, так и оборудования присоединений, вводе-выводе их из работы по различным причинам: в резерв, из резерва, для выполнения аварийно-восстановительных и плановых ремонтов. Учитывается, что отказы могут быть полными или частичными, устойчивыми или неустойчивыми.

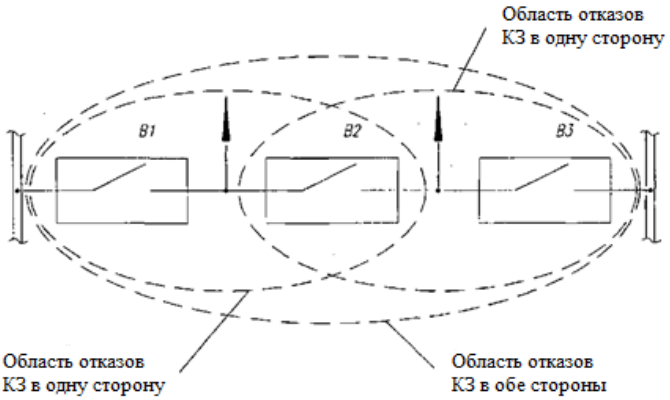


Рис. 1. Диаграмма отказов выключателя по последствиям

При проектировании развития и эксплуатации энергосистем, в частности решая вопросы обеспечения их надежности, необходимо располагать соответствующими показателями и характеристиками. Как уже отмечалось, с рассмат¬риваемых позиций наиболее сложным объектом считается выключатель, так как под ним в ряде случаев понимают не только выключатель и его привод, но и все оборудование в его ячейке РУ; различа¬ются также состояния выключателя во время отказов и их последействия.

Основной показатель, характеризующий повреждаемость выключателя - параметр потока отказов - используется при решении относительно разноплановых задач. К ним относятся [5]: совершенствование конструкций выключателей; планирование их ремонтно-эксплуатационного обслуживания; обоснование и выбор структурных схем и схем электрических соединений электроустановок.

Отсюда следует, что выключатель обладает определенной структурой параметра потока отказов. Об этом, в частности, можно судить по тому факту, что в России имеется более десяти методик оценки надежности схем электрических соединений электроустановок,

различающихся моделью отказа выключателя и в первую очередь – структурой параметра потока отказов.

Как известно, время восстановления относится к единичному показателю надежности. При оценке надежности схем распределительных устройств используют среднее время восстановления - время вынужденного простоя, вызванного необходимостью отыскания и устранения одного отказа. Как известно, при моделировании надежности функционирования электрических сетей принимаются допущения о пуассоновском характере потока отказов. Наиболее полно время восстановления отражается при рассмотрении закона Вейбулла. Однако допущение о пуассоновском характере потока отказов позволяет существенно упростить моделирование, так как пуассоновский поток отказов характеризуется отсутствием последствий и ординарностью. Так же существует мнение, что поток отказов не характеризуется ни одним из известных законов распределения.

Обоснована актуальность необходимости еще раз обратиться к составляющим модели отказа, как выключателя, так и остального оборудования схем электроустановок с использованием фактических эксплуатационных данных последнего десятилетия.

Список литературы

1. Савоськин Н.Е. Надежность электрических систем. Учебное пособие. – Пенза: Издательство Пензенского государственного университета. – 2004. -102с;
2. Слышалов В.К. Основы расчета надежности систем электроснабжения: учебное пособие. – Иваново. /ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». - 2012. – 80с;
3. Гуменюк В.М. Надежность и диагностика электротехнических систем: учебное пособие для вузов. – Владивосток: Издательство Дальневосточного государственного технического университета. – 2010. – 218с;
4. Ершов С.В., Демьянов Д.В. Построение математических моделей надежности системы электроснабжения предприятия // Журнал «Известия ТулГУ. Технические науки». – 2017. – Вып.12. - 8с;
5. Анищенко В.А., Колосова И.В. Основы надежности электроснабжения. – Минск. Белорусский национальный технический университет. – 2007. – 152с;
6. Сафонов В.И., Лонзингер П.В. Надежность систем электроснабжения. – Челябинск. Южно-Уральский государственный университет. – 2014. – 95с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОФАЗНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

Т.А. Сергун, П.А. Филатенков, Е.В. Морозова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Изложены основные сведения о выпрямителях, их классификация. Приведены результаты моделирования однофазного выпрямляемого выпрямителя в среде Matlab Simulink.

Ключевые слова: однофазный управляемый выпрямитель, моделирование, Matlab Simulink.

Выпрямителем является устройство, которое преобразует переменное напряжения в постоянное. [2]

Основное назначение выпрямителя заключается в сохранении направления тока в нагрузке при изменении полярности приложенного напряжения. Управляемые выпрямители чаще всего используются для управления двигателем по цепи якоря (в блоках питания радиоэлектронных устройств). Источником энергии для управляемых выпрямителей является сеть переменного тока. [1]

Принцип управления состоит в том, что в положительный полупериод питающего напряжения тиристор, подобно ключу, открывается и поступает напряжение к двигателю лишь часть этого полупериода. Напряжение и ток на выходе управляемого выпрямителя имеют постоянные и переменные составляющие.

Для анализа работы двигателя постоянного тока как элемента электропривода необходимо найти постоянные составляющие напряжения и тока, которые находятся как среднее значение этих величин за период изменения напряжения сети. Изменяя момент (фазу) открытия тиристора, меняют среднее значение напряжения на якоре и, таким образом, управляют двигателем.

В состав любого выпрямителя входят 3 основных элемента[2]:

1. силовой трансформатор – устройство для понижения или повышения напряжения питающей сети и гальванической развязки сети с аппаратурой;
2. выпрямительный элемент (вентиль), имеющий одностороннюю проводимость – для преобразования переменного напряжения в пульсирующее;
3. фильтр – для сглаживания пульсирующего напряжения.

Классификация:

По выходной мощности (маломощные – до 600 Вт, средней мощности - до 100 кВт, и большой мощности – более 100 кВт).

По числу фаз источника (однофазные, многофазные).

По пульсности (р) выпрямителя, определяемой числом полупериодов протекания тока во вторичной обмотке трансформатора за полный период напряжения U_1;

По числу знакопостоянных импульсов в кривой выпрямленного напряжения U_2 за период питающего напряжения:

- однополупериодные;
- двухполупериодные;
- m-полупериодные.

Для m-фазного управляемого выпрямителя выражение (1) для $U_{ср}$ может быть получено при непрерывном токе путем интегрирования фазного напряжения на интервале проводимости 2п/m где m определяется как произведение числа фаз на количество полупериодов [4]

$$U_{\text{ср}} = \frac{m}{2\pi} \int_{-\left(\frac{\pi}{m}-a\right)}^{\frac{\pi}{m}+a} U_m \cos \omega t \, d\omega t = \frac{m}{2\pi} U_m \left[\sin\left(\frac{\pi}{m}+a\right) + \sin\left(\frac{\pi}{m}-a\right)\right] = \frac{\sqrt{2}}{\pi} mUsin\frac{\pi}{m}cosa =$$

$$= U_{\text{ср}.max} cosa, \qquad (1)$$

где

$$U_{\text{ср}.max} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} mUsin\frac{\pi}{m},$$

Выпрямители в мощных энергетических машинах имеют следующие особенности[3]:

1. Нагрузка имеет активно-индуктивный характер;

2. Индуктивность рассеяния обмоток трансформатора;
3. Потребность в регулировании напряжения на выходе.

Для изменения напряжения на выходе выпрямителей используются управляемые вентили, наиболее часто на однооперационных тиристорах. Запирание в таких выпрямителях происходит за счет изменения полярности напряжения в сети переменного тока.

Рассмотрим модель однофазного двухполупериодного управляемого выпрямителя, созданную в программе MatLab Simulink (рис. 1).

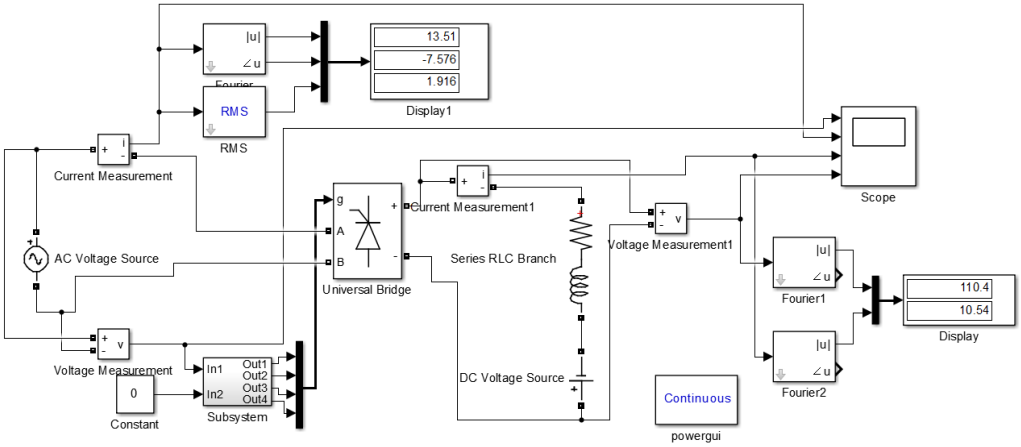


Рис. 1. Модель однофазного управляемого выпрямителя

Виртуальная лабораторная установка для исследований содержит:

- источник синусоидального напряжения (*Inductive source with neutral*);
- однофазный трансформатор (*Linear Transformer*);
- однофазный диодный мост (*Universal Bridge*);
- активно-индуктивную нагрузку (*R,L*);
- обратный диод (*Diode*);
- измерители мгновенных токов в источнике питания (*Current Measurement2*) и нагрузке (*Current Measurement1*);
- измеритель мгновенного напряжения на нагрузке (*Voltage Measurement*);
- блок для измерения гармонических составляющих тока питания (*Fourier*);
- блок для измерения гармонических составляющих тока нагрузки (*Fourier2*) и аналогичный блок для измерения гармонических составляющих напряжения на нагрузке (*Fourier1*);
- блок для наблюдения мгновенных значений тока в цепи питания, тока и напряжения на нагрузке (*Scope*);
- блок для наблюдения и измерения мгновенных значений величин, которые выбраны в поле *Measurement* соответствующих блоков (*Multimeter*);
- блок для измерения амплитудного значения первой гармоники тока и ее фазы в цепи питания (*Display*);
- блок для измерения средних значений тока и напряжения на нагрузке (*Display*1).

Из рис. 3 видно, что выходной ток – выпрямленный, несильно пульсирующий, входной ток имеет не чисто синусоидальный характер из-за наличия индуктивной нагрузки (обмотки трансформатора), выходное напряжение – выпрямленное не содержит отрицательной полуволны, что и соответствует теории.

Тиристорный мост моделируется при помощи блока Universal Bridge, окно настройки параметров которого приведено на рис. 2. Задаются значения сопротивления тиристоров (R_{on} = 0,5 Ом) и падения напряжения на тиристорах в проводящем состоянии (V_f = 0,8 В)

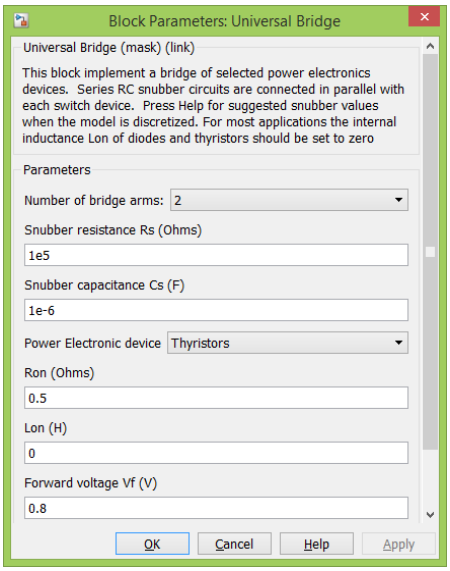


Рис. 2. Окно настройки параметров блока Universal Bridge

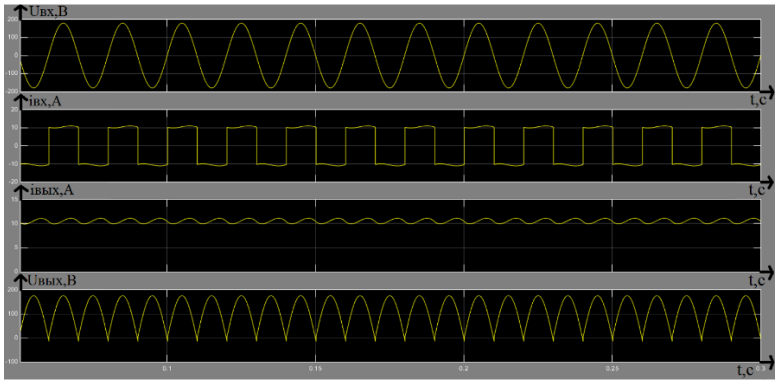


Рис. 3. Зависимости при R=20 Ом, L=0,2 Гн: первый график – входное напряжение, второй график – выходной ток, третий график – выходное выпрямленное ток, четвертый график– выходное выпрямленное напряжение

В результате моделирования были получены графики по выходному и входному току, а также по выходному напряжению (рис. 3).

Список литературы

1. Герман-Галкин С. Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0. – СПб.: Корона принт, 2001;
2. Борисов П.А., Томасов В.С. Расчет и моделирование выпрямителей. Учебное пособие по курсу “Элементы систем автоматики” (Часть I) . – СПб: СПб ГУ ИТМО, 2009 – 169 с;
3. Жеребцов И. П. Основы электроники. – Л. Энергоатомиздат, 1999;
4. Моделирование статических преобразователей в электроприводе : учеб. пособие для студ. оч. и заоч. обучения специальности 180404 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» / О.С. Хватов, О.А. Бурмакин, В.В. Гуляев. – Н. Новгород : Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2009. – 68 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Н.Ю. Таран, В.В. Каверин

Карагандинский государственный технический университет

Аннотация. Резонансный трансформатор нашел широкое применение в электроэнергетике, промышленности, научно-исследовательских учреждениях и медицине. Целью экспериментальных исследований является определение частотного диапазона резонансного трансформатора (РТ) при котором можно реализовать управление частотой высокого напряжения без ухудшения энергетических характеристик для различных значений ёмкости конденсатора в высоковольтной цепи РТ. В процессе экспериментальных исследований установлена пропорциональная зависимость мощности, отдаваемой в нагрузку в высоковольтной цепи и интегрального значения мощности потребляемой от источника электропитания цепи возбуждения РТ.

Ключевые слова: резонанс, резонансный трансформатор, частота, частота резонанса, высокое напряжение, трансформатор Тесла, высокочастотное напряжение, ёмкость конденсатора, индуктор, индуктивные резонатор, однообкладочный конденсатор, силовой транзистор, одновибратор, осциллограф.

Резонансный трансформатор нашел широкое применение в электроэнергетике, промышленности, научно-исследовательских учреждениях и медицине.

Область применения резонансного трансформатора – электростатические фильтры, сепараторы, окрашивание, электрогидравлическая штамповка, очистка воды, электроэрозионная и электроимпульсная обработка материалов (10-100 кВ).

В настоящее время существует технические решения по реализации резонансного трансформатора, но с появлением современной базы, появились более широкие возможности использования резонансного трансформатора, повысить его коэффициент полезного действия, снизить массогабаритные показатели, улучшить управляемость и стабильность резонансного трансформатора. [1]

Целью экспериментальных исследований является определение частотного диапазона резонансного трансформатора (РТ) при котором можно реализовать управление частотой высокого напряжения без ухудшения энергетических характеристик для различных значений ёмкости конденсатора в высоковольтной цепи РТ.

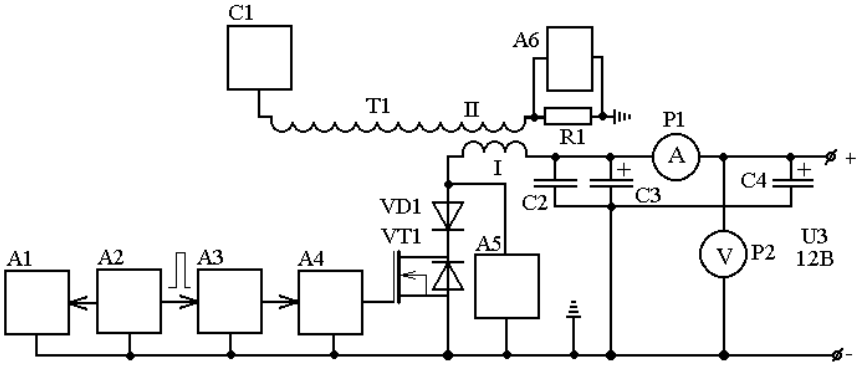
Для проведения экспериментальных исследований на кафедре АПП КарГТУ изготовлен испытательный стенд в соответствии рисунком 1.

Силовая цепь, коммутации тока индуктора, состоит из: транзистора VT1, диода VD1, включённого в коллекторную цепь транзистора с целью защиты от ЭДС обратной полярности; конденсаторов С2 и С3, шунтирующих цепь питания; приборов, измеряющих постоянные ток (Р3) и напряжение (Р4); конденсатора С4, сглаживающего пульсации блока питания.

Управление силовым транзистором осуществлялось посредством драйвера А4, на вход которого подавался импульсный сигнал, регулируемый по длительности посредством управляемого одновибратора А3. На вход одновибратора с генератора А2 поступал регулируемый по частоте сигнал прямоугольной формы, частота которого контролировалась частотомером А1. Длительность импульса возбуждения контролировалась с помощью осциллографа А5.

В процессе экспериментальных исследований установлена пропорциональная зависимость мощности, отдаваемой в нагрузку в высоковольтной цепи и интегрального значения мощности потребляемой от источника электропитания цепи возбуждения РТ.

Таким образом при снятии частотных характеристик РТ регистрировались ток и напряжение потребляемые от источника электропитания в цепи возбуждения. Напряжение электропитания, системы возбуждения РТ, в процессе экспериментальных исследований оставалось неизменным 12 В.



VT1 – транзистор; VD1 - диод; C1- однообкладочный конденсатор; C2- C4 – конденсаторы фильтра электропитания; P1- P2 – измерительные приборы; T1 – резонансный трансформатор; I(T1)- индуктивный резонатор; II(T1) – индуктор; A1 – частотомер; A2 – генератор сигналов; A3 – одновибратор; A4 – драйвер управления; A5, A6 – осциллограф; R1-токовый шунт.

Рис. 1. Принципиальная схема лабораторного стенда для экспериментальных исследований резонансного трансформатора

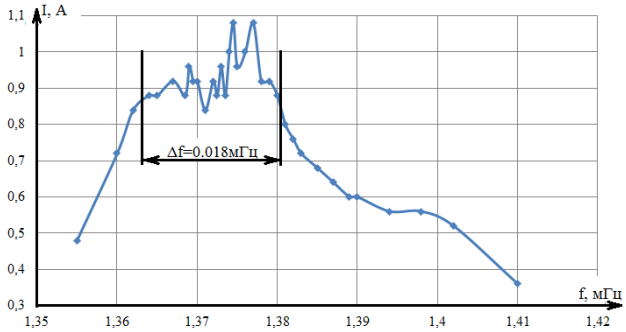


Рис. 2. График зависимости силы тока от частоты для значения ёмкости конденсатора C1=2,97пФ

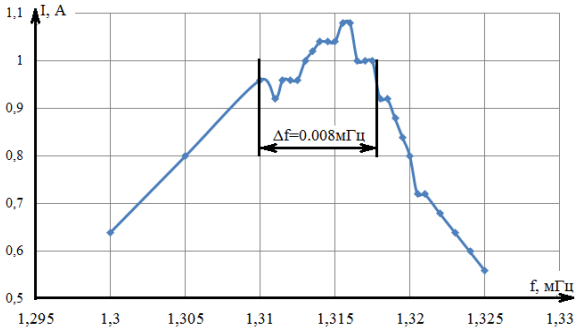


Рис. 3. График зависимости силы тока от частоты для значения ёмкости конденсатора C1=3,93пФ

На рисунках 2-4 представлены зависимости силы тока потребляемой от источника электропитания в функции частоты сигнала возбуждения РТ.

Ёмкость однообкладочного конденсатора С1 варьировалась и её величин устанавливалась 2,97; 3,93 и 5,64 пФ соответственно. На рисунке 2 представлена зависимость силы тока потребляемой от источника электропитания в функции частоты возбуждения РТ, только для С1= 2,97 пФ.

На рисунке 3 представлена зависимость силы тока потребляемой от источника электропитания в функции частоты возбуждения РТ, только для С1= 3,93 пФ.

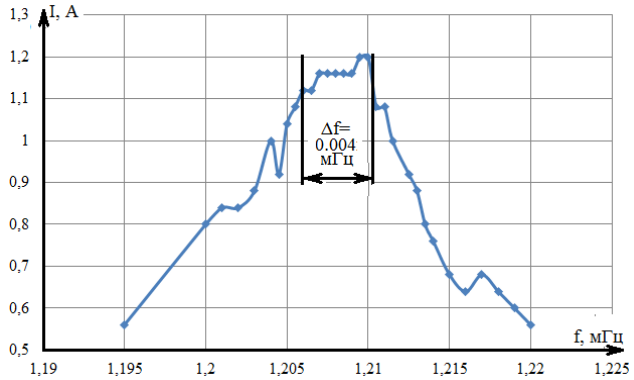


Рис. 4. График зависимости силы тока от частоты для значения ёмкости конденсатора С1=5,64пФ

На рисунке 4 представлена зависимость силы тока потребляемой от источника электропитания в функции частоты возбуждения РТ, только для С1= 5,64 пФ.

Таким образом разработана принципиальная схема и изготовлен лабораторный стенд для экспериментальных исследований резонансного трансформатора. Получена зависимость максимального значения силы тока через сопротивление R1 от частоты. С увеличением ёмкости С1 наблюдается увеличение потребления тока системой возбуждения и сокращения интервала Δf (Δf=0.018 МГц при ёмкости С1=2,97 пФ, Δf=0.008 МГц при ёмкости С1=3,93 пФ, Δf=0.004 МГц при ёмкости С1=5,64 пФ). С увеличением емкости конденсатора в высоковольтной части индуктивного резонатора с 2,97пФ до 5,64 пФ уменьшается частота резонанса с 1,37 мГц до 1,21 мГц.

Список литературы

1. Важов В.Ф., Кузнецов Ю.И., Куртенков Г.Е., Лавринович В.А., Лопати В.В., Мытников А.В. Техника высоких напряжений.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ДВУХЗВЕННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

А.А. Темирбеков, М.А Логинов, И.В. Васин

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В данной статье исследована эффективность двухзвенного преобразователя частоты с активным выпрямителем напряжения при питании от источника напряжения. Проведено имитационное моделирование преобразователя, приведены осциллограммы изменения сетевого напряжения, сетевого тока, а также коэффициента мощности.

Ключевые слова: двухзвенный преобразователь частоты, активный выпрямитель напряжения, асинхронный двигатель.

Асинхронный электропривод (ЭП) большинства промышленных механизмов, в частности грузоподъемных механизмов, строится на базе двухзвенных преобразователей частоты с источником напряжения. Преобразователи частоты подобных механизмов изготавливаются с применением управляемых выпрямителей на базе IGBT – модулей. При таком построении системы управления появляется возможность получить требуемые статические и динамические характеристики ЭП и потреблять из питающей сети или рекуперировать в питающую сеть только активную энергию. Кроме того, в приводах большой мощности немаловажную роль играет необходимость улучшения формы потребляемого тока из сети.

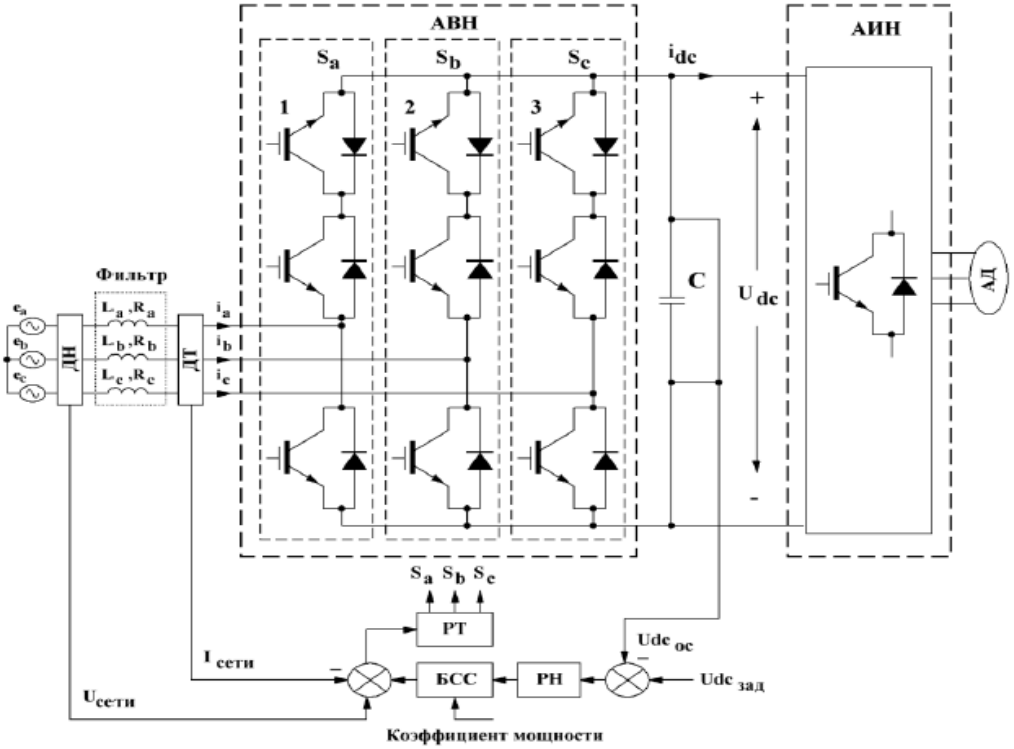


Рис. 1. Принципиальная схема двухзвенного преобразователя частоты со звеном постоянного тока с системой автоматического управления: АВН – активный выпрямитель напряжения; АИН – автономный инвертор напряжения; АД – асинхронный двигатель; ДН – датчик напряжения; ДТ – датчик тока; РТ – регулятор тока; РН – регулятор напряжения; БСС – блок согласования сигналов

Предложенная схема активного выпрямителя напряжения и структура системы автоматического управления (рис. 1), позволяет повысить эффективность асинхронного ЭП путем улучшения гармонического спектра сетевого тока и напряжения.

Система автоматического управления (САУ) активного выпрямителя напряжения (АВН) является двухконтурной с внешним контуром регулирования напряжения звена постоянного тока и внутренним контуром регулирования сетевого тока преобразователя частоты [3].

Особенность системы управления заключается в регулировании фазы входного тока, как в двигательном режиме, так и в режиме генераторного торможения с рекуперацией электроэнергии в питающую сеть. Реализация указанной структуры и системы автоматического управления, позволяет получить желаемое значение коэффициента мощности в системе ЭП.

Следовательно, двухзвенный преобразователь частоты с АВН может рассматриваться как энергосберегающий преобразователь. Кроме того, регулятор напряжения (РН) в звене постоянного тока и регулятор тока (РТ) фазы можно подобрать таким образом, чтобы передаточная функция преобразователя в системе автоматического управления от трехфазного напряжения, являющегося возмущающим воздействием, по напряжению в звене постоянного тока u_{dc} – стала эквивалентной фильтру низких частот [1].

Такое построение регуляторов позволит подавить пульсации напряжения в звене постоянного тока, которое является входным для АИН, а значит, будет влиять на спектр тока, подаваемого на статор машины переменного тока в частности на потери и колебания момента.

Линейные напряжения и токи трехфазной системы выражаются:

$$L_a \frac{di_a}{dt} = u_a - e_a - R_a i_a$$

$$L_b \frac{di_b}{dt} = u_b - e_b - R_b i_b$$

$$L_c \frac{di_c}{dt} = u_c - e_c - R_c i_c$$

$$C \frac{du_{dc}}{dt} = S_a i_a + S_b i_b + S_c i_c \pm i_{dc}$$

$$e_a = u_{dc} \frac{2S_a - (S_b + S_c)}{3}$$

$$e_b = u_{dc} \frac{2S_b - (S_a + S_c)}{3}$$

$$e_c = u_{dc} \frac{2S_c - (S_a + S_b)}{3}$$

L_a, L_b, L_c – индуктивность входного фильтра; i_a, i_b, i_c – линейные токи трехфазной системы; e_a, e_b, e_c – линейные напряжения трехфазной системы; R_a, R_b, R_c – активные сопротивления входного фильтра; u_{dc} – напряжение звена постоянного тока; S_a, S_b, S_c – ключевые состояния IGBT – транзисторов (1 или 0); C – емкость конденсатора звена постоянного тока; i_{dc} – ток звена постоянного тока. Знак « - » в i_{dc} соответствует режиму выпрямления, а знак « + » соответствует режиму инвертирования (режим генераторного торможения с рекуперацией энергии в питающую сеть). Линейные напряжения и токи трехфазной системы выражаются:

$$u_a = E_m cos\omega t$$

$$u_b = E_m \cos(\omega t + \frac{2\pi}{3})$$

$$u_c = E_m \cos(\omega t - \frac{2\pi}{3})$$

$$i_a = I_m \cos(\omega t + \varphi)$$

$$i_b = I_m \cos(\omega t + \frac{2\pi}{3} + \varphi)$$

$$i_c = I_m \cos(\omega t - \frac{2\pi}{3} + \varphi)$$

где E_m (I_m) – амплитуда фазового напряжения (тока); ω – угловая частота, φ – фазовый сдвиг.

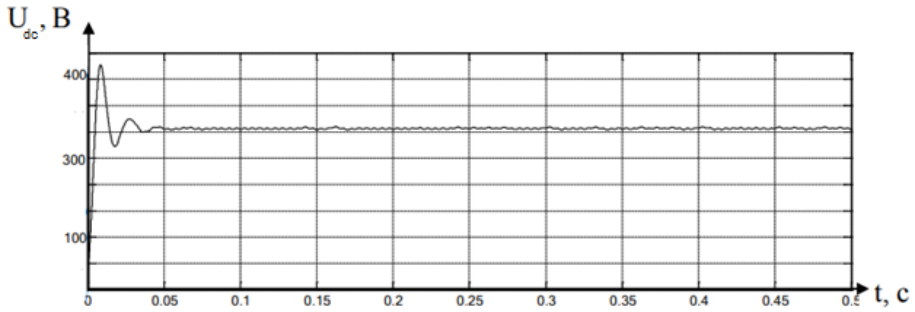


Рис. 2. Выпрямленное напряжение

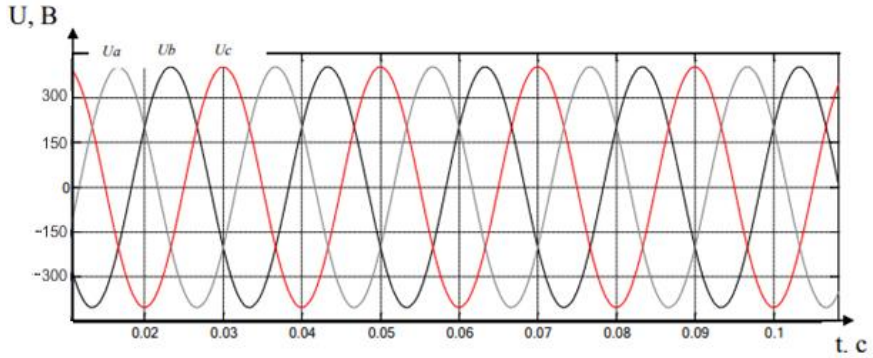


Рис. 3. Сетевое напряжение

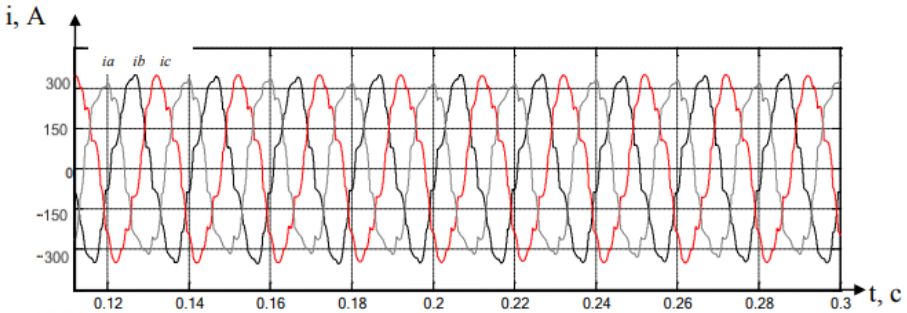


Рис. 4. Сетевой ток

Как видно статический режим в предлагаемой схеме описывается взаимными линейными уравнениями, которые можно использовать для исследования свойств и характеристик активного выпрямителя напряжения в системе ЭП [2]. Анализ динамических характеристик двухзвенного преобразователя частоты с активным выпрямителем напряжения проводился путем имитационного моделирования в среде MATLAB/ Simulink.

На рис. 2 приведена осциллограмма изменения напряжения звена постоянного тока u_{dc} на конденсаторе С. Данная характеристика получена путем управления IGBT – транзисторов верхнего плеча 1, 2, 3 активного выпрямителя напряжения (рис. 1).

На рис. 3 и 4 приведены осциллограммы изменения сетевого напряжения и сетевого тока двухзвенного преобразователя частоты с активным выпрямителем напряжения в системе автоматического управления, из которых видно, что сетевое напряжение и сетевой ток имеют синусоидальную форму близкую к идеальной.

Выполненный анализ эффективности асинхронного электропривода (ЭП) с двухзвенным преобразователем частоты на базе активного выпрямителя напряжения методом компьютерного моделирования показал, что для решения задач улучшения формы потребляемого из сети тока и получения коэффициента мощности ЭП близкого к единице потребовалась незначительная корректировка схемотехнических решений силовых цепей преобразователя частоты.

Благодаря обратимости система управления ЭП может обеспечить высокие энергетические показатели. В режиме генераторного торможения с рекуперацией электрической энергии в питающий сеть, АИН переходит в режим выпрямления, а АВН переходит в режим инвертирования. Этим обеспечивается двусторонний обмен энергией между питающей сетью и АД.

Таким образом, преимуществом предложенной структуры и способа управления является обеспечение высокого коэффициента мощности двухзвенного преобразователя частоты с активным выпрямителем напряжения в широком диапазоне регулирования выходных параметров АВН. Благодаря регулированию фазы входного тока, возможно в широком диапазоне регулировать коэффициент мощности преобразователя, следовательно, регулировать поток энергии. Формы сетевого тока и сетевого напряжения имеют синусоидальную форму близкую к идеальной.

Следовательно, двухзвенный преобразователь частоты с активным выпрямителем напряжения может рассматриваться, как энергосберегающий преобразователь с коэффициентом мощности $\cos\varphi \approx 1$ и может быть использован в грузоподъемных механизмах, работающих длительное время в режиме генераторного торможения с рекуперацией энергии в питающую сеть.

Список литературы

1. Колпаков А. И. Проблемы проектирования IGBT – инверторов//Компоненты и технологии. 2008. Вып. 5. 98-103 с;
2. Гельман М.В., Дудкин М.М., Преображенский К.А. Преобразовательная техника. Учебник. М.: Энергоиздат, 2009. – 367 с;
3. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты, Екатеринбург, УРО РАН, 2000. 654 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ КАСКАДНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В НЕСИММЕТРИЧНОМ РЕЖИМЕ

Д.Р. Трегуб[1], Н.А. Доброскок[1,2]

[1]*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина),*

[2]*филиал «ЦНИИ СЭТ» ФГУП «Крыловский государственный научный центр»*

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы управления каскадным преобразователем частоты в несимметричных режимах работы. На примере исследования системы «пятиуровневый каскадный преобразователь частоты – асинхронный двигатель» показаны процессы, происходящие при отказе одной из ячеек и вариант симметрирования токов нагрузки преобразователя частоты.

Ключевые слова: каскадный преобразователь, несимметричный режим, широтно-импульсная модуляция

Введение

В современных мощных высоковольтных электроприводах все чаще находят применение многоуровневые преобразователи частоты (ПЧ), построенные по каскадной схеме.

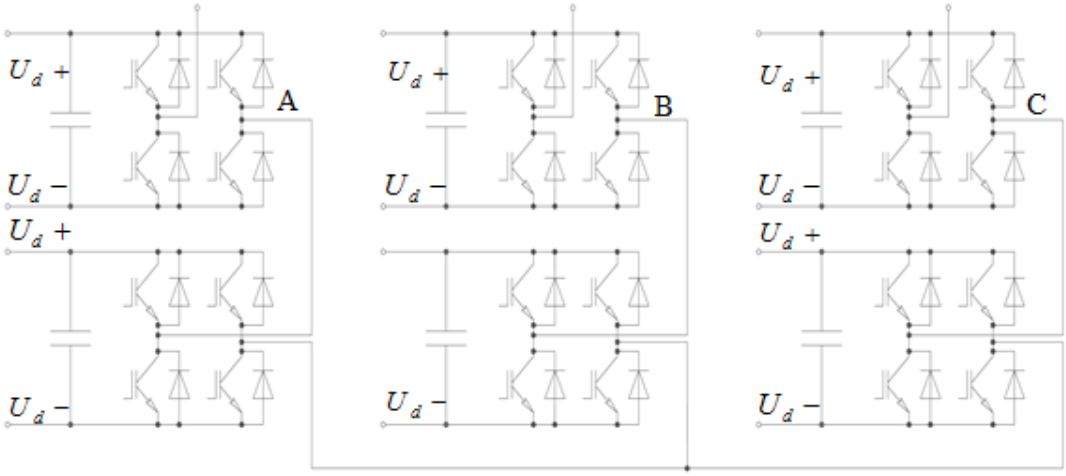


Рис. 1. Электрическая схема пятиуровневого каскадного ПЧ

В каждой фазе такого ПЧ используются низковольтные ячейки преобразования частоты с однофазными мостовыми автономными инверторами напряжения (АИН), соединенными последовательно. Пример такой схемы при питании каждого АИН от изолированного источника напряжения и последовательном соединении двух АИН в фазе приведен на рис. 1.

Применение таких ПЧ связано с целым рядом факторов: возрастающие требования к качеству выходного напряжения; возможность использования низковольтных ключей для обеспечения питания высоковольтной нагрузки; возможность обеспечения модульной структуры, повышающей надежность и ремонтопригодность ПЧ в целом. Кроме того, рассматриваемый каскадный ПЧ имеет возможность сохранить работоспособность при отказе любой из низковольтных ячеек путем ее шунтирования, т. е. исключения из работы.

Принципы управления каскадным ПЧ в несимметричном режиме

Для управления каскадным ПЧ в симметричном режиме работы, т. е. когда все элементарные низковольтные ячейки исправны, как и для других видов многоуровневых ПЧ, принято использовать алгоритмы формирования широтно-импульсной модуляции (ШИМ). В работе рассматривается алгоритм синусоидальной (скалярной) ШИМ, основанный на сравнении высокочастотного, например треугольного, несущего сигнала

$$u_{\text{нес}}(t) = 1 - 4 f_{\text{нес}} \cdot |t - kT_{\text{нес}}/2|, kT_{\text{нес}} \le t < (k+1)T_{\text{нес}} \quad (1)$$

и его смещенных по фазе или амплитуде копий, где $f_{\text{нес}}$ – частота формирования ШИМ; $T_{\text{нес}}$ – период формирования ШИМ; k – порядковый номер периода ШИМ, и системы опорных синусоидальных напряжений

$$\begin{cases} u_{A0}^{*} = U_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0) = MU_d \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \\ u_{B0}^{*} = U_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0 - 2\pi/3) = MU_d \cos(\omega_0 t + \varphi_0 - 2\pi/3) \\ u_{C0}^{*} = U_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0 + 2\pi/3) = MU_d \cos(\omega_0 t + \varphi_0 + 2\pi/3), \end{cases} \quad (2)$$

где M – коэффициент модуляции; U_0, ω_0 и φ_0 – амплитуда, частота и фаза первой гармоники напряжения, формируемого АИН; U_d – напряжение звена постоянного тока.

Более подробно алгоритмы формирования ШИМ на выходе каскадного АИН обсуждаются, например, в [1]. Отметим, что для формирования системы симметричных токов в нагрузке используется симметричная система опорных синусоидальных напряжений, в которой гармоники, отвечающие за формирование напряжения на выходе отдельной фазы, сдвинуты относительно друг друга на $2\pi/3$ рад или 120 эл. град., что показано на рис. 2 а. При этом, если принять значение напряжения каждой ячейки, равное 1 относительной единице (о. е.), то все фазные и линейные напряжения будут равны между собой и составят соответственно 2 и 3.46 о. е.

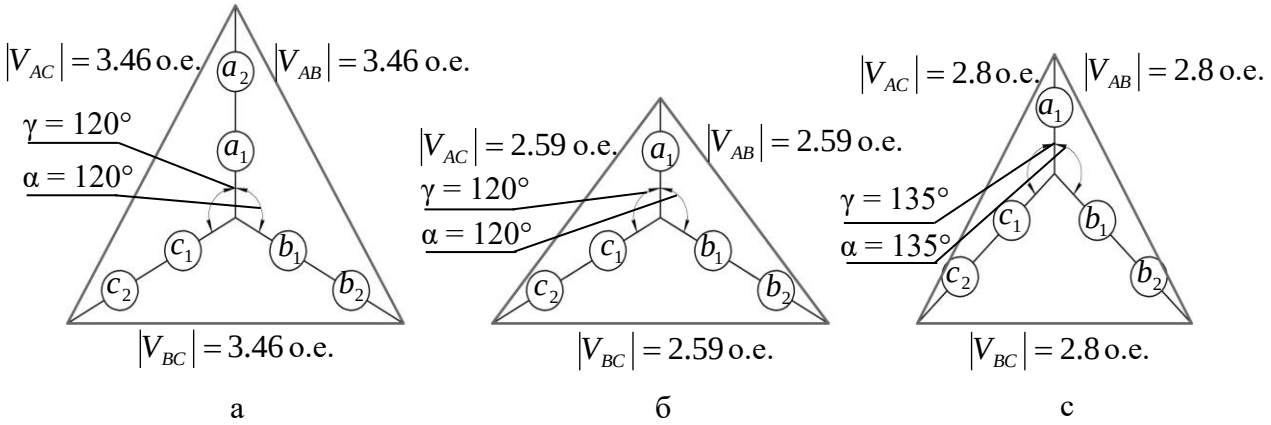


Рис. 2. Векторные диаграммы пятиуровневого каскадного ПЧ при работе в: а – симметричном режиме; б – несимметричном режиме; в – в несимметричном режиме с компенсацией

Более подробно рассмотрим работу каскадного ПЧ при отказе одной из низковольтных ячеек, т. е. в несимметричном режиме. Допустим, что применен известный алгоритм диагностики неисправностей низковольтных ячеек каскадных ПЧ, например [2], [3]. Тогда при отказе одной из таких ячеек должен срабатывать обходной контактор. Заданный режим работы системы поддерживается оставшимися функционирующими ячейками.

Для обеспечения симметричного режима работы нагрузки при возникшей несимметричной структуре ПЧ предлагается выровнять значения всех линейных напряжений. Очевидно, что при заданных напряжениях фаз это можно сделать за счет изменения сдвига фаз между ними от 120 эл. град. до некоего расчетного значения. Таким образом, необходимо модифицировать систему опорных синусоидальных напряжений (2).

Расчет углов между фазами возможен посредством применения различного математического аппарата. Одним из возможных вариантов отыскания углов, обеспечивающих равенство всех линейных напряжений, является решение системы тригонометрических уравнений, записанную с использованием теоремы косинусов,

$$\begin{cases} U_{AB} = U_{BC} \\ U_{AB} = U_{CA} \\ \alpha + \beta + \gamma = 2\pi \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U_A^2 + U_B^2 - 2U_A U_B \cos(\alpha) = U_B^2 + U_C^2 - 2U_B U_C \cos(\beta) \\ U_A^2 + U_B^2 - 2U_A U_B \cos(\alpha) = U_C^2 + U_A^2 - 2U_C U_A \cos(\gamma) \\ \alpha + \beta + \gamma = 2\pi \end{cases} \quad (3)$$

где U_{AB}, U_{BC} и U_{CA} – модули векторов линейных напряжений; U_A, U_B и U_C – модули векторов фазных напряжений; $\alpha = \angle(u_A, u_B)$, $\beta = \angle(u_B, u_C)$ и $\gamma = \angle(u_C, u_A)$ – сдвиг фаз между напряжениями соответствующими фазными напряжениями.

В результате решения системы уравнений (3) в MatLab для случая отказа одной низковольтной ячейки в пятиуровневом каскадном ПЧ получены значения искомых углов: $\alpha = 135.52$ эл. град., $\beta = 88.95$ эл. град. и $\gamma = 135.52$ эл. град. При этом восстановлен баланс линейных напряжений, которые составляют 2.8 о. е. (см. рис. 2 в).Стоит отметить, что приведенный способ составления системы (3) является неединственным. Так некоторые источники, например [1], предлагают жестко задавать угол между фазами, в которых есть отказы ячеек, равный 180 эл. град. Это обеспечивает максимально достижимое значение линейных сбалансированных напряжений.

Результаты исследования каскадного ПЧ в MatLab

Приведем результаты исследования работы асинхронного двигателя от пятиуровневого каскадного ПЧ в нормальном режиме, несимметричном режиме и с исходном управлением и несимметричном режиме и с модифицированном управлении на рис. 3.

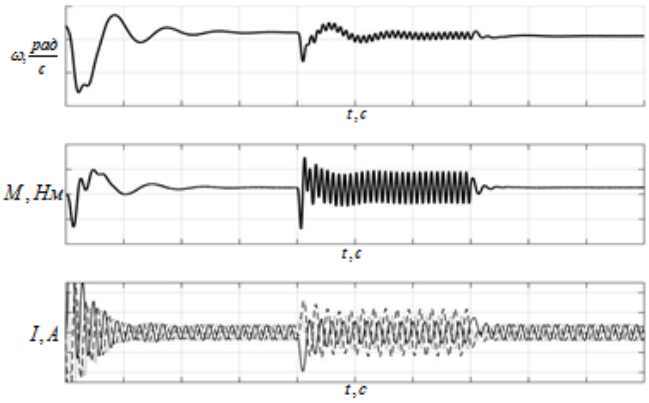


Рис. 3. Переходные процессы в асинхронном электродвигателе при отказе одной ячейки ПЧ

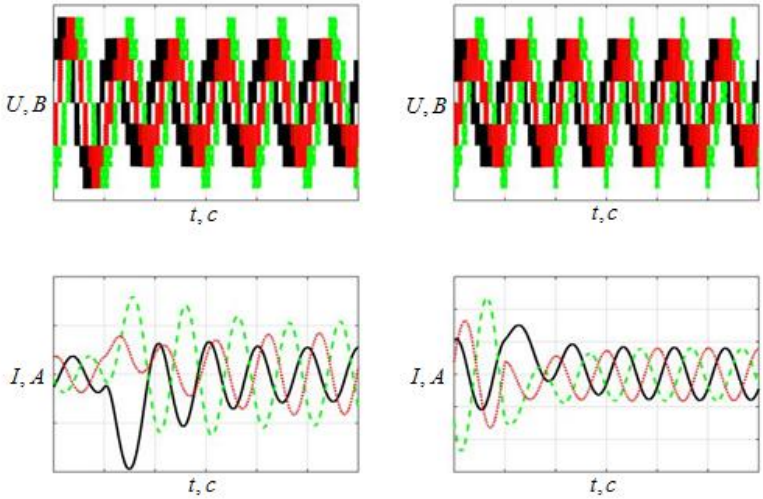


Рис. 4. Токи и напряжения в момент возникновения аварийной ситуации и после коррекции алгоритма

На графиках показаны следующие процессы: в начальный момент на асинхронный двигатель, работающий в установившемся режиме, подается ступенчато постоянный момент

нагрузки; в момент времени, равный 0.4 с, происходит отказ одной ячейки в фазе «А»; в момент времени, равный 0.7 с, происходит коррекция алгоритма управления.

Дополнительно приведем эпюры токов и напряжений в момент возникновения аварийной ситуации и после коррекции алгоритма управления на рис. 4.

Как следует из графиков переходных процессов (см. рис. 3 и 4), отказ одной ячейки каскадного ПЧ сопровождается нарушением симметрии токов обмотки статора и, как следствие, появлением колебаний электромагнитного момента и скорости вращения. Эти процессы не только ухудшают качество работы электродвигателя, но и приводят к неравномерности нагрева фаз обмотки статора, что может вызвать отказ двигателя. После коррекции алгоритма управления происходит выравнивание токов обмотки статора и стабилизация электромагнитного момента и скорости вращения асинхронного двигателя.

Заключение

В работе показана возможность формирования на выходе каскадного ПЧ в случае отказа одной и более элементарных ячеек системы напряжений, обеспечивающих протекание в нагрузке симметричной системы токов. Естественно, что симметрирование токов после отказов ячейки каскадного ПЧ сопровождается уменьшением возможного линейного напряжения и мощности, а значит, уменьшением жесткости механической характеристики асинхронного двигателя при сохранении критического скольжения. Приведенные результаты подтверждены моделированием в системе MatLab.

Список литературы

1. Rodriguez, J. Operation of a medium-voltage drive under faulty conditions / J. Rodriguez, P. Hammond, J. Pontt, R. Musalem, P. Lezana, M. J. Escobar // IEEE Trans. Ind. Electron. – 2005. – Vol. 52, № 4. – p. 1080 – 1085;
2. Aguilera, R. Fault Detection on Multicell Converter Based on Output Voltage Frequency Analysis / R. Aguilera, P. Lezana, J. Rodrguez, C. Silva // Proc. 32nd annual IEEE IECON. – 2006. – p. 1691-1696;
3. Baudesson, P. Faultmanagement of multicell converters / P. Baudesson, C. Turpin, F. Richardeau, F. Forest, T. Meynard // IEEE Trans. Ind. Electron. – 2002. – Vol. 49, № 5. – p. 988 – 997.

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И СИСТЕМА SMART

А.Н. Удербаев, Н.С. Алимбаев, У.К. Искаков

Карагандинский государственный технический университет

Аннотация. В данной статье рассмотрена существующая энергосистема Казахстана, показано ее состояние на сегодняшний день, рассмотрены перспективные направления ее развития. Выявлены основные проблемы на пути внедрения объектов с распределенной генерацией. Рассмотрен опыт внедрения системы Smart-grid за рубежом. Резюмируя все вышесказанное, авторы делают выводы, что для дальнейшего развития энергетики Казахстана необходимо предпринять ряд существенных преобразований.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, распределенная генерация, адаптивная релейная защита, Smart-grid.

На сегодняшний день подавляющая часть генерируемой электроэнергии в Казахстане приходится на объекты централизованной генерации. Большинство электростанций в Казахстане работают на природном газе, угле или нефтепродуктах, учитывая то что Казахстан

входит в число мировых лидеров по разнообразию и количеству полезных ископаемых, можно не беспокоиться о нехватке энергоресурсов на ближайшие десятилетия. Однако даже несмотря на наличие немалых запасов ископаемого сырья, не стоит забывать о том, что эти ресурсы ограниченны и их истощение всего лишь вопрос времени.

Кроме того, большая часть генерирующих станций на территории Казахстана являются еще наследием советской эпохи, на которых эксплуатируется устаревшее и изношенное оборудование, которое рано или поздно выйдет из строя. В связи с этим весьма разумным и дальновидным решением является наращивание мощностей возобновляемых источников энергии (ВИЭ), конечно амбициозные планы правительства по увеличению доли альтернативных источников энергии к 2030 году до 30%, [1] учитывая нынешнее состояние данной отрасли в нашей стране вызывает большие и обоснованные сомнения.

Весьма перспективными направлениями ВИЭ для нашей Республики, учитывая климатические и географические условия являются энергия ветра, солнечная энергия особенно в южных и западных регионах, гидроэнергетика, энергия биогаза. [2] Однако стоит акцентировать внимание на том что интеграция ВИЭ в существующею сеть не может проходить спонтанно и хаотично. Так как нынешние сети спроектированы и построены за своим большинством еще в прошлом столетии, и их конфигурация и топология предназначена для работы в сети с централизованной генерацией, то подключение в общею сеть объектов с распределенной генерацией должно происходить с учетом всех подводных камней и проблем, которые могут возникнуть.

Одной из главных проблем на пути к успешному внедрению и эксплуатации объектов с распределенной генерацией является работа устройств релейной защиты и автоматики в различных режимах работы данных объектов. Так как в зависимости от топологии сети в реальный момент времени в сети с распределенной генерацией следует учитывать многие факторы: положение коммутирующих аппаратов, значение и направление токов и мощности, принимать в расчет значение генерации, потребления и спроса электроэнергии у различных частей энергосистемы. Для решения данных задач целесообразным является применение так называемой адаптивной релейной защиты, которая будет изменять логику и уставки устройств в зависимости от изменяющихся факторов энергосистемы.

В данном направлении за рубежом развивается так называемая система Smart-grid – интеллектуальная система, основанная на активном применении цифровых технологий. Термин Smart Grid до сих пор не имеет общепринятой интерпретации. Так, в соответствии с трактовкой, сформулированной Европейской технологической платформой, Smart Grids понимаются как «электрические сети, удовлетворяющие будущим требованиям по энергоэффективному и экономичному функционированию энергосистемы за счет скоординированного управления и при помощи современных двусторонних коммуникаций между элементами электрических сетей, электрическими станциями, аккумулирующими устройствами и потребителями» [3]. Министерство энергетики США позиционирует Smart Grid как «полностью автоматизированную энергетическую систему, обеспечивающую двусторонний поток электрической энергии и информации между электрическими станциями и устройствами повсеместно. Smart Grid за счет применения новейших технологий, инструментов и методов наполняет электроэнергетику «знаниями», позволяющими резко повысить эффективность функционирования энергетической системы…» [4].

Согласно последним исследованиям компании NextGen коммунальные компании и правительства по всему миру израсходовали в 2008 г. больше чем 12 млрд дол. для модернизации и развития smart-технологий, при этом, по прогнозам, к 2014 г. эта сумма вырастет до

более чем 33 млрд. Аналитики Международного энергетического агентства отмечают, что США в указанный период догонят и перегонят европейские страны по степени оснащенности smart-приборами учета за счет вложения огромных средств в данном направлении [5]. По мнению правительства США, путем внедрения smart-технологий будет обеспечена возможность существенной экономии потребителей и снижения зависимости страны от импорта нефти за счет повышения эффективности и стимулирования использования возобновляемых источников энергии [6]. В странах Европейского союза (далее — ЕС) также активно ведется работа по развитию и реализации концепции Smart Grid. Уже успешно запущен ряд программ и проектов с целью понимания сложностей, связанных с внедрением Smart Grid, и отработки предлагаемых решений. Для координации действий и выработки стратегии в ЕС создана технологическая платформа Smart Grids —European Technology Platform for Electricity Networks of the Future — «Европейская технологическая платформа для электрической сети будущего», которая была запущена с целью создания и популяризации концепции развития европейских электрических сетей до 2020 г. и далее [3]. Концепция этой платформы была разработана в 2004 г., а сама платформа официально образована в 2006 году. Конечная цель европейской технологической платформы Smart Grid, или энергетической системы будущего, — разработка и реализации программы развития европейской энергетики до 2020 г. и далее. По прогнозам аналитиков, основными трендами рынка Smart Grid станут: повышение надежности и безопасности энергетических систем, а также их эффективности, снижение расходов на передачу и потребление электроэнергии, обеспечение баланса между объемами выработки и потребления электроэнергии, снижение степени влияния электроэнергетики на окружающую среду. На этом пути индустрии придется не только столкнуться с задачами технического и финансового плана, но и решить проблему отсутствия стандартов.

Если же говорить о концепции умных сетей, то больше всех на постсоветском пространстве интересен опыт России, и их планы на развитие в данном направлении.В сфере технологического совершенствования ЕЭС России Энергетической стратегией-2030 предусмотрены для повышения управляемости и обеспечения надежности функционирования электроэнергетических систем широкое внедрение гибких систем передачи электроэнергии (устройств FACTS) и совершенствование комплексов автоматической аварийной защиты и диспетчерского управления. Внедрение технологий FACTS в России уже было ранее инициировано Приказом РАО «ЕЭС России» № 488 в 2003 г. «О создании управляемых линий электропередачи и оборудования для них». Некоторые элементы FACTS уже установлены на ряде подстанций. [7] Возвращаясь обратно к теме адаптивной релейной защиты следует отметить что одно из основных и существенных отличий данной защиты от ныне существующих устройств релейной защиты и автоматики (УРЗА), является сама ее конфигурация: когда отдельное устройство на каком-либо присоединении не работает автономно, а является частью одной общей системы защиты соединенной по каналам связи, что конечно же является совершенно иным подходом в релейной защите. Для построения подобных крупных систем УРЗА был разработан и создан стандарт МЭК-61850, описывающий форматы протокола передачи данных, виды информации, правила описания элементов энергообъекта и свод правил для организации событийного протокола передачи данных. [8] В настоящее время большинство крупных производителей микропроцессорного УРЗА взяло курс на применение данного стандарта в своем производстве новой продукции. [9]

В тоже время в нашей стране отсутствует какая-либо единая программа по развитию систем Smart Grid и ВИЭ как отрасли в целом. [10] Какие-либо крупные проекты подаваемые реализуемые в рамках инноваций являются по сути реконструкцией и модернизацией старого оборудования, например смена устройств РЗиА на основе электромеханики на микропроцессорные терминалы. [11] Нет также утвержденного стандарта по адаптивной релейной защите, и также отсутствуют крупные исследования по внедрению и применению стандарта МЭК-61850 на объектах цифровой подстанции.

Отсутствие современной и единой программы по внедрению Smart Grid а также активной интеграции ВИЭ в энергосистему страны в значительном роде сдерживает развитие отечественной энергетики и ее процесс интеграции в мировую систему. [12]

Резюмируя все вышесказанное, я делаю следующие выводы, что для дальнейшего развития отечественной энергетики необходимо предпринять ряд шагов:

- следовать долгосрочным программе развития отечественной энергетики основанной на детальном изучении всей отрасли, и не идти на поводу у моды в данном вопросе,
- предварительный расчет и анализ оптимальных путей внедрения ВИЭ, Smart Grid, МЭК-61850 учитывая зарубежный опыт,
- создание единой государственной стратегии развития ВИЭ,
- создание нормативов для внедрения Smart Grid,
- подготовка нормативно-правовой базы для инноваций в области энергетики,
- модернизация/ремонт существующего оборудования, с учетом современных стандартов и требований,
- учитывая отсутствие совместимости у различных производителей оборудования рассмотреть возможность применения однотипного или совместимого оборудования,
- уделить особое внимание вопросу информационной безопасности, так как отличительной особенностью цифрового оборудования, используемого в энергетике является возможность обмена данными, в данном направлении рассмотреть возможность применения стандарта IEC 62351, [13]
- ввиду того что в ВИЭ широкое применение нашли ветрогенераторы а также преобразователи тока, да и сам принцип исполнения сети с распределенной генерацией отличается от сети с централизованной генерацией, следует разработать методику расчетов переходных процессов и уставок защит для данных объектов,
- все эти вопросы должны решаться комплексно на государственном и межгосударственном уровне с привлечением проектных институтов, комитетов по стандартизации т.п.

Список литературы

1. Куменов. А. Казахстан и возобновляемые источники энергии: фантастика или дальновидный шаг? [Электронный ресурс] // Электронный новостной портал. 07.06.18. URL: http://inozpress.kg/news/view/id/52983 (дата обращения 06.12.2018);
2. Исаев. Т. «Позеленеет» ли энергетика в Казахстане? [Электронный ресурс] // Электронный журнал. 17.02.2013 URL: https://forbes.kz/process/energetics/pozeleneet_li_energetika_v_kazahstane/?utm_source=forbes&utm_medium=mlt_articles&utm_campaign=171753 (дата обращения 11.03.2019);
3. European Commission Directorate-General for Research Information and Communication Unit European Communities: «European Technology Platform Smart Grids, Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the future», European Communities, 2006;
4. «Grids 2030». A National Vision for Electricity's Second 100 years. Office of Electric Transmission and Distribution of USA Department of Energy, 2003;
5. World Energy Outlook 2009. International Energy Agency (IEA), Paris. — 2009. — 691 pp.
6. Интеллектуальные сети (Smart Grid) и энергоэффективность // Материалы конференции компании

General Electric. — Москва, 11 февраля 2010 года;
7. Распоряжение Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. № 1715-р «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года»;
8. Головин А., Аношин А. Структура стандарта МЭК 61850 // [Электронный ресурс] Электронный онлайн журнал. URL: http://digitalsubstation.com/blog/2012/10/18/struktura-standarta-me-k-61850/ (дата обращения 12.03.2019);
9. MiCOM P841. Мультифункциональный терминал защиты линии и управления интеллектуальным электронным устройством. [Электронный ресурс] // Электронный ресурс Schneider Electric. https://www.se.com/kz/ru/product-range-presentation/60735-micom-p841/ (дата обращения 12.03.2019)
10. Почему в Казахстане не будет госпрограммы по развитию ВИЭ [Электронный ресурс] // Электронный новостной портал. URL: https://ru.sputniknews.kz/economy/20180611/5987891/kazakhstan-programma-vie-bozumbayev.html (дата обращения 12.03.2019);
11. Малых Г. KEGOC: по линиям успеха. [Электронный ресурс] // Электронное издание «Казахстанская правда». 22.12.2016 URL: https://www.kazpravda.kz/articles/view/kegoc-po-liniyam-uspeha/ (дата обращения 12.03.2019);
12. Д.В. Зеркалов. Политическая безопасность. – Киев: «Основа», 2012. – 1067;
13. И. Алымов. Проблемы информационной безопасности подстанции и способы их решения // [Электронный ресурс] Электронный онлайн журнал. URL:http://digitalsubstation.com/blog/2016/02/17/problemy-informatsionnoj-bezopasnosti-podstantsii-i-sposoby-ih-resheniya/ (дата обращения 22.03.2019)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА «НЕУПРАВЛЯЕМЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ – ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТЫ» ПО СРЕДСТВОМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Е.Д. Усова, К.А. Егоров, Д.В. Лисицын

Карагандинский государственный технический университет

Аннотация. В статье исследуется электропривод по системе «Неуправляемый выпрямитель – широтно-импульсный преобразователь повышенной частоты». Представлена схема замещения силовой части рассматриваемого электропривода, а также разработанная его математическая модель в ППП MatLab. По результатам реальных и виртуальных экспериментов доказана адекватность имитационной модели.

Ключевые слова: IGBT, неуправляемый выпрямитель, широтно-импульсный преобразователь, постоянный ток, электропривод, имитационная модель.

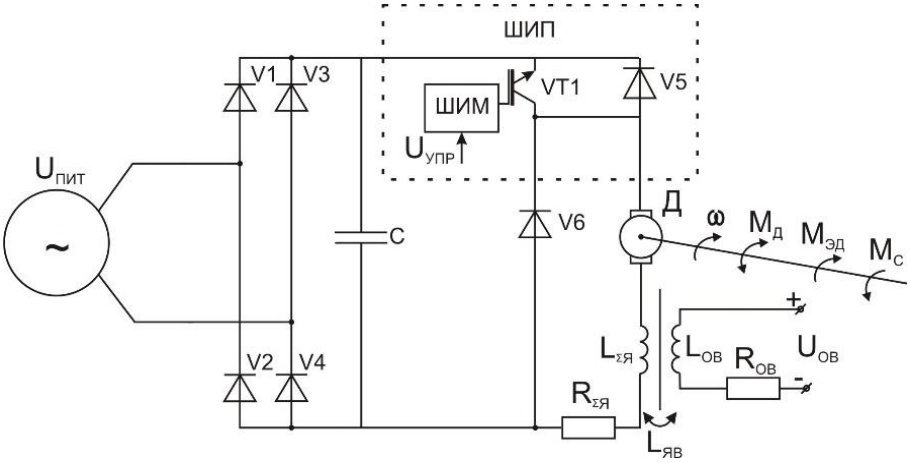
В связи с освоением промышленного производства силовых полупроводниковых приборов нового технического уровня IGBT и бурным развитием компьютерных технологий появились возможности существенного улучшения статических и динамических характеристик электроприводов постоянного тока.

Перспективным вариантом является создание электропривода по системе «Неуправляемый выпрямитель – широтно-импульсный преобразователь повышенной частоты» (НВ-ШИП ПЧ). Повышение частоты коммутации преобразователя позволит повысить быстродействие электропривода, улучшить его энергетические характеристики и уменьшить зону прерывистых токов.

С целью исследования электропривода «НВ-ШИП ПЧ», разработанного на основе IGBT модулей, создан стенд и выполнены экспериментальные исследования[1].

Схема замещения силовой части разработанного электропривода изображена на рисунке 1.

Напряжение источника питания подается на неуправляемый выпрямитель цепи якоря. С выхода неуправляемого выпрямителя через емкость и ШИП напряжение подается в цепь якоря электродвигателя.



$U_{ИП}$ – напряжения источника питания, диоды (V1-V4) – однофазный неуправляемый выпрямитель, C – емкостной сглаживающий фильтр, ШИП – широтно-импульсный преобразователь, который состоит из IGBT (VT1), шунтирующего диода V5 и ШИМ (широтно-импульсного модулятора), $U_{УПР}$ – напряжение управления, Д – электродвигатель постоянного тока, диод V6 – диод, шунтирующий цепь якоря электродвигателя Д, $L_{ΣЯ}$ – суммарная индуктивность цепи якоря, $R_{ΣЯ}$ – суммарное сопротивление цепи якоря, $L_{ЯВ}$ – взаимоиндукция между цепью якоря и цепью обмотки возбуждения, $L_{ОВ}$ –индуктивность обмотки возбуждения, $R_{ОВ}$ –сопротивление обмотки возбуждения, $U_{ОВ}$ – напряжение, подаваемое в цепь обмотки возбуждения, ω – угловая скорость электродвигателя Д, $M_Д$ – динамический момент электродвигателя Д, $M_{ЭД}$ – момент электродвигателя Д, $M_С$ – момент сопротивления.

Рис. 1. Схема замещения электропривода постоянного тока

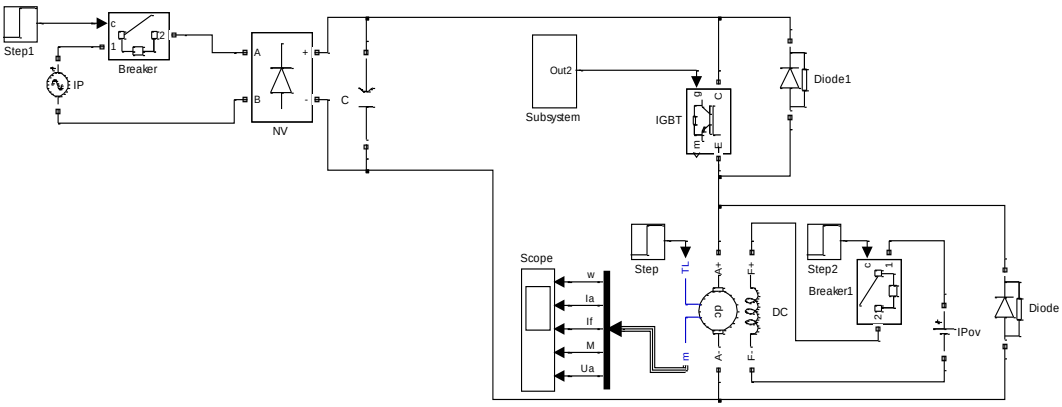


Рис. 2. Имитационная модель электропривода постоянного тока

Особенностью данного электропривода является наличие ШИП ПЧ и емкостного сглаживающего фильтра, которые повышают быстродействие электропривода, улучшают его энергетические характеристики и уменьшают зону прерывистых токов.

Для синтеза системы автоматического регулирования с использованием ППП MatLab осуществлена разработка математической модели электропривода постоянного тока (ЭП ПТ) по системе «НВ-ШИП ПЧ», его имитационная модель представлена на рисунке 2.

Основными функциональными блоками имитационной модели являются:

- источник питания: однофазный, синусоидальный, амплитуда 310В, частота 50Гц (IP);
- неуправляемый выпрямитель: универсальный однофазный диодный мост (NV);
- емкостной сглаживающий фильтр (C);
- ШИП: представляет собой IGBT, шунтированный диодом (IGBT+Subsystem+Diode);
- электродвигатель постоянного тока (DC).

Технические характеристики машины постоянного тока представлены в таблице 2.

Таблица 2

Марка	П22
Мощность, кВт (Продолжительный режим)	1,0
Напряжение якоря ($U_Я$), В	220В
Ток якоря, А	5,9А
Номинальная скорость, об/мин	1500
Момент инерции якоря, кг·м^2	0,052
Сопротивление обмотки якоря, Ом	4,17
Сопротивление обмотки возбуждения, Ом	880
Напряжение обмотки возбуждения, В	220

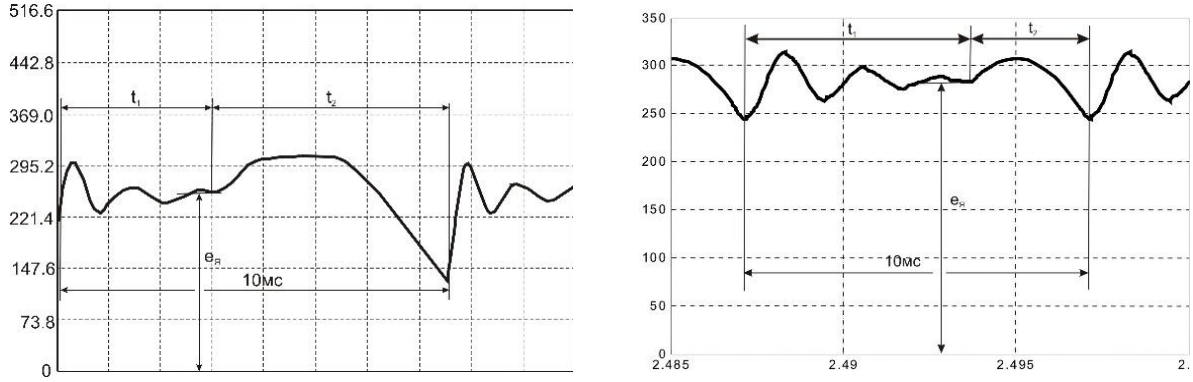
Для построения имитационной модели использованы стандартные блоки библиотеки SPS Simulink ППП MatLab.

Для оценки адекватности работы электропривода проведены имитационные исследования в наиболее характерных режимах его работы:

холостой ход;

номинальный режим;

режим работы при UЯ=0,5UЯ.

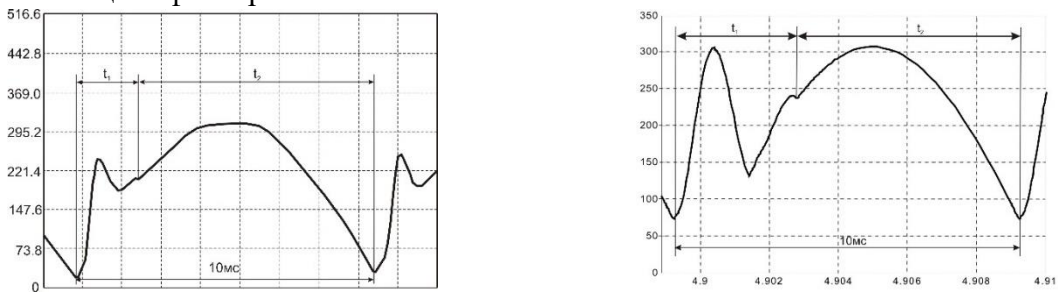


а) *б)*

Рис. 3. Осциллограммы напряжения на якоре электродвигателя, снятые в режиме холостого хода: а) экспериментальная осциллограмма, б) результат имитационного эксперимента

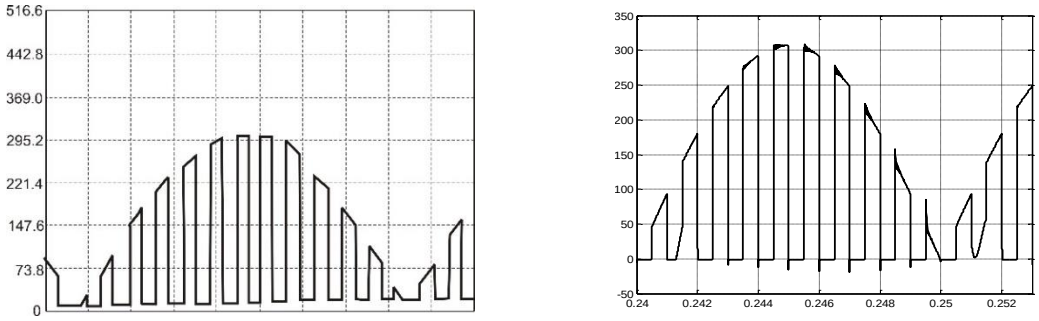
Результаты экспериментов, выполненных на реальном стенде, и на имитационной модели, приведены на следующих рисунках: осциллограммы напряжения в режиме холостого хода - на рисунке 3, номинального режима работы - на рисунке 4, в режиме работы при UЯ=0,5UЯ - на рисунке 5; осциллограммы тока для режима при UЯ=0,5UЯ - на рисунке 6. Эксперименты проводились для частоты коммутации ШИП, равной 1 кГц. Проведем анализ полученных результатов.

Участки t_1 (рисунки 3-4) соответствуют нулевому току через обмотку якоря электродвигателя. Колебательные процессы вызваны закрытием одной пары вентилей и открытием второй пары, частота колебания и интенсивность затухания колебательных процессов зависят от индуктивной и активной компоненты цепи якоря и емкости сглаживающего фильтра.



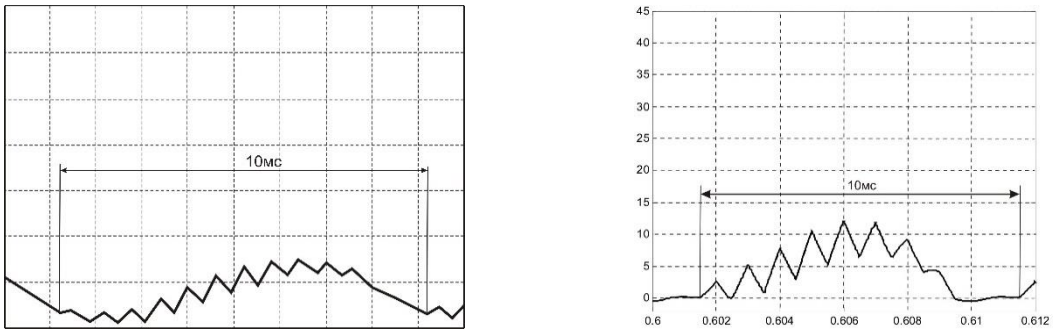
а) *б)*

Рис. 4. Осциллограммы напряжения на якоре электродвигателя, снятые в номинальном режиме работы:
а) экспериментальная осциллограмма, б) результат имитационного эксперимента



а) *б)*

Рис. 5. Осциллограммы напряжения на якоре электродвигателя в режиме работы при UЯ=0,5UЯ при номинальной нагрузке:
а) экспериментальная осциллограмма, б) результат имитационного эксперимента



а) *б)*

Рис. 6. Осциллограмма тока якоря электродвигателя в режиме работы при $U_Я$=0,5$U_Я$ при номинальной нагрузке:
а) экспериментальная осциллограмма, б) результат имитационного эксперимента

Участки t_2 (рисунок 3-4) характеризуют протекание тока через якорь. Общий характер, амплитуда и длительность периода осциллограмм напряжения и тока якоря, снятых с реального стенда и имитационной модели совпадают.

Отличия реальных и имитационных осциллограмм заключаются в длительности разряда ЭДС самоиндукции электродвигателя (участки t_1) и броске напряжения в первой трети на участках t_1. Это объясняется неточностью оценки параметров в демпфирующей цепи вентилей имитационной модели рассматриваемого электропривода, тем не менее ошибка моделирования не превышает 5%. В таблице 2, эксперимент 1, последняя треть участков t_1 соответствует напряжению ЭДС электродвигателя

Из осциллограммы эксперимента № 3 и 4 можно судить о том, что при нагрузке на валу двигателя в момент, когда силовой ключ закрыт, ток непрерывен в области работы одной пары вентилей. В момент закрытия одной пары вентилей и открытия второй пары появляется зона прерывистого тока. Следует отметить, что зона прерывистых токов в рассматриваемом электроприводе при частоте $f_{ШИМ}$=1кГц меньше, чем в электроприводах по системе «тиристорный преобразователь - двигатель», содержащих однофазный двухполупериодный выпрямитель.

Из результатов проведенного сравнительного анализа можно сделать вывод, что разработанная имитационная модель ЭП ПТ, построенного по системе «НВ - ШИП ПЧ», адекватна, обеспечивает точность в пределах 5% и может быть использована для исследования характеристик и режимов работы исследуемого ЭП.

Список литературы

1. Брейдо И.В., Садвакасов В.С. Электропривод постоянного тока с широтно-импульсной модуляцией повышенной частоты // Тезисы докладов межвузовской региональной студенческой научной конференции. 19-20 апреля 2007г. Часть 1. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2007. 566с.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРИВОДА СХВАТА ДЛЯ РУКИ АНДРОИДНОГО РОБОТА

Ху Хаожань, Н.И. Татаринцев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Статья посвящена разработке электронного привода схвата для руки андроидного робота. Целью разработки является создание электронного привода схвата для руки андроидного робота. На основе существующего робота.

Ключевые слова: микроконтроллер, электромагнитный привод, система управления

Инвалидам, у которых только одна рука, очень не удобно или в принципе невозможно держать предметы, а также выполнять различные действия. Хотя техника и электроника развиваются быстро, но большинство их проектируются для роботов или промышленных устройств, либо являются дорогостоящими. И обычно у большинства инвалидов нет возможности их иметь. Поэтому надо построить новый отвечающие робот, отвечающий их потребностям.

У руки андроидного робота есть пять пальцев (большой палец неподвижный, а остальные четыре пальца могут перемещаться), ещё есть два сустава. Инвалиды могут жестикулировать с помощью андроидной руки, держать чашки, открывать двери, включать

лампу и т.д. В руке андроидного робота планируется использовать микроконтроллер, посредством программы которого можно изменять и регулировать параметры движения.

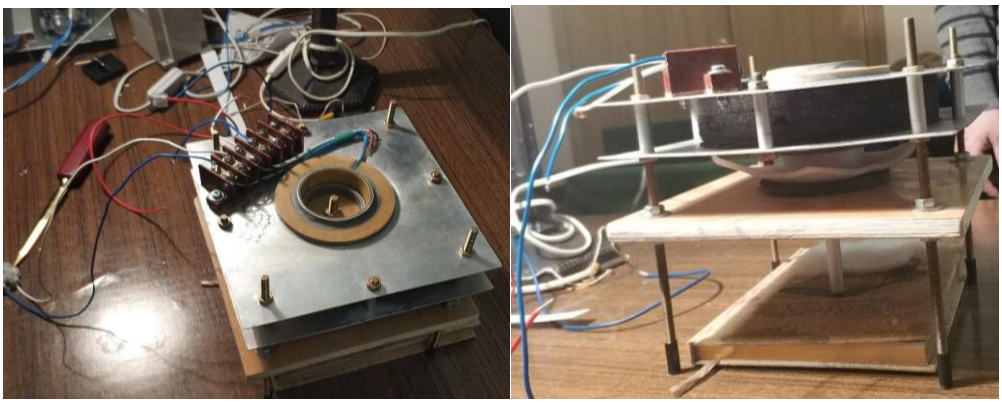


Рис. 1. Макет электромагнитного привода

Полная машина состоит из силовой секции, трансмиссии и рабочего механизма, и энергия передается от силовой секции к рабочему механизму через трансмиссию. Согласно различным рабочим средам, передачу можно разделить на 5 категорий: гидравлический привод, пневматический привод, электрический привод, механический привод и новый привод . Но рука должна быть достаточно прочной, легкой, простой в эксплуатации и ремонте. Для инвалида, андроидная рука должна быть лёгкая, потому что тяжелый вес будет создавать обузу. Электромагнитный привод, легче чем шаговый двигатель или серводвигатель, потому что его структура проще , например катушка и постоянный магнит. На рисунке 1 изображён макет электромагнитного привода.

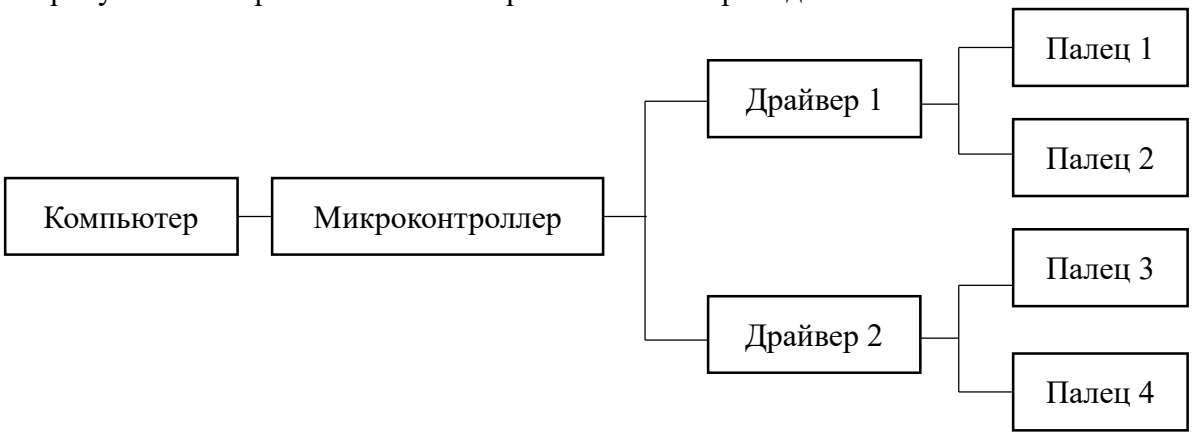


Рис. 2. Структура электропривода схвата

Структура электропривода схвата руки андроидного робота состоит из компьютера, микроконтроллера, драйверов и механизмов пальцев. Компью-тер передает программу в микроконтроллер, микроконтроллер формирует выходные сигналы для драйверов, драйверы получают сигнал и выводят требуемое напряжение в электромагнитную систему привода. Тем самым управляют движением пальцев. На рисунке 2 изображна структура электропривода схвата.

В качестве ядра управления всей системы очень важно выбрать подхо-дящий однокристальный микрокомпьютер, который будет непосредственно влиять на скорость реакции и управляющий эффект робота. Рассмотрим вы-бор микроконтроллера из следующих аспектов: память, скорость, периферийные требования, средства разработки,

количество портов ввода-вывода, рабочее напряжение и цена. Поэтому выбрал Arduino DUE. Платформа Arduino DUE проектируется на базе микроконтроллера Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3. У него 54 цифровых портов I/O (среди них 12 портов можно использованы под выходы ШИМ), 12 аналоговых вхо-дов, 4 UARTa (аппаратный последовательный порт), тактовой генератор 84 МГц, USB-связь с поддержкой OTG, 2 цифро-аналоговых преобразователя порта, 2 TWI, разъем SPI, разъем JTAG, разъем питания, кнопка сброса. На рисунке 3 изображен внешний вид платформы Arduino DUE.

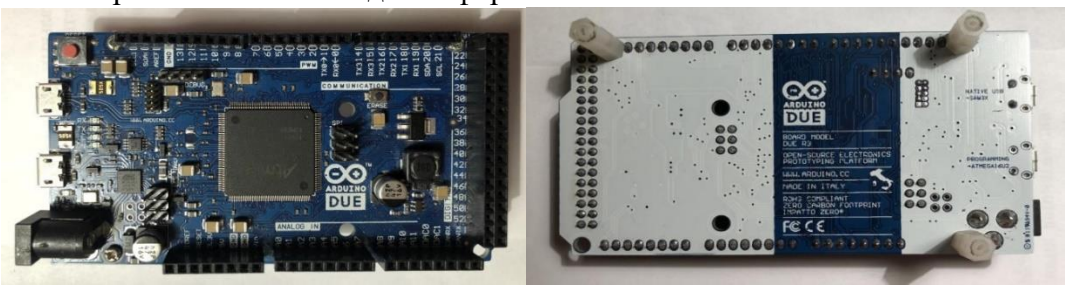


Рис. 3. Внешний вид платформы Arduino DUE

VNH2SP30 полный мостовой драйвер мотора, предназначенный для широкого диапазона применений. На одной плате используются два драйвера.

Драйвер VNH2SP30 обычно используется для коллекторных двигателей. Однако его можно применять и для управления электромагнитными приводами. Характеристики драйвера:

•Напряжение питания: 5.5 V-16V

•Номинальный\максимальный ток: 14A\30A

•Максимальная частота ШИМ: 20 КГ

•Тепловая защита

•Управление логическим уровнем 3.3 вольт

•Защиты от обратной батареи.

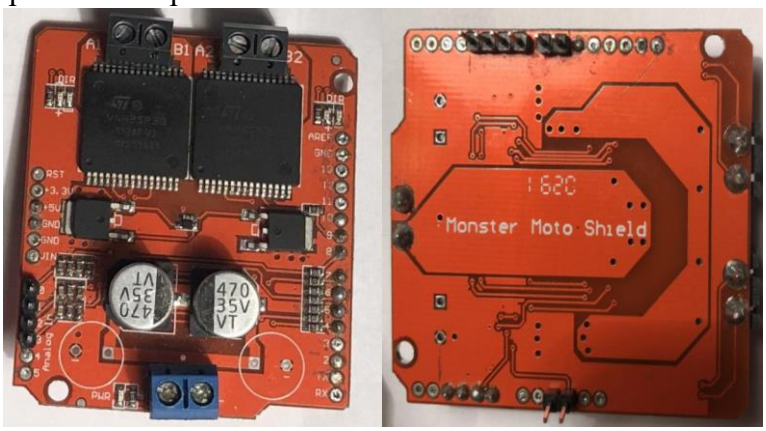


Рис.4. Внешний вид драйвера Monster Motor shield VNH2SP30

Так как у руки 4 подвижных пальца, то нужно два VNH2SP30.

VNH2SP30 использует схему полного мостового выпрямителя. Полная мостовая схема состоит из четырех диодов в мостовой выпрямительной схе-ме, которая также называется Н-мостовой схемой. На рисунке 4 изображен внешний вид драйвера Monster Motor shield VNH2SP30.

Подключение VNH2SP30 к Arduino DUE.

Таблица 1

A0	разрешение на работу для двигателя 1	D4	направление вращения по часовой стрелке (CW) для мотора 2
A1	разрешение на работу для двигателя 2	D5	ШИМ для двигателя 1
A2	датчик тока двигателя	D6	ШИМ для двигателя 2
A3	датчик тока двигателя 2	D7	направление вращения по часовой стрелке (CW) для мотора 1
VCC	Электропитание	D8	направление вращения против часовой стрелки (CCW) для двигателя 1
GND	Заземление.	D9	направление вращения против часовой стрелки (CCW) для двигателя 2

Таким образом, в данной работе разработана система управления электромагнитного привода схвата для руки андроидного робота.

Список литературы

1. А.Н.Кейера протезирование верхних конечностей (пособие для врачей и технического персонала протезо-ортопедических предприятий), 2007, с.102-111
2. Блум Джереми изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства, 2015, с.17-32
3. Лю Цинфэн, Ван Цинлян, Лю Ли, Питание постоянного тока на основе полного моста VNH2SP30 Конструкция системы управления машиной, 2016, с. 109-114

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПОДАВЛЕНИЯ СКАЧКОВ МАГНИТНОГО ПОТОКА В СВЕРХПРОВОДЯЩИХ МАГНИТНЫХ СИСТЕМАХ.

Д.С. Чикуров[1,2], М.П. Волков[2]

[1]*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина),*

[2]*Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе*

Аннотация. Рассматривается проблема стабилизации сверхпроводящих магнитных систем от последствий скачков магнитного потока. На простой модельной системе сверхпроводящая Nb фольга в поперечном и продольном магнитном поле показана эффективность электродинамического торможения и подавления скачков магнитного потока.

Ключевые слова: сверхпроводимость, магнитное поле, вихревая решетка, скачки магнитного потока, магнитная система.

Широкое использование сверхпроводящих магнитных систем стало возможным, когда были созданы сверхпроводящие провода и кабели, стабилизированные относительно скачков магнитного потока. Скачки магнитного потока, вызванные срывом вихрей Абрикосова с центров зацепления (пиннинга) приводят к локальному выделению тепла, понижению сверхпроводящих характеристик провода и могут тем самым приводить к переходу части сверхпроводника в нормальное состояние и локальному выделению большого количества энергии [1]. Для предотвращения негативных последствий скачков магнитного потока сверхпроводящие провода помещают в матрицу хорошо проводящего

материала (медь или алюминий). Проводящая матрица эффективно отводит тепло от области скачка потока и забирает на себя часть транспортного тока, уменьшая джоулеву диссипацию в нагретой области (тепловой механизм). Кроме того, скачок потока в сверхпроводнике индукционно вызывает в проводящей матрице экранирующие токи, поле которых тормозит развитие скачков потока (электродинамическое торможение).

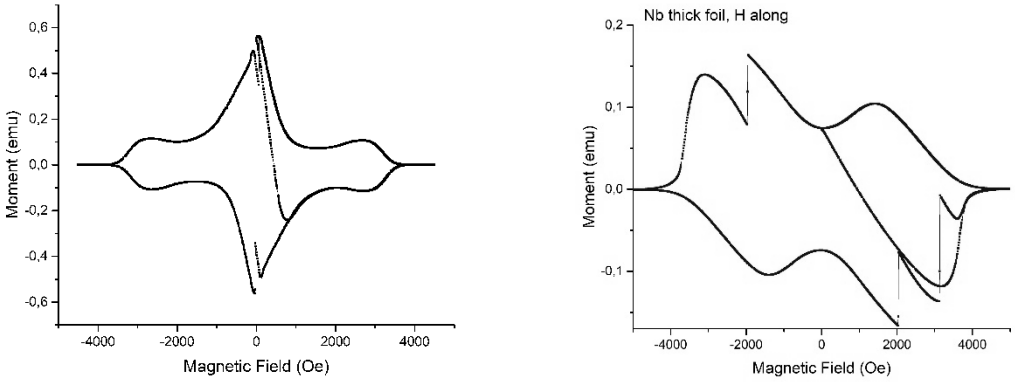


Рис. 1. Зависимости M(H) ниобиевого диска при температуре 5К в поперечном (слева) и продольном (справа) поле.

В недавних работах наблюдения магнитооптическим способом показали, что в плоских сверхпроводниках 2 рода в поперечном поле проникновение магнитного потока во время скачка происходит по механизму дендритного проникновения с большой скоростью. При этом можно ожидать увеличение эффективности именно электродинамического механизма торможения [2], что было подтверждено в экспериментах с проводящей матрицей, не имеющей хорошего теплового контакта со сверхпроводником. Отметим, что развиваемая в данный момент планарная технология изготовления высокотемпературных сверхпроводниковых (ВТСП) проводов делает актуальным продолжение экспериментов по исследованию электродинамического механизма подавления скачков магнитного потока.

В нашей работе были проведены эксперименты по исследованию скачков магнитного потока на модельной системе – ниобиевой фольге в продольном и поперечном магнитном поле. Ниобий является сверхпроводником 2 рода (Tc = 9,2 K), а фольга из ниобия имеет однородную дефектную структуру (дислокации и границы зерен) и характеризуется высокими критическими токами. С использованием вибрационного магнетометра (VSM), входящего в состав измерительного комплекса PPMS были проведены измерения зависимости намагниченности M от температуры T (от 2 до 10 K) и магнитного поля H (до 10 кЭ), приложенного поперек или вдоль плоского образца из фольги. Характерные зависимости M(H) представлены на рис.1. Зависимости M(H) имеют необратимый характер, что свидетельствует о высоких критических токах (сильный пиннинг магнитного потока), а при температурах ниже 5 K в области малых полей наблюдаются скачки магнитного потока. И зависимости M(H), и вид скачков магнитного потока сильно отличаются для поперечной и продольной ориентации магнитного поля относительно плоскости фольги, что говорит о существенном влиянии поверхности на процессы пиннинга.

В последующих экспериментах зависимости M(H) были измерены для этой же фольги при наличии массивных медных дисков такого же диаметра, приклееных с одной или с двух сторон фольги. На рис. 2 показаны зависимости M(H) при T = 2 K для нормальной

ориентации магнитного поля для ниобиевой фольги без медной пластины и при ее наличии. Как и ожидалось, наличие хорошо проводящего материала вблизи сверхпроводника приводит к подавлению скачков магнитного потока. Из результатов видно, что скачки магнитного потока после наложения медной пластины стали меньше по амплитуде и их количество в целом уменьшилось. При этом разница в подавлении скачков магнитного потока при наличии одного медного диска и двух оказалась незначительной. В тоже время, как видно из рис. 2, наложение медного диска при продольной ориентации магнитного поля практически не влияет на величину и количество скачков магнитного потока. Поскольку в продольном и поперечном полях тепловой обмен между сверхпроводником и медной пластиной одинаковый, то механизм тепловой стабилизации должен приводить к одинаковым эффектам подавления скачков в этих двух геометриях.

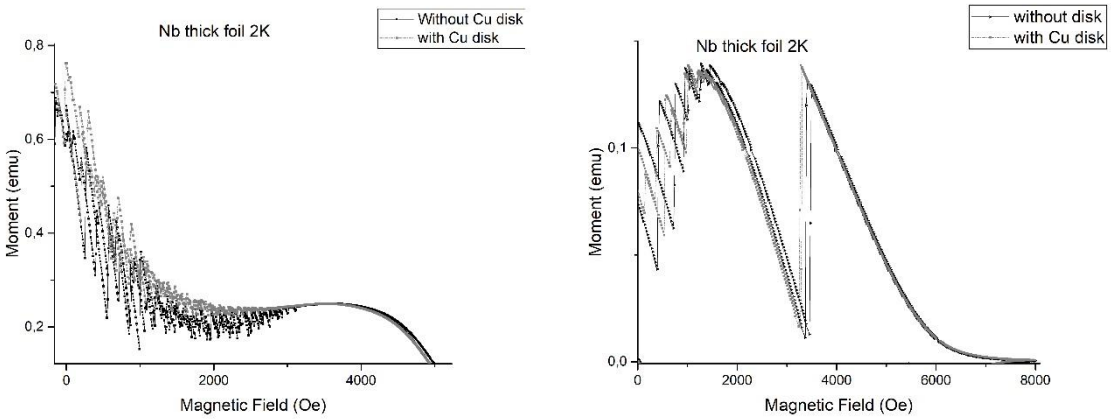


Рис. 2. Часть кривых намагниченности ниобия с медным диском и без него в поперечном (слева) и продольном (справа) магнитном поле

В то же время можно показать, что электродинамический механизм подавления скачков должен быть существенно эффективнее именно для поперечной ориентации поля.

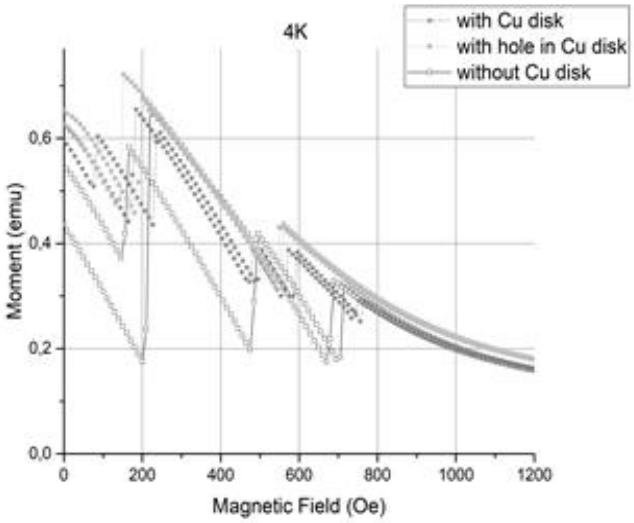


Рис. 3. Часть кривой намагниченности при измерении в продольном поле ниобия, с наложением медного диска, с наложением медного кольца.

Поэтому наблюдавшееся в эксперименте различие во влиянии медной пластины на скачки магнитного потока для продольной и поперечной ориентации поля позволяет

связать подавление скачков в поперечной геометрии именно с электродинамическим механизмом. Это наблюдение открывает возможности поиска таких конфигураций плоского сверхпроводящего материала и хорошо проводящего экрана, при которых эффективное подавление скачков магнитного потока будет достигаться без использования большого количества проводящего материала в тесном тепловом контакте со сверхпроводником.

Далее был проведен эксперимент с наложением медного кольца того же диаметра вместо диска, которое в поперечном магнитном поле закрывает края ниобиевой фольги. Далее, на рис.3 представлены зависимости M(H) ниобиевой фольги без медного диска, с медным диском и с кольцом в поперечном поле.

Подавление скачков магнитного потока в поперечном поле при наличии медного кольца происходит так же эффективно, как и при наличии цельного медного диска. Таким образом мы подтверждаем, что скачки магнитного потока происходят с краев образца и, следовательно, не обязательно покрывать всю поверхность сверхпроводника хорошо проводящим материалом, достаточно лишь краев образца.

Подводя итоги, можно сделать несколько выводов:

1. Для плоских сверхпроводников в поперечном магнитном поле электродинамический метод торможения и подавления скачков магнитного потока эффективнее, чем тепловой метод.
2. В поперечной ориентации внешнего магнитного поля скачки магнитного потока происходят с краев образца, поэтому для эффективной борьбы не обязательно покрывать весь сверхпроводник хорошо проводящим материалом.
3. В продольной ориентации до сих пор остается нераскрытым процесс возникновения скачков магнитного потока и места, где они возникают. Этот вопрос требует дополнительного исследования и обсуждения.

Список литературы

1. Mints R.G., Rakhmanov A.L. Rev. Mod. Phys. – 1981, – №. 53, P.551–592;
2. Vestgarden J. I., Johansen T. H., Galperin Y. M. Nucleation and propagation of thermomagnetic avalanches in thin-film superconductors (Review Article). Fiz. Nizk. Temp. – 2018. – №. 44, P.603–622.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ ПРИ НЕСИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКЕ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

Ф.Н. Булатбаев, Е. Е. Шакилдек

Карагандинский государственный технический университет

Аннотация. В статье предлагается методика определения значения потерь активной мощности в трансформаторах от несимметрии для основных схем соединения нагрузки в сетях 0,4 кВ. Исследования, выполненные в работе, как и использование в качестве базы данных комплексных значений сопротивлений (проводимостей) для них, при переходе к квадратурным значениям позволили получить обобщённые и простые формулы для определения дополнительных потерь от несимметрии нагрузок.

Ключевые слова: потери, распределительный трансформатор, схема соединения, несимметричная нагрузка.

Основная доля потерь в структуре энергетических компаний Казахстана приходится на распределительные сети (РС).

Потери мощности и электрической энергии в электрических сетях складываются из потерь в линиях и трансформаторах. Потери в распределительных трансформаторах (РТ) составляют основную долю. Главной причиной сверхнормативных потерь является не симметрия нагрузок РТ [1].

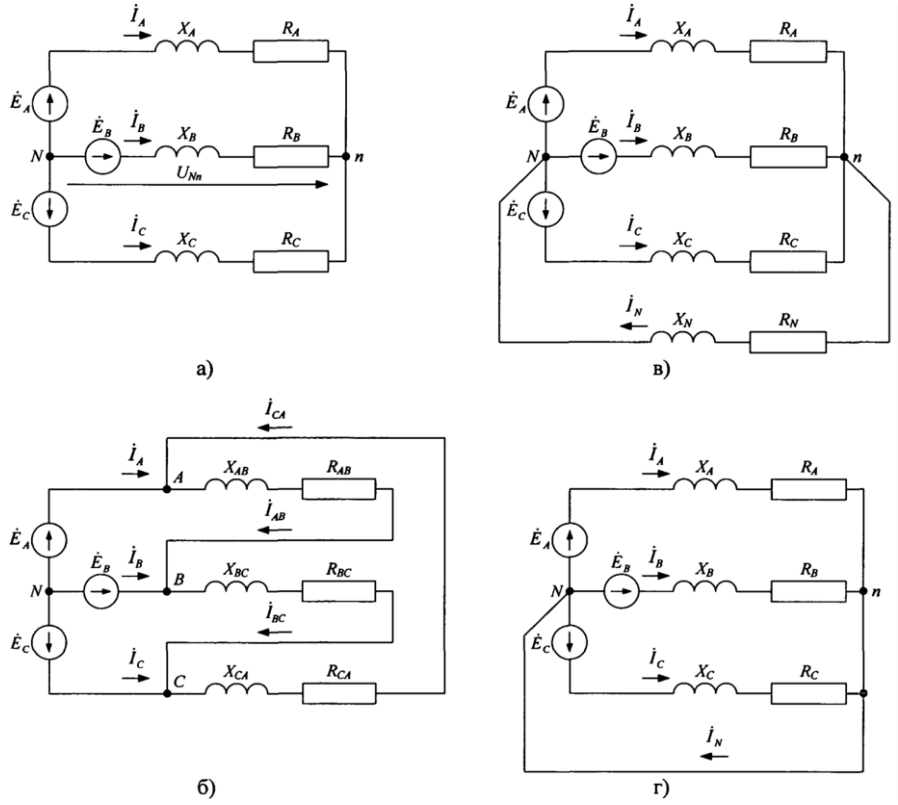


Рис. 1. Трехфазная сеть с симметричной системой источников ЭДС и несимметричной активно-индуктивной нагрузкой, соединенной по схеме: а – «звезда» с изолированной нейтралью; б –«треугольник»; в – «звезда» с глухим соединением нейтралей источников ЭДС и нагрузки нулевым проводником; г – «звезда» с глухим соединением нейтралей нулевым проводником, сопротивлением которого можно пренебречь

Поскольку несимметричные нагрузки оказывают влияние на параметры распределительных трансформаторов, возникает необходимость в исследованиях, направленных на использование несимметричных нагрузок в качестве средств внутреннего (естественного) симметрирования в целях снижения потерь как в самой нагрузке, так и в трансформаторе, к которому присоединена нагрузка, в зависимости от схем их соединения [2].

Цель работы: развитие эффективных методов расчета и снижения дополнительных потерь электроэнергии в трансформаторах распределительных сетей, обусловленных несимметричными нагрузками, в целях воздействия на режимные и конструктивные параметры трансформаторов.

К системе источников симметричных ЭДС, у которой $\dot{E}_A = jU$, несимметричную активно-индуктивную нагрузку можно подключить по одной из четырех схем, приведенных на рисунке 1 а, б, в, г, где комплексные сопротивления фаз:

$$Z_A \neq Z_B \neq Z_C; Z_A = R_A + jX_A; Z_B = R_B + jX_B; Z_C = R_C + jX_C.$$

Для каждой из этих схем в общем виде и для частных случаев следует определить:

а) линейные токи;

б) их симметричные составляющие;

в) модули коэффициентов несимметрии токов (КНТ) по нулевой (K_0) и обратной (K_2) последовательностям;

г) превышение потерь от токов нулевой и обратной последовательностей, в сравнении с потерями симметричного режима (от токов прямой последовательности);

д) полную, активную, реактивную мощности, коэффициент реактивной мощности;

е) пульсирующую мощность.

В отличие от классического алгоритма решения задачи [3] в качестве аргументов искомых функций по пп. а) … е) применить относительные значения соответственно активных и реактивных сопротивлений фаз B и С, приняв R_A = 1, X_B = 1 в качестве базовых относительных значений сопротивлений фазы A.

На основе исследований режимов всех вариантов подключения нагрузки выдать рекомендации по снижению дополнительных потерь мощности, используя возможности внутреннего симметрирования.

При определении потерь в линии с несимметричными нагрузками, как известно [4], основная доля потерь - в нулевом проводе. Однако при рассмотрении модуля «двухобмоточный трёхфазный трансформатор — несимметричная нагрузка» сопротивлением нулевого проводника можно пренебречь в силу следующих обстоятельств. При проектировании РС сопротивления линейных проводов для подключения нагрузки выбирают так, что потеря напряжения в них не должна превышать 5 %. В последние годы сопротивление нулевого провода принимают равным или даже меньше, чем у линейного провода. Это значит, что сопротивление нулевого провода значительно меньше, чем на порядок, в сравнении с совокупным сопротивлением линейного провода и одной фазы нагрузки.

Превышение потерь активной мощности в относительных единицах несимметричного режима в сравнении с симметричным режимом (сопротивления фаз одинаковы):

для варианта а) - $\Delta P^* = \alpha^2/\beta^2$;

для варианта б) - $\Delta P^* = \rho^2/\sigma^2$;

для варианта в) - $\Delta P^* = \gamma^2/\delta^2 + \varepsilon^2/\delta^2$.

Последнее выражение можно использовать и для определения потерь по варианту г), но с допустимой погрешностью.

В работе в качестве базы данных использованы полные сопротивления и проводимости фаз. Для них характерно отсутствие "памяти принадлежности к фазе связанной трёхфазной цепи". В какую бы фазу не было включено сопротивление, его комплексное значение не изменяется в отличие от ЭДС, токов, напряжений. Практическое использование результатов исследований сводится к определению модулей комплексных величин α, β, ρ, σ, γ, ε, δ. Их интерпретация заключается в следующем [4]:

β - сумма комплексных сопротивлений фаз варианта а);

σ - сумма комплексных проводимостей фаз для варианта б);

δ - сумма комплексных проводимостей фаз для вариантов в), г).

В общем случае амплитудно-фазовой несимметрии квадрат модуля суммы комплексных сопротивлений (проводимостей) фаз равен сумме квадратов их модулей плюс удвоенное значение суммы скалярных произведений попарно взятых сопротивлений (проводимостей). Например, для варианта а):

$$|z_a + z_b + z_c|^2 = z_a^2 + z_b^2 + z_c^2 +$$
$$+2(z_a z_b \cos(\varphi_a - \varphi_b) + z_a z_c \cos(\varphi_a - \varphi_c) + z_b z_c \cos(\varphi_b - \varphi_c))$$

Его запись в более компактной форме:

$$|z_a + z_b + z_c|^2 = z_a^2 + z_b^2 + z_c^2 + 2(z_a \cdot z_b + z_a \cdot z_c + z_b \cdot z_c)$$

В частном случае однородной нагрузки ($\varphi_a = \varphi_b = \varphi_c$) квадрат модуля суммы комплексных сопротивлений (проводимостей) фаз равен сумме квадратов их модулей плюс удвоенное значение суммы произведений попарно взятых модулей сопротивлений (проводимостей):

$$|z_a + z_b + z_c|^2 = z_a^2 + z_b^2 + z_c^2 + 2(z_a z_b + z_a z_c + z_b z_c)$$

Величины α, ρ, γ, ε - суммы комплексных значений, полученных воздействием на соответствующие сопротивления (проводимости) в правой части комплексных величин β, σ, δ операторами поворота. Квадраты их модулей равны сумме квадратов модулей сопротивлений (проводимостей) фаз плюс удвоенное значение суммы скалярных произведений попарно взятых сопротивлений (проводимостей), аргументы которых отличаются от аргументов β, σ, δ операторами поворота. Например, для варианта а):

$$\left|z_a + \boldsymbol{a} \cdot z_b + \boldsymbol{a^2} \cdot z_c\right|^2 = z_a^2 + z_b^2 + z_c^2 + 2(z_a z_b \cos(\varphi_a - \varphi_b - 120^0) +$$
$$+z_a z_c \cos(\varphi_a - \varphi_c - 240^0) + z_b z_c(\varphi_b - \varphi_c + 120^0))$$

В частном случае однородной нагрузки ($\varphi_a = \varphi_b = \varphi_c$) квадрат модуля суммы комплексных сопротивлений (проводимостей) фаз, полученных воздействием на соответствующие сопротивления (проводимости) в правой части комплексных величин β,σ,δ операторами поворота, равен сумме квадратов их модулей минус значение суммы произведений попарно взятых модулей сопротивлений (проводимостей) [5]:

$$|z_a + z_b + z_c|^2 = z_a^2 + z_b^2 + z_c^2 - (z_a z_b + z_a z_c + z_b z_c)$$

Пример определения комплексных величин α, β, ρ, σ, γ, ε, δ, их модулей, а также дополнительных относительных потерь мощности для вариантов а), б), в) подключения однородной и неоднородной несимметричных нагрузок.

Таблица 1

Результаты расчетов параметров

Комплексные величины	Однородные нагрузки	Неоднородные нагрузки	Однородные нагрузки	Неоднородные нагрузки
	Модули комплексных величин		Относительные значения дополнительных потерь	
α	0,866	1,718	0,021	0,0863
β	6	5,848		
ρ	0,2(3)	0,444	0,022	0,084
σ	1,567	1,536		
γ	1,75	3, (3)	0,022+0,022= 0,044	0,084+0,0025= 0,086
δ	11,75	11, 522		
ε	1,75	0,577		

Исходные данные: сопротивления однородной (активной) и неоднородной несимметричных нагрузок:

r_a =2 Ом; r_b =1,5 Ом; r_c =2,5 Ом; z_a =2 Ом, z_b =1,5$e^{j15°}$ Ом; z_c = 2.5$e^{j30°}$ Ом.

Их проводимости: $Y_a = \frac{1}{2}$ См; $Y_b = \frac{2}{3}$ См; $Y_c = \frac{4}{10}$ См;

$Y_a = \frac{1}{2}$ См; $Y_b = \frac{2}{3} e^{j15°}$ См; $Y_c = \frac{4}{10} e^{-j30°}$ См.

Определение параметров для случая неоднородной нагрузки соединенной по схеме «звезда» с изолированной нейтралью:

$z_a + \boldsymbol{a} \cdot z_b + \boldsymbol{a^2} \cdot z_c = \alpha = 0{,}939 - j1{,}439 = 1{,}718e^{-j56{,}87^0}$ Ом;

$\boldsymbol{a} \cdot z_b = 1{,}5e^{j135^0} = -1{,}061 + j1{,}061$ Ом;

$z_a + z_b + z_c = \beta = 2 + 1{,}449 + j0{,}388 + 2{,}165 + j1{,}25 = 5{,}614 + j1{,}638 = 5{,}848e^{j16{,}27^0}$ Ом $\quad \frac{\alpha^2}{\beta^2} = 0{,}086.$

Как следует из таблицы 1, относительные значения дополнительных потерь как при однородных, так и при неоднородных нагрузках мало отличаются для схем соединения нагрузки «треугольник» или «звезда» с изолированной нейтралью [5].

Список литературы

1. Хреников А.Ю., Гольдштейн В.Г. Основные дефекты и повреждения трансформаторов (реакторов) и классификаия видов воздействия, ведущих к их появлению // Журнал «Промышленная энергетика». – 2008. – №11 – С. 17-20;
2. Арутюнян А. Г. К вопросу расчёта дополнительных потерь мощности в трансформаторах 6-10/0,4 кВ при их несимметричной нагрузке // Журнал «Электрические станции». – 2012. – № 8. – С. 41-44;
3. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учеб. / Л.А. Бессонов. - 11-е изд., перераб. и доп. - М.: Гардарики, 2006. – 701 с;
4. Троицкий А.И., Костинский С.С. Определение потерь активной мощности при несимметричной активно-индуктивной трехфазной нагрузке, подключенной к системе симметричных источников ЭДС с изолированной нейтралью // Журнал «Известие ВУЗов. Электромеханика». – 2012. – №2. – С. 22-25;
5. Костинский С.С. Экспресс-анализ несимметрии по нулевой и обратной последовательностям // Федоровские чтения - 2011: XII Всерос. науч.-практ. конф. (с междунар. участием) с элементами науч. шк. для молодежи. – М.: ИД МЭИ. – С. 113-115.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДРОССЕЛЬНОЙ ЗАСЛОНКОЙ АВТОМОБИЛЯ

Янь Бичэн[1], В.В. Королев[1], Д.В. Королев[2]

[1] *Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

[2] *Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»*

Аннотация. Статья посвящена разработке системы электронного управления дроссельной заслонкой автомобиля. Целью разработки является усовершенствование системы управления двигателем автомобиля. На основе штатного электронного блока автомобиля произведена модернизация с целью подключения шагового электродвигателя для управления дроссельной заслонкой. Произведен выбор элементной базы для управления электродвигателем.

Ключевые слова: дроссельная заслонка, система управления дросселем, шаговый двигатель

Электронный дроссель является важным компонентом управления автомобильными двигателями. Обычный дроссельный клапан управляется механическим соединением, а смещение педали акселератора передается на дроссельный клапан через жесткое соединение для управления степенью открытия, а водитель непосредственно управляет педалью акселератора. Поскольку водитель манипулирует педалью акселератора в соответствии с субъективными ощущениями, его трудно регулировать в соответствии с различными условиями работы автомобиля, так что управление открытием дроссельной

заслонки очень неточное. А электронная система управления дроссельной заслонкой позволяет достичь оптимального значения крутящего момента двигателя.

Педаль акселератора является задающим устройством. В зависимости от ее положения изменяется напряжение на датчике положения педали акселератора. Датчик устанавливается на саму педаль. В данной конструкции этим датчиком является датчик на эффекте Холла. Параллельно с ним в системе управления есть еще один датчик Холла, который так же устанавливается на педаль, для контроля первого датчика. Сигнал с датчика Холла передается на электронный блок управления дроссельной заслонкой.

Рис. 1. Структурная схема электронного дросселя

В блоке управления задана постоянная скорость перемещения шагового двигателя. Блок управления сравнивает две эти характеристики. После обработки из блока управления выходит аналоговый сигнал, который и управляет шаговым двигателем. Структурная схема представлена на рисунке 1.

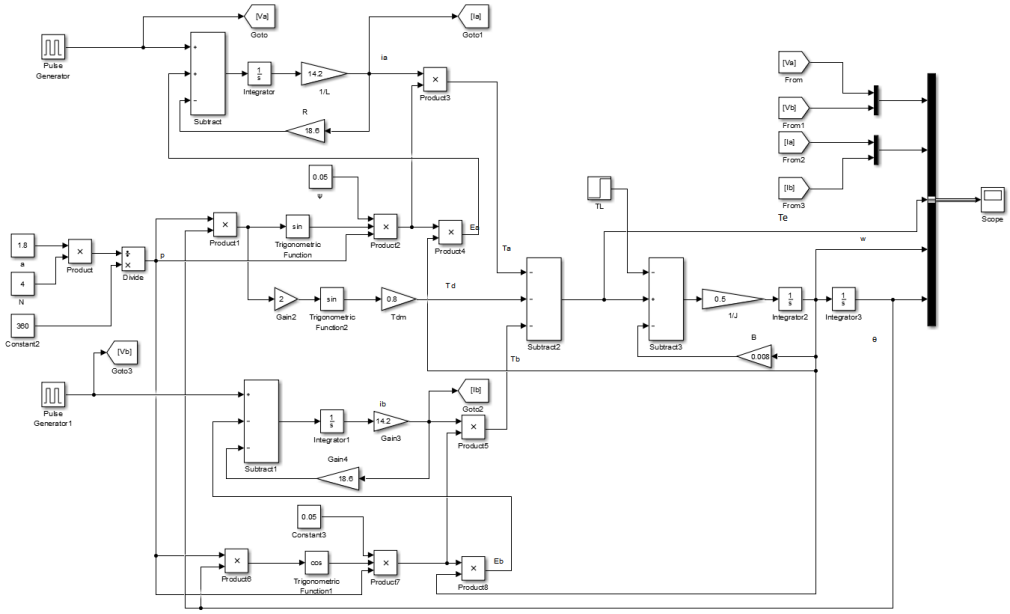


Рис. 2. Модель шагового двигателя

Основной микросхемой электронного блока является шестнадцатиразрядный процессор ST10F276 с DSP функциями. Процессор поддерживает интерфейс CAN 2.0 (C-CAN) и имеет встроенную процедуру On-chip bootstrap loader. Процессор рассчитан на напряжение питания в 5В ±10% со встроенным регулятором напряжения на 1.8В. Имеет два

высокоскоростных синхронных канала, 3μs минимальное время преобразования, один стандартный интерфейс I2C.

Микросхема TA8025F служит преобразователем импульсов от датчика положения коленвала. Датчик положения коленвала входит в штатную систему и обеспечивает синхронизацию работы всех электронных элементов автомобиля. Входная частота 50кГц. Входное напряжение 36В, VCC=36В, входной поток IIN=±20мА, выходной поток IOUT=10мА, мощность PD=280мВт, операционное напряжение VOPR=4.5~30В.

Микросхема TLE6240G осуществляет коммутацию с 16 нагрузками, 8 по последовательному каналу и 8 непосредственно (SPI протокол). Прямое параллельное управление 8 каналами для приложений с широтно-импульсными сигналами. Таким образом осуществляется связь с остальными элементами автомобиля.

В качестве электродвигателя привода дроссельной заслонки используется шаговый двигатель модели PKP268D07AA-L. В данной работе произведено моделирование шагового двигателя и получены механическая характеристика и характеристика углового перемещения ротора при коммутации обмоток двигателя. Для управления шаговым двигателем используется симметричная коммутация обмоток, при которой фазы включаются поочерёдно равными группами. Коммутация является двухполярной, четырехтактной.

Для контроля за положением шагового двигателя на дроссельный патрубок устанавливается датчик положения дроссельной заслонки, также основанный на эффекте Холла. ДПДЗ является обратной связью между шаговым двигателем и блоком управления дроссельной заслонкой. Так же сигнал с него поступает в электронный блок управления двигателем.

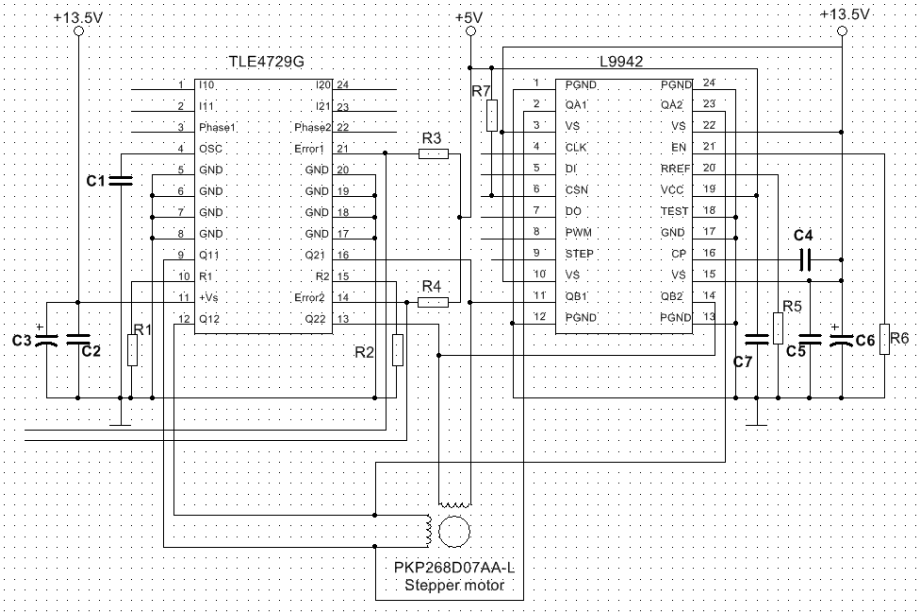


Рис.3. Схема подключения электродвигателя

В данной работе произведена модернизация контроллера автомобиля с целью внедрения электронной педали газа. Для этого выберем следующие микросхемы.

Микросхема L9942 и TLE4729G предназначены для управления шаговым двигателем в режиме холостого хода. Схема подключения двигателя к микросхемам представлены на рисунке 3.

В соответствии с техническими требованиями на микросхемы выбираем резисторы R1=R2=1Ом,R3=R4=R6=R7=10кОм,R5=6кОм,конденсаторыC7=33нФ, C2=C4=C5=0,1мкФ, C1=2нФ, C3=C6=50 мкФ стоящих для сглаживания питания. Питание микросхем равно 13,5В.

Таким образом, в данной работе разработана система электронного управления дроссельной заслонки с помощью шагового электродвигателя, выбраны микросхемы для управления данным двигателем и их обвязка, а также произведено моделирование электродвигателя.

Список литературы

1. В.В.Королев Обзор микроконтроллеров для автомобильной электроники // Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии: Материалы Международной научно-технической конференции, Тольятти: ТГУ, 2009, с.219-222;
2. В.В.Королев Микроконтроллеры ATMEL для автомобильной электроники // Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии: Материалы Международной научно-технической конференции, Тольятти: ТГУ, 2009, с.222-230;
3. D. Samokhvalov, S. Stoliarov and A. Kekkonen, "The hybrid stepper motor modeling in Simulink," 2015 IEEE NW Russia Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference (EIConRusNW), St. Petersburg, 2015, pp. 282-285.

Сборник материалов

VII Научно-практической конференции с международным участием

«НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО»

для студентов, аспирантов и молодых ученых

состоявшейся 16-18 мая 2019г.

в г.Санкт-Петербурге

Том I