



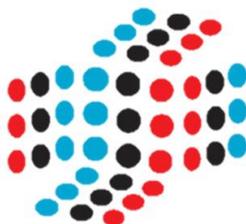
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
**«Национальный исследовательский
Томский государственный университет»**



IX Международная научно-практическая конференция
«Информационно-измерительная техника и технологии»

в рамках Международного форума

«Интеллектуальные системы 4-й промышленной революции»



**ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ
ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ**

СБОРНИК ТЕЗИСОВ КОНФЕРЕНЦИИ

Спонсор



Организаторы



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



Hochschule Anhalt



АИПОТТО



РФИ



РЕШЕТНЕВ
РАДИОИНЖИНИРИНГ



ОАО «НИИП»



NATIONAL
INSTRUMENTS



ВОПР

21-24 ноября 2018 года

г. Томск

Информационно-измерительная техника и технологии: материалы IX научно-практической конференции (21-24 ноября 2018 г.) / под ред. А.В. Юрченко; Национальный исследовательский Томский государственный университет – 79 с.

Сборник предназначен для специалистов, исследователей в сфере приборостроения, контроля и управления качеством, а также по проблемам НИРС в вузах.

Секции конференции:

- Секция 1. Применение современных средств измерений и информационных технологий.
- Секция 2. Информационные технологии в радиофизике, СВЧ и полупроводниковой электронике.
- Секция 3. Информационные технологии в медицине.
- Секция 4. Стандартизация и метрологическое обеспечение средств неразрушающего контроля.
- Секция 5. Организационные и методические вопросы подготовки специалистов в области информационно-измерительной техники и технологий.

При финансовой поддержке РФФИ

Грант № 18-07-20082

Организаторы форума

- Российский Фонд Фундаментальных исследований
- Национальный исследовательский Томский государственный университет
- Национальный исследовательский Томский политехнический университет
- АО «Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов» (г. Томск)
- Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, (г. Барнаул)
- Карагандинский Государственный Технический Университет, (г. Караганда, Казахстан)
- АО «Информационные спутниковые системы им. Решетнева», (г. Красноярск)
- Ассоциация инновационных предприятий и организаций города Томска и Томской области
- Anhalt University of Applied Sciences (г. Кётен, Германия);
- National Instruments Corporation (г. Остин, США)
- Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
- Всесоюзное общество изобретателей и рационализаторов (г. Москва)
- ООО «Радиовидение» (г. Москва)
- ООО «ЦМИИТ Интеллект»

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

- Председатель оргкомитета: Юрченко А.В., д.т.н., с.н.с. международной лаборатории мирового уровня «Системы технического зрения» ТГУ, профессор ТПУ;
- Сопредседатель: В. И. Сырямкин д.т.н., профессор, академик РАЕН, МАН ВШ, МАИ, директор центра превосходства «Интеллектуальные технические системы» ТГУ, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, лауреат Премии правительства РФ;
- Эдуард Сименс, профессор, Anhalt University of Applied Sciences (Германия).
- Якубов В.П., д.ф.-н., профессор, заведующий кафедрой радиофизики национально исследовательского Томского государственного университета (НИ ТГУ).
- Шидловский С.В., д.т.н., декан ФИТ ТГУ, зав. лаб. высокопроизводительных реконфигурируемых систем ТГУ, профессор ТПУ.
- Мехтиев А.Д., к.т.н. заведующий кафедрой «Технологии и системы связи» Карагандинского государственного технического университета.
- Козлов А.В., ученый секретарь: к.т.н., научный сотрудник ИОА СО РАН.
- Шипилов С.Э., к.ф.м.н., доцент кафедры Радиофизики НИ ТГУ.
- Верховский А.Ю., зав. лаборатории биохимии транспортных систем ФИТ ТГУ. Сырямкин М.В. директор межвузовского учебно-научного производственного центра «Технологический менеджмент НИ ТГУ».
- Ананьин А.А., руководитель научно-образовательных проектов National Instruments.
- Кузнецов Д.Н., инженер ФИТ ТГУ, секретарь конференции.
- Погуда А.А., доцент, зам. декана ФИТ ТГУ, координатор по сайту конференции

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

- Председатель: В. И. Сырямкин д.т.н., профессор, академик РАЕН, МАН ВШ, МАИ, директор центра превосходства «Интеллектуальные технические системы» ТГУ, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, лауреат Премии правительства РФ;
- Сопредседатель: А. В. Юрченко д. т. н., старший научный сотрудник международной лаборатории «Системы технического зрения», профессор ТПУ;
- Сопредседатель: Шидловский С.В., д.т.н., декан ФИТ НИ ТГУ, зав. лаб. высокопроизводительных реконфигурируемых систем НИ ТГУ, профессор НИ ТПУ;
- Шашев Д.В., к.т.н., заместитель декана ФИТ НИ ТГУ по научной работе;
- Титов В.С., к.т.н, профессор, заслуженный деятель наук РФ, заведующий кафедрой вычислительной техники Юго-Западного государственного университета, (г. Курск);
- Сырямкин М.В., заместитель декана ФИТ НИ ТГУ по инновационной деятельности;

- Лопота А.В., директор-главный конструктор Центрального научно-исследовательского и опытно-конструкторского института робототехники и технической кибернетики (г. Санкт-Петербург);
- Солдатов А.Н., д.ф.-м.н., профессор, заслуженный изобретатель РФ;
- Мещеряков Р.В., проректор ТУСУР по научной работе и инновациям, Председатель Национального комитета RoboCup;
- Никола Собоутинов, профессор, академик Болгарской академии наук;
- Венгринович В.Л., д.т.н., профессор, заведующий лабораторией вычислительной диагностики Института прикладной физики Национальной академии наук Беларуси (г. Минск, Белоруссия);
- Сунцов С.Б., к.т.н., начальник отдела АО «Информационные спутниковые системы» им. академика М. Ф. Решетнева (г. Железногорск);
- Мехтиев А.Д., к.т.н., заведующий кафедрой «Технологии и системы связи» Карагандинского государственного технического университета;
- Якунин А.Г., профессор, заведующий кафедрой информатики, вычислительной техники и информационной безопасности Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова;
- Титов Д.В., к.т.н., доцент кафедры «Вычислительная техника», Юго-Западный государственный университет, (г. Курск);
- Эдуард Сименс, профессор Anhalt University of Applied Sciences;
- Jurgen Schreiber, CEO German-Korean Company «NUGA LAB GmbH», Prof. Fraunhofer Institute of Ceramic Technology and Systems;
- Шандаров Е.С., заведующий лабораторией робототехники и искусственного интеллекта ТУСУР, ответственный секретарь Российского Национального комитета RoboCup;
- Попков А.И., директор ООО «Попков Роботикс»;
- Косаченко С.В., заместитель директора по ИТ ОГБОУ «Томский физико-технический лицей»;
- Зильберман Н.Н., доцент кафедры гуманитарных проблем информатики, философского факультета НИ ТГУ;
- Якубов В.П., д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой радиофизики НИ ТГУ.

Оглавление

Исследование дополнительных потерь в оптических волокнах при механическом воздействии Алькина Алия Даулетхановна, Нешина Елена Геннадьевна, Мехтиев Али Джаванширович, Мади Перизат Шаймуратовна.....	8
Разработка имитационной модели автоматизированной системы управления режимами вулканизации Аманжолова Нурбану Аманжоловна	9
Имитационное моделирование основных элементов фотоэлектрических систем Гимазов Руслан Уралович, Шидловский Станислав Викторович*	11
Измерения электрофизических параметров плоских образцов материала.....	12
Применение алгоритма построения оптимальной траектории A* в трехмерном пространстве	14
Гуцал В. А., Шидловский С.В.....	14
Позиционирование автономного мобильного робота с использованием системы технического зрения Гуцал В. А., Шидловский С.В.....	15
Определение структуры неоднородного электропроводящего объекта, скрытого диэлектрической средой с использованием метода вихревых токов. Лысенко Полина Викторовна.....	16
Система вихретокового контроля геометрических и электромагнитных характеристик электропроводящих объектов Магуперов Адильбек Толегенович.....	17
Неинвазивный метод исследования уровня глюкозы в биологических жидкостях Кирилл Приб , Александр Яремкив , Андрей Клоков	19
Метод Монте-Карло для локализации робота на карте местности Шихман Марина Владимировна.....	23
Зависимость давления на валки профилегибочного стана от основных параметров профилирования Манжурин Иван Петрович, Балбекова Бахыт Кабкеновна, Набоко Елена Петровна, Сидорина Елена Анатольевна.....	24
Новые возможности метода экг картирования Д.К.Авдеева , М. М. Южаков, М.Л. Иванов, Н.В. Турушев, И.В. Максимов, Р.Е. Кодермятов, С.В.Мазиков, Г. Вэньцзя, И.А. Зимин.....	26
Дифракция плоской нестационарной электромагнитной волны на идеально проводящем параболоиде вращения Беличенко Виктор Петрович.....	27
Development of autonomous lead-acid batteries management system for real-time applications Bikbulatov Aleksandr Sergeevich.....	28
Исследование систем технического зрения для распознавания антропогенных объектов Боровик Василий Сергеевич	29
Исследования неинвазивных методов измерения уровня глюкозы в крови дифференциальной спектроскопии на основе разницы объема кровотока Ван Цюньи	30
Измерение электрофизических характеристик жидких и сыпучих материалов с использованием коаксиальной ячейки Еремеев Александр Иванович, Шипилов Сергей Эдуардович, Балзовский Евгений Владимирович, Васильева Мария Александровна.....	31
Анализ подходов к математическому моделированию тонов сердца Жданов Дмитрий Сергеевич, Земляков Иван Юрьевич, Костелей Яна Валерьевна, Буреев Артем Шамильевич.....	32

Выделение, идентификация и критерии оценки тонов и шумов сердца при фонокардиографических исследованиях Жданов Дмитрий Сергеевич, Земляков Иван Юрьевич, Костелей Яна Валерьевна, Хохлова Людмила Анатольевна.....	33
Количественные характеристики спектров высокого разрешения в интересах астрофизики на примере молекулы этилена и ее изотопологов (C ₂ H ₂ D ₂ -cis и C ₂ HD ₃) Конова Юлия Владимировна, Каширина Надежда Владимировна, Зятькова Анастасия Георгиевна	35
Наблюдение процесса горения нанопорошков методом цифровой спекд-корреляции Ли Линь, Губарев Федор Александрович	36
Method for object detection using analysis of a sequence of near-infrared images processed by background subtraction techniques Matveev Ivan Grigorievich, Yurchenko Aleksey Vasilievich, Siemens Eduard, Chmielewski Ingo	37
Моделирование аэродинамических и прочностных свойств беспилотного летательного аппарата Таганов Александр Александрович, Шидловский Станислав Викторович	38
Разработка прототипа автоматизированной системы управления погружными насосами Пилипенко Александр Витальевич, Ташев Андрей Алексеевич.....	39
Разработка распределенной системы контроля для фруктового сада Пилипенко Александр Витальевич, Смирнов Владислав Александрович.....	40
Радиотомография инженерных коммуникаций Цепляев Илья Сергеевич, Шипилов Сергей Эдуардович, Цепляев Илья Сергеевич, Сатаров Раиль Наилевич, Федянин Иван Сергеевич.....	42
Магнитная жидкость как основа современных датчиков средств измерений Денис Олегович Зятьков, Алексей Васильевич Юрченко, Владимир Борисович Балашов, Василий Иванович Юрченко.....	43
Gesture Based Terrain Mapping System-Overview By Mainak Mondal.....	45
Tunable Computing Environment for Slam Navigation Nguyen Hoang Thuy Trang, Supervisor: Shidlovsky Stanislav Viktorovich	49
Research method detection human face in video streams Nguyen The Cuong ^{1,2} , Supervisor: Vladimir Ivanovic Syryamkin ¹	51
Merging Brain Computing Interface (BCI) & Neural Networks for Better Authentication & Recognition	
Qaseem Ramzan, Vladimir Syryamkin.....	53
Генератор ультразвуковых сигналов с цифровой обратной связью Суханов Дмитрий Яковлевич, Муксунов Тимур Рамильевич, Кузьменко Иван Юрьевич, Завьялова Ксения Владимировна.....	54
Численное моделирование левитации микрочастиц в воздухе Дмитрий Яковлевич Суханов, Сергей Росляков	55
Управление упорядоченной группой частиц на основе ультразвуковой левитации Дмитрий Яковлевич Суханов, Завьялова Ксения Владимировна, Сергей Росляков, Атарщиков Александр Алексеевич, Шаповалов Александр Евгеньевич	56
Оптическая система контроля ультразвуковых колебаний Дмитрий Яковлевич Суханов, Анжела Евгеньевна Кузובה	57
Research method detection human face in video streams Nguyen The Cuong ^{1,2} , Supervisor: Vladimir Ivanovic Syryamkin ¹	58
Импедансные и направленные характеристики комбинированных антенн Никулин Леонид Сергеевич, Буянов Юрий Иннокентьевич, к.ф.-м.н.....	60
Геолокационные исследования земных покровов	

Милованов Кирилл Евгеньевич, Попов Александр Евгеньевич, Клоков Андрей Владимирович	61
Фазированные решётки ультразвуковых излучателей управляемые бинарными сигналами Дмитрий Яковлевич Суханов, Емельянов Федор Сергеевич, Росляков Сергей, Сивков Евгений Константинович.....	66
Метод теоретического исследования нестационарного электромагнитного излучения плоской реконфигурируемой апертуры Пономарева Марина Анатольевна, Беличенко Виктор Петрович	67
Ультразвуковой волновод с пьезокерамическим элементом Дмитрий Яковлевич Суханов, Анжела Евгеньевна Кузцова	68
Антенная система сверхширокополосного скважинного радара на основе электрического диполя с резистивными нагрузками Балзовский Евгений Владимирович, Буянов Юрий Иннокентьевич, Кошелев Владимир Ильич.....	70
Ближнее поле: что ты таишь в своём названии? Беличенко Виктор Петрович, Якубов Владимир Петрович, Запасной Андрей Сергеевич.....	72
Исследование систем технического зрения для распознавания антропогенных объектов Боровик Василий Сергеевич	73
Ближнепольная интерференционная СВЧ микроскопия в условиях нарушенного полного внутреннего отражения Запасной Андрей Сергеевич, Беличенко Виктор Петрович, Мироньчев Александр Сергеевич, Клоков Андрей Владимирович, Матвиевский Ефим Владимирович.....	75
Применение цифрового рентгеновского 3D микротомографа для диагностики материалов и элементов РЭА Клестов Семен Александрович, Сырякин Владимир Иванович, Сунцов Сергей Борисович	76
Использование данных глобальной сети пеленгации грозных разрядов WWLLN для прогноза лесной пожарной опасности Барановский Николай Викторович.....	77
Особенности систем общего резонансного контура железнодорожных опор , контролируемых в реальных условиях эксплуатации Беличенко Виктор Петрович, Юрченко Василий Иванович, Якубов Владимир Петрович.....	78

Исследование дополнительных потерь в оптических волокнах при механическом воздействии

Алькина Алия Даулетхановна
Нешина Елена Геннадьевна
Мехтиев Али Джаванширович
Мади Перизат Шаймуратовна
Томский политехнический университет
Юрченко Алексей Васильевич, д.т.н.
niipp@inbox.ru

В процессе эксплуатации оптических кабелей есть определенные технические моменты, связанные с возникновением механических нагрузок, которые могут приводить к изгибу оптического волновода, что в свою очередь вызывает затухание сигнала и дополнительные потери.

При прокладке волоконно-оптических линий связи часто возникают ситуации, связанные с влиянием внешним воздействием, которые влияют на технические характеристики оптического кабеля и пропускную способность телекоммуникационного канала. Наиболее важным обстоятельством, как показала практика, является влияние параметров изгиба оптических волокон и возникновения дополнительных потерь мощности излучения источника сигнала в оптическом кабеле.

Особенно велики данные потери при таком радиусе изгиба, который является критическим, когда волоконный проводник находится на грани механического повреждения. Этот критический радиус может быть очень мал (всего несколько миллиметров) у волокон с высокой числовой апертурой, тогда как допустимый радиус изгиба гораздо больше (часто десятки сантиметров) для волокон в одномодовом режиме с большой площадью поперечной моды.

Выполнен научный анализ аналогичных работ зарубежных авторов, которые работают с оптическим волокном и разрабатывают волоконно-оптические датчики [1-3].

Была проведена серия экспериментов по установлению зависимости дополнительных потерь от количества изгибов и радиуса изгиба оптического проводника, которые могут возникать при его эксплуатации в реальных условиях.

Также исследовалась идея исследования оптического волокна для создания систем мониторинга геотехнического состояния массива горных пород является крайне перспективным вопросом [4-6]. Это системы мониторинга нового поколения с высокой скоростью измерения, способные эффективно функционировать в условиях, опасных по внезапному взрыву газа метана, так как не передают электрические сигналы.

Подземные шахты - это одна из наиболее сложных и жестких сред для работы людей. Безопасность проведения горных работ является важным аспектом и приоритетом функционирования сложной системы шахты.

Принципиальное отличие идеи от существующих в мире аналогов является интеграция функций в одном устройстве с возможностью проведения автоматизированного мониторинга, в режиме реального времени технического состояния горных выработок на основе волоконно-оптических датчиков (ВОД), с помощью которых осуществляется многофункциональная система измерения с высокой метрологической точностью. Данная система на основе оптического волокна обеспечивает беспроводную передачу информации от датчиков до модуля автоматизированной системы контроля, не имеет аналогов. Система обладает полной искробезопасностью с высокими технико-экономическими показателями.

Оригинальность системы заключается в том, что используется волоконно-оптический датчик, который представляет из себя небольшое по размерам устройство и позволяет детектировать изменения различных величин электрических и неэлектрических параметров, что позволяет в режиме реального времени отслеживать отклонения исследуемого объекта.

Для отработки методов контроля и измерения геотехнических параметров выработок был разработан имитационный лабораторный стенд на основе волоконно-оптических датчиков. Использовалось кварцевое одномодовое оптическое волокно 9/125 мкм (OS2) Corning SMF-28e+®. Также применялось моделирование в программе ANSYSv18.

Расчет выполнялся с помощью конечно-элементного анализ ANSYS. Общий вид модели представлен на рисунке 1.

Рамная конструкция находится под действием давления, создаваемого горной породой. Расчет проводится в 10 шагов, на каждом последующем шаге давление увеличивается на 1 МПа, принимая начальное значение 1 МПа и конечное –10 МПа.

Одно из главных богатств Казахстана - это его полезные ископаемые. По оценке ученых ведущих стран мира Казахстан занимает шестое место в мире по запасам природных ресурсов.

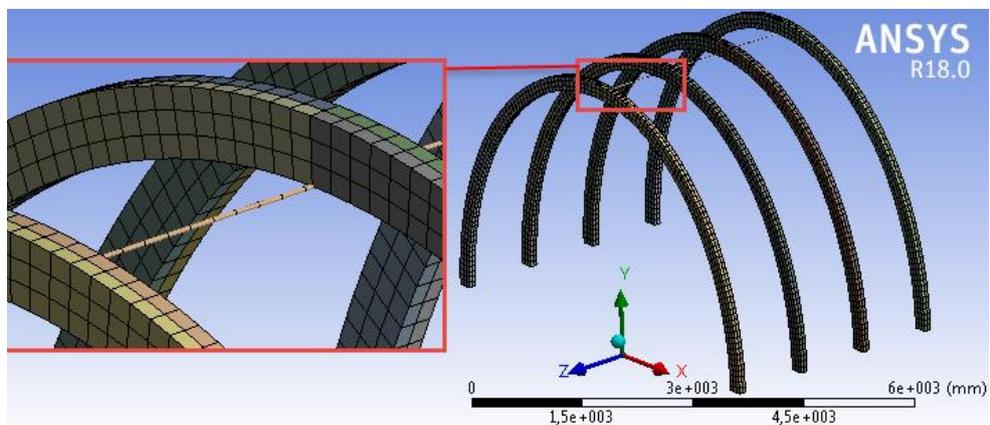


рис.1. Общий вид модели

Датчики на оптическом волокне, обладают целым рядом преимуществ [4]: возможность мультиплексирования, дистанционные измерения, устойчивость к электромагнитным помехам, отсутствие электричества в точке измерения, долговременная стабильность.

Приведем ряд технических преимуществ ВОД по отношению к традиционным электронным системам измерения и мониторинга, благодаря которым ВОД планируется использовать в ИИС горного производства: безопасное использование взрывоопасной среде, полная искробезопасность; эластичность при минимальном радиусе изгиба 2 мм; широкая полоса пропускания сигнала и возможность мультиплексировать сигналы; незначительная масса и габаритные размеры, высокая надежность и стойкость к коррозии; отличные параметры помехозащищенности и безиндукционности каналов, низкие затраты энергии для функционирования.

С учетом выше перечисленных преимуществ ВОД наша работа направлена на создание высокоэффективных ИИС на основе волоконно-оптических датчиков с улучшенными метрологическими и эксплуатационными характеристиками, для последующего внедрения на различных предприятиях Казахстана.

Список публикаций:

- [1] Liu X., Wang C., Liu T., Wei Y., Lv J., Fiber Grating Water pressure sensor and system for mine. – ACTA Photonica Sinica, 2009, v. 38, pp. 112–114
- [2] Kumar Atul, Kumar Dheeraj, Singh U.K., Gupta P.S., Shankar Gauri Optimizing fibre optics for coal mine automation. – International Journal of Control and Automation, 2011, v.3, pp. 63–70.
- [3] Naruse H., Uehara H., Deguchi T., Fujihashi K., Onishi M., Espinoza R., Pinto M. Application of a distributed fibre optic strain sensing system to monitoring changes in the state of an underground mine. – Measurement Science and Technology, 2007, v.18, No 10, pp. 3202–3210. doi: 10.1088/0957-0233/18/10/S23.
- [4] Юрченко А.В. Мехтиева А.Д. Булатбаев Ф.Н. Нешина Е.Г. Алькина А.Д. Модель волоконно-оптического датчика для мониторинга механического напряжения горных выработок Научный журнал "Дефектоскопия", Федеральное государственное унитарное предприятие "Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр "Наука" (Екатеринбург). №7, 2018. - С.48-56.
- [5] Горлов Н.И., Эйрих В.И. Основные задачи мониторинга современных волоконно-оптических линий передачи. Труды Международной научной конференции (Сагиновские чтения № 4), 2012, № 2, с. 68–70.
- [6] Yurchenko A.V., Gorlov N.I., Mekhtiyev A.D., Kovtun A.A. Research of the additional losses occurring in optical fiber at its multiple bends in the range waves 1310nm, 1550nm and 1625nm Long // IOP Science. Journal of Physics. 2016. V. 671. DOI:10.1088/1742-6596/671/1/012001.

Разработка имитационной модели автоматизированной системы управления режимами вулканизации

Аманжолова Нурбану Аманжоловна

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
nura.ana.07@gmail.com

Среди задач процесса вулканизации особое место занимает выбор режима вулканизации, т.к. это непосредственно влияет на качество получаемого изделия.

Процесс вулканизации для толстостенных изделий носит неизотермический характер, т.е. протекает при переменной температуре. При этом продолжительность нагревания напрямую зависит от толщины изделия: чем она больше, тем больше времени необходимо для вулканизации резины. Чтобы оценить степень вулканизации при неизотермических условиях проводится оценка эквивалентного времени вулканизации – условной продолжительности вулканизации при постоянной температуре.

Распределение температуры в вулканизируемом изделии на поверхности и в центре неодинаковы. Ввиду этого, при определении продолжительности процесса по условиям заданной степени

структурирования внутренней части изделия, слои на поверхности подвергнутся перевулканизации. Степень перевулканизации окажется тем больше, чем выше рабочая температура процесса и чем толще вулканизируемая структура. Это связано с тем, что скорость вулканизации резин значительно возрастает с увеличением температуры теплоносителя, в то время как скорость прогревания растёт незначительно. В целях сохранения однородности свойств толстостенных изделий, их вулканизируют при сравнительно небольших температурах. Также для этих целей используют ступенчатый нагрев или предварительный разогрев резиновой смеси. Для изготовления многослойных изделий, полученных сборкой из различных деталей, применяют резиновые смеси с различной кинетикой вулканизации.

При выборе режима вулканизации следует учитывать влияние основных технологических факторов на этот процесс, т.е. свойств среды, температуры и давления.

Целью данной работы является разработка имитационной модели автоматизированной системы управления режимами вулканизации резиновых изделий.

К задачам, решаемым в ходе выполнения разработки, относится проработка математических моделей, создание имитационных моделей, проведение исследований и оценка эффективности реализации модели.

На рисунке 1 приведена функциональная схема имитационной модели устройства для автоматизированного управления режимами вулканизации.

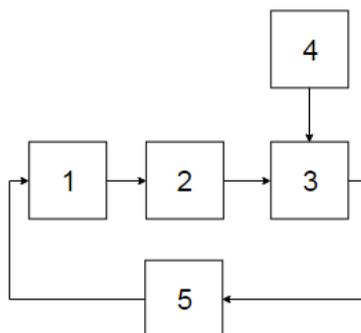


рис.1. Функциональная схема модели устройства для автоматического управления режимами вулканизации: 1- модель технологических систем вулканизации; 2- модели датчиков; 3 – модель системы управления; 4 – эталонная модель; 5 – модель исполнительного механизма

Принцип работы имитационной модели заключается в следующем: в блоке 1 имитируется процесс вулканизации с заданными параметрами, характеристиками и возмущениями; блок 2 служит для фиксации требуемых для выбора режима вулканизации факторов; блок 3 осуществляет подбор и корректировку режима вулканизации, в зависимости от заданных требований и известных значений эталонов; блок 4 содержит эталонные данные для различных конфигураций модели; блок 5 имитирует работу исполнительного механизма, обеспечивающего выполнение установленного режима вулканизации.

Реализация имитационной модели автоматизированной системы управления режимами вулканизации изделий осуществляется с помощью средств программного обеспечения Matlab/Simulink. Имитационная модель реализованной системы представлена на рисунке 2.

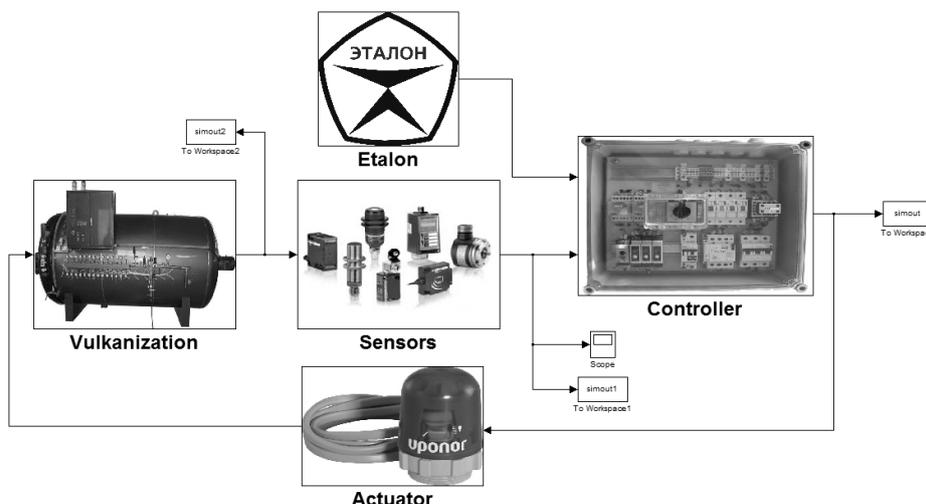


рис.2. Функциональная схема модели устройства для автоматического управления режимами вулканизации

С помощью приведенной имитационной модели можно осуществлять анализ вулканизации при различных условиях и конфигурациях процесса и оборудования, получать графические и текстовые данные всех требуемых параметров, осуществлять предварительные расчеты и прогнозы по технологическому процессу для заданных характеристик.

Имитационное моделирование основных элементов фотоэлектрических систем

Гимазов Руслан Уралович

Шидловский Станислав Викторович*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

**Национальный исследовательский Томский государственный университет*

ruslgim@gmail.com

К основным элементам автономной фотоэлектрической системы энергоснабжения относятся: фотоэлектрические модули, контроллер заряда, аккумуляторные батареи.

Фотоэлектрические модули (ФМ), также называемые солнечными батареями (СБ) представляют собой несколько объединённых фотоэлектрических преобразователей (фотоэлементов) – полупроводниковых устройств, прямо преобразующих солнечную энергию в постоянный электрический ток.

Контроллеры заряда служат для отключения нагрузки от аккумуляторных батарей, если они недопустимо разряжены, а также отключают источник энергии (фотоэлектрический модуль, ветряк и т.п.) если аккумуляторы заряжены. Контроллеры заряда различаются по алгоритму заряда на последней стадии заряда, по способам регулирования тока, с/без поддержки слежения за точкой максимальной мощности фотоэлектрического модуля.

В системах автономного и резервного электроснабжения обычно применяются свинцово-кислотные аккумуляторы.

Для сохранения вырабатываемого фотоэлектрическим модулем электричества, а также в целях обеспечения стабильного выходного напряжения при разных режимах эксплуатации, применяются аккумуляторные батареи различных типов.

Основные типы аккумуляторов следующие:

- свинцово-кислотные (AGM, герметичные гелевые, тяговые);
- щелочные (никель-железные, никель-кадмиевые, никель-металгидридные);
- литий-ионные.

При разработке фотоэлектрических систем возникает задача оценки их эффективности, с учетом разнообразных факторов. Имитационное моделирование позволяет произвести такую оценку и спрогнозировать эффективность функционирования системы при различных конфигурациях системы и влиянии факторов. Преимуществом имитационного моделирования в сравнении с экспериментом является более быстрый и экономичный способ отработки изучаемых процессов.

Основными элементами моделируемой системы являются фотоэлектрические модули, накопитель энергии – аккумуляторная батарея, подключаемая нагрузка, контроллер заряда. Созданные модели являются типовыми и могут использоваться для моделирования автономных систем различных конфигураций. При моделировании используются программные пакеты MATLAB/Simulink.

Для имитационного моделирования фотоэлектрических элементов используется математическая модель эквивалентной электрической схемы, называемая «модель одного диода». Эта модель позволяет учитывать такие факторы, как: температура фотоэлемента, характеристики (тип) фотоэлемента (напряжение холостого хода, ток короткого замыкания), угол падения солнечных лучей, уровень освещенности.

Математическая модель контроллера заряда схематически представляет собой силовую цепь, состоящую из импульсного преобразователя энергии и управляющего устройства. Управляющая часть контроллера изменяет режимы работы импульсного преобразователя, согласно требуемой логике функционирования системы. Импульсный преобразователь энергии имеет входную и выходную цепи. Входная цепь служит для получения выходного тока от ФМ. Выходная цепь служит для формирования зарядного тока аккумулятора и тока питания нагрузки. Управляющая часть контроллера служит для задания режима работы контроллера: с вручную заданной рабочей точкой, или с поиском рабочей точки, соответствующей максимальной мощности.

В качестве модели аккумуляторной батареи используется элемент «Battery» из стандартной библиотеки Simulink/SimPowerSystems.

Общая компоновка имитационной модели фотоэлектрической системы представлена на рисунке 1.

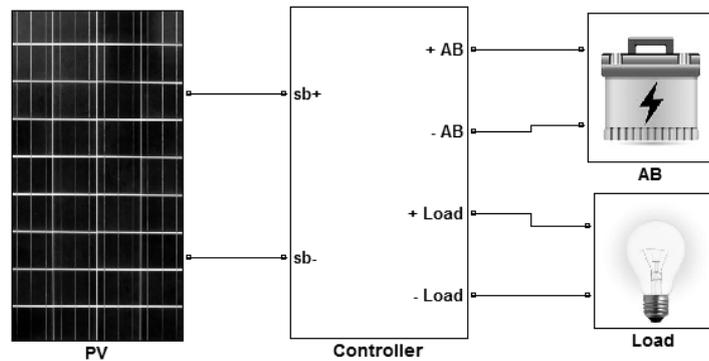


рис.1. Имитационная модель фотоэлектрической установки

На основе разработанной модели, можно осуществлять имитационное моделирование процессов в солнечной фотоэлектрической установке.

Измерения электрофизических параметров плоских образцов материала

Горст Александр Владимирович, Мироньчев Александр Сергеевич, Якубов Владимир Петрович, Шипилов Сергей Эдуардович, Сатаров Раиль Наилевич, Федянин Иван Сергеевич

Национальный исследовательский Томский государственный университет

E-mail: gorst93@gmail.com

Создания устройства для измерения электрофизических параметров плоских материалов определяется тем, что в различных отраслях промышленности происходит создание и совершенствование новых материалов (композиционных материалов). Точные измерения электрофизических параметров могут обеспечить исследователей и инженеров ценной информацией, для повышения надежности конструкций и наблюдения за процессом производства с целью улучшения контроля качества. Современные устройства для исследования электрофизических параметров материалов [1,2] обладают рядом недостатков таких как: Размер установки, создание безэховой камеры, низкое быстродействие, малая точность, сложность установки.

. В данной статье показан способ позволяющий измерять комплексный коэффициент отражения и прохождения, комплексную диэлектрическую и магнитную проницаемостей и показателя преломления, без применения безэховой камеры.

На рисунке 1 представлена установка для измерения электрофизических параметров. Установка предназначена для измерения модуля коэффициента отражения от плоскопараллельных образцов радиопоглощающих материалов (РПМ), а так же комплексной диэлектрической проницаемости и комплексной магнитной проницаемости в диапазоне 3 – 13 ГГц



Рис.1. Экспериментальная установка

Проведение эксперимента осуществляется с помощью квазиоптического метода. Данный метод основан на измерении параметров в свободном пространстве.

На рисунке 2 представлен результат измерения плоского образца текстолита размерами 20x20x2 см. На графике показана комплексная диэлектрическая проницаемость.

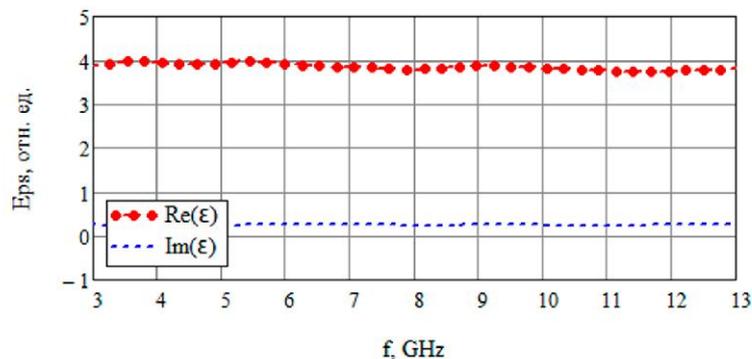


Рис.2. Комплексная диэлектрическая проницаемость

Из графика видно незначительные изменения прямой вдоль частотной области, данное поведение графика не является ошибочным, а данные совпадают с табличными.

Также мы можем пронаблюдать за поведением комплексной магнитной проницаемостью рисунок 3

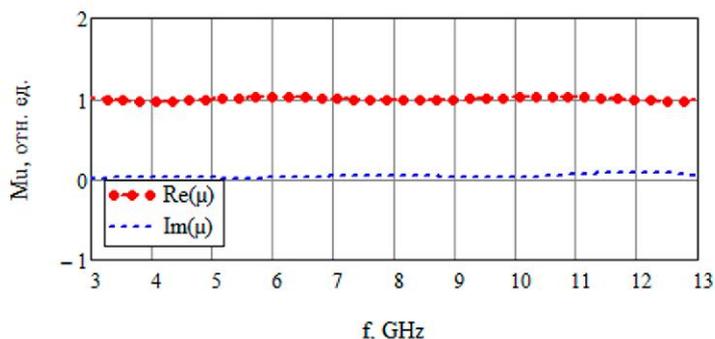


Рис.2. Комплексная диэлектрическая проницаемость

Из графика можно увидеть, что значения магнитной проницаемости также является табличными, а отклонения незначительными.

По результатам эксперимента, можно сделать выводы о том, что установка для измерения электрофизических параметров плоских образцов материала, позволяет точно измерять заявленные параметры в диапазоне частот 3-13 ГГц. Отсутствие безэховой камеры позволит использовать данное устройство в различных лабораториях и предприятиях.

Список публикаций:

[1] Патент РФ № 2001110890/09, 19.04.2001.
Сверхвысокочастотное устройство для неразрушающего измерения электрофизических параметров диэлектрических материалов // Патент России № 2188433. 2002 Бюл. № 24. / Дувинг В.Г.
[2] Патент РФ № 2013147833/07, 25.10.2013.
Резонансное устройство для ближнеполевого свч-контроля параметров материалов // Патент России № 2529417. 2014 Бюл. № 27. / Усанов Д. А., Горбатов С. С. [и др.].

Применение алгоритма построения оптимальной траектории A* в трехмерном пространстве

Гуцал В. А., Шидловский С.В.

Национальный исследовательский Томский государственный университет 634050, г.

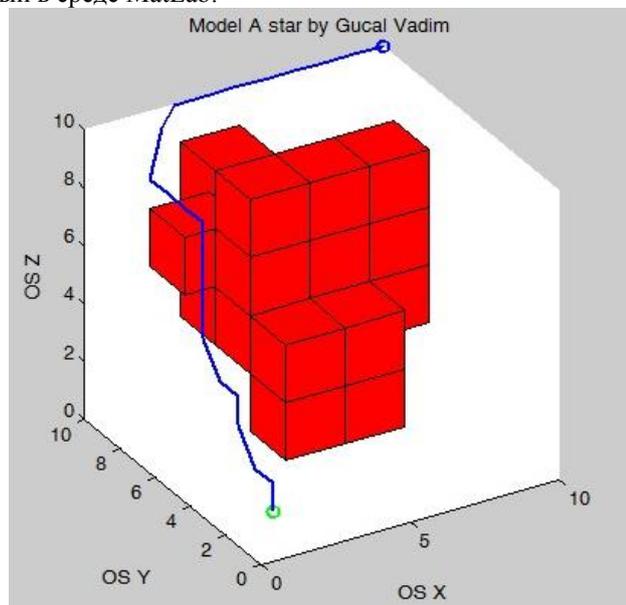
Томск, пр. Ленина, 36, ФИТ

Vadim_Gucal@mail.ru, Shidlovskiysv@mail.ru

Современные мобильные роботы способны выполнять не только команды, поступающие из центра управления, регламентирующие параметры движения (азимут, скорость, ускорение), но и самостоятельно планировать траекторию достижения целевого состояния, учитывая необходимость также решать задачи обхода препятствий. При этом ориентация в пространстве обеспечивается навигационной системой, использующей GPS/ГЛОНАСС, дополненной средствами системы ориентации: технического зрения, дальномером, инфракрасными датчиками и т.д. Совокупность этих средств обеспечивает мобильный робот достаточно объективной информацией о текущем местонахождении. Достижение целевого положения осуществляется по некоторой траектории, для предварительного планирования которой необходима информация о внешней среде -пространстве, в котором будет производиться движение. Эти сведения доставляет карта местности, которая может быть получена из различных источников. Однако такая карта не может учитывать возможные изменения, обусловленные перемещением мобильных устройств (транспорт, люди), природных явлений (осадки), антропогенного воздействия на ландшафт, сезонных изменений природы и др. Тем не менее общее представление о местности, доставляемое картой, вполне достаточное, для осуществления, обобщенного (предварительного) планирования траектории движения.

Для планирования траектории полета на основе полученной карты местности предполагается построение трехмерного массива размерностью n , заполненного значениями 0 и 1, где 0 - является свободным путем, 1 - препятствием. На основе полученного массива выполняется вычисление оптимальной траектории полета, с учетом обхода препятствий и учитывающей физические размеры летательного аппарата для преодоления наиболее сложных препятствий. Ниже приведен пример построенной траектории

Для реализации данной задачи используется алгоритм A*. A* пошагово просматривает все пути, ведущие от начальной вершины в конечную, пока не найдёт минимальный. В начале работы просматриваются узлы, смежные с начальным; выбирается тот из них, который имеет минимальное значение $f(x)$, после чего этот узел раскрывается. На каждом этапе алгоритм оперирует с множеством путей из начальной точки до всех ещё не раскрытых (листовых) вершин графа — множеством частных решений, — которое размещается в очереди с приоритетом. Приоритет пути определяется по значению $f(x) = g(x) + h(x)$. Алгоритм продолжает свою работу до тех пор, пока значение $f(x)$ целевой вершины не окажется меньшим, чем любое значение в очереди, либо пока всё дерево не будет просмотрено. Из множества решений выбирается решение с наименьшей стоимостью. Ниже приведен пример результата моделирования построенной траектории от текущего положения объекта до заданной цели в трехмерном пространстве реализованный в среде MatLab.



После расчета координат точек, для прохождения оптимальной траектории при помощи данных с гироскопического датчика, который измеряет угол поворота устройства, исполнительными механизмами летательного аппарата вырабатываются определенные воздействия для прохождения координат точек, из которых состоит оптимальная траектория полета.

Сложность данной задачи проявляется в том, что заданная цель является движущимся летающим объектом, и для этого необходим эффективно быстрый пересчет заданной оптимальной траектории и эффективно быстрая реакция исполнительных механизмов для постоянного приближения к движущейся цели.

Список публикаций:

1. NEERC.IFMO.RU: Алгоритм А*. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC_A* (дата обращения 10.11.18).
2. ROBOTOSHA.RU: Описание движения мобильного робота. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://robotosha.ru/robotics/robot-motion.html> (дата обращения 10.11.18).
3. ЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА С ПЕРЕСТРАИВАЕМОЙ СТРУКТУРОЙ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ Шидловский С.В. Автоматрия. 2005. Т. 41. № 4. С. 104-113.
4. ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СРЕДЫ В МНОГОСВЯЗНЫХ СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ Шидловский С.В., Сырямкин В.И., Шидловский В.С. Телекоммуникации. 2010. № 10. С. 28-32.

Позиционирование автономного мобильного робота с использованием системы технического зрения

Гуцал В. А., Шидловский С.В.

Национальный исследовательский Томский государственный университет 634050, г.

Томск, пр. Ленина, 36, ФИТ

Vadim Gucal@mail.ru, Shidlovskiysv@mail.ru

На сегодняшний день одна из актуальных проблем использования роботов - это автономный, принятый без участия человека, выбор маршрута роботом. Основанием для выбора служит самостоятельный анализ ситуации. Навигация робота в пространстве – это комбинация выше озвученных задач. Для решения задачи анализа, или позиционирования, используются определенный набор технических средств. Его использование решает данную задачу для определенных условий.

Для успешной навигации в пространстве бортовая система робота должна уметь строить маршрут, управлять параметрами движения (задавать угол поворота колес и скорость их вращения), правильно интерпретировать сведения об окружающем мире, получаемые от датчиков, и постоянно отслеживать собственные координаты.

Данная проблема является одной из важнейших задач в робототехнике, а именно задача точного и быстрого перемещения мобильного робота по траектории, которая задается в виде опорных точек, которые могут быть получены при помощи GPS навигации, либо при построении оптимальной траектории на основе карты местности. Также траектория может задаваться в виде визуальной траектории, нанесенной на поверхность, по которой движется робот. Решение данной проблемы является очень важной задачей, так как информация о точном перемещении необходима для решения более сложных и комплексных задач робототехники, таких как: погрузка различного сырья роботизированной тележкой, сканирование заданной местности и т. д.

Также не мало важной задачей робототехники является эффективное распознавание визуальной информации и на основе ее анализа решение сложных задач управления и контроля, такая система называется системой технического зрения. В общем виде такая система состоит из технологической последовательности, которая включает следующие звенья:

- 1) получение изображения от видеокамеры;
- 2) обработку (оцифровку) изображения;
- 3) логический анализ цифрового изображения и выделение нужной информации;
- 4) перемещение камеры в пространстве.

Для решения задач обнаружения и объезда препятствий может использоваться пара камер, образующих стереосистему. Сопоставляя идентичные элементы изображений от каждой из камер, алгоритм системы технического зрения синтезирует трехмерное изображение пространства перед камерами. Это позволяет построить карту глубины и рассчитать дальность до препятствий, попавших в поле зрения камер. Дальность, на которой от стереопары можно получить достоверные данные определяется стереобазой и, применительно к роботу, составляет 4-5 метров. Увеличивая стереобазу и разрешение видеокамер системы технического зрения, можно значительно повысить точность и глубину синтезируемой карты диспаратности. По мере своего продвижения робот выстраивает трехмерную карту окружающего пространства. По ней, собственно, прокладывается путь и планируется движение робота вычислителем автопилота.

На сегодняшний день выделяют следующие сложности навигации роботов:

- 1) чтобы двигаться к цели, роботу необходимо сформировать достаточно точный образ окружающего его пространства;
- 2) в ходе движения робот должен быстро и точно управлять мотором и положением колес;
- 3) робот должен знать свое реальное местонахождение, а оно почти всегда отличается от хранящегося в бортовой системе.

Список публикаций:

1. Сенюшкин, Н. С. Автономная система позиционирования в составе управления наземной многоцелевой подвижной платформой// Молодой ученый. — 2011. — №1. — С. 44-46 (дата обращения 10.11.18).
2. Сенюшкин, Н.С. Многоцелевая экспериментальная мобильная платформа с двухуровневой системой управления// Молодой ученый. — 2010. — №7. — С. 46-53 (дата обращения 10.11.18).
3. ПОСТРОЕНИЕ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В АВТОНОМНЫХ ПОДВИЖНЫХ РОБОТАХ Шашев Д.В., Шидловский С.В. Телекоммуникации. 2016. № 2. С. 33-38.0
4. HIGH-SPEED IMAGE PROCESSING SYSTEMS IN NON-DESTRUCTIVE TESTING Shashev D.V., Shidlovskiy S.V. Journal of Physics: Conference Series (см. в книгах). 2017. Т. 881. № 1. С. 012029.

Определение структуры неоднородного электропроводящего объекта, скрытого диэлектрической средой с использованием метода вихревых токов.

Лысенко Полина Викторовна

Научный руководитель: Гольдштейн А.Е., д.т.н., профессор

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: polinka-199711@mail.ru

В современном мире во многих областях человеческой деятельности стоит задача обнаружения металлических объектов, а так же получения информации о них. С этой задачей справляются различные виды контроля, но они имеют свои недостатки, которых лишен вихретоковый метод.

Часто требуется не только обнаружить объект, но и получить информацию о его свойствах: размере, форме, ориентации, и положении в пространстве, материале и особенностях структуры [3]. Отражением этих свойств, при вихретоковом контроле являются амплитуда и фаза вносимого напряжения, а также характер их изменений при изменении параметров внешнего воздействия, например частоты тока возбуждения или направления силовых линий магнитного поля [1;2]. Для получения такого количества информации необходимо большое число измеряемых параметров вихретокового преобразователя, связанных линейно с измеряемыми параметрами объекта [4;5].

Анализ возможностей вихретокового контроля проведен с помощью экспериментов.

Объектами исследования являются две дюралюминиевые пластины, которые представляют собой неоднородный объект. Диэлектрическим слоем является оргстекло

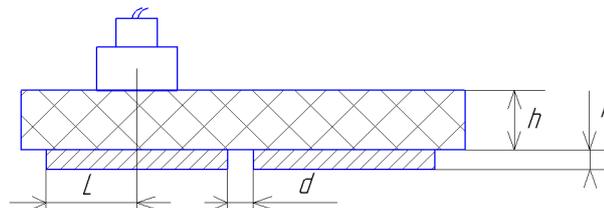


рис.1. Схематичное изображение ВТП и объекта исследования

d , см – расстояние между пластинами;

h , мм – зазор;

L , см – перемещение;

t , см – толщина измеряемого объекта.

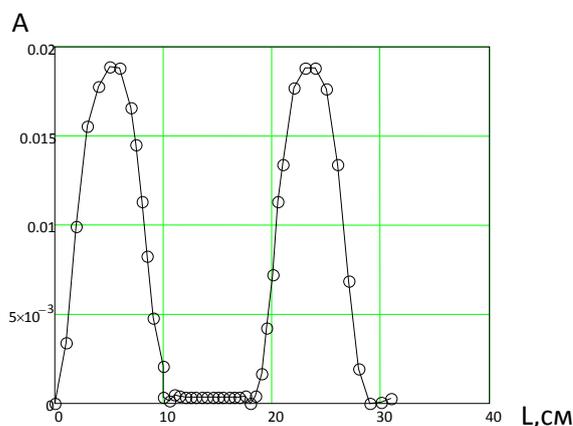


рис.2. График зависимости амплитуды от перемещения при расстоянии между пластинами 10 см

При сканировании вихретоковым преобразователем (ВТП) объекта и обработке результатов получился график (рис.2). На графике удалось рассмотреть размеры пластин равные 9 см, и имеющееся расстояние между пластинами с достаточно высокой точностью. При установленном расстоянии 10 см, в результате эксперимента на графике получили 8.5 см

Список публикаций:

- [1] Гольдштейн, Александр Ефремович. Физические основы получения информации : учебник для прикладного бакалавриата / А. Е. Гольдштейн. – Томск. Издательство - томского политехнического университета 2007. – 109с.
- [2] Неразрушающий контроль. Справочник / под ред. В.В. Клюева: в 8 томах. Т 2: в 2-х кн.: Кн. 1: Контроль герметичности. Кн. 2: Вихретоковый контроль. – М.: Машиностроение, 2003. – 688 с.
- [3] Гольдштейн, Александр Ефремович. Использование нестационарных по направлению магнитных полей для идентификации локальных электропроводящих объектов / А. Е. Гольдштейн, В. К. Жуков; Томский политехнический университет. — Томск: Печатная мануфактура, 2002. — 139 с.
- [4] Ежов, М. В. Обнаружение поверхностных и подповерхностных дефектов вихретоковым методом [Электронный ресурс] = Detection of surface and subsurface defects by eddy current method / М. В. Ежов, А. Е. Гольдштейн // Информационно-измерительная техника и технологии : материалы IV Научно-практической конференции, Томск, 15-17 мая 2013 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) ; под ред. А. В. Юрченко. — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — [С. 138-144]. — Заглавие с титульного листа. — Свободный доступ из сети Интернет. — Adobe Reader.
- [5] Власов К.В Основы вихретокового неразрушающего контроля: учебное пособие Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщения, 2015. — 54 с.

Система вихретокового контроля геометрических и электромагнитных характеристик электропроводящих объектов

Магуперов Адильбек Толегенович

Томский политехнический университет

Гольдштейн Александр Ефремович, д.т.н.

adilbek445@gmail.com

Одним из достоинств вихретоковых методов контроля, определяющих их широкое применение для решения задач неразрушающего контроля, является высокая информативность. Последнее обусловлено тем, что пространственно-временное распределение возбуждаемых в контролируемом электропроводящем объекте переменным магнитным полем вихревых токов зависит от размеров, формы, пространственного положения объекта в магнитном поле, а также от электромагнитных свойств материала объекта и особенностей его структуры. Поэтому измерением магнитного поля вихревых токов можно получить информацию о перечисленных выше геометрических, электрофизических и структурных параметрах объекта контроля.

Было проведено исследование влияния геометрических параметров локального электропроводящего объекта на результат измерений характеристик магнитного поля вихревых токов. Влияние на сигнал ВТП основных геометрических и электромагнитных параметров объекта контроля наиболее полно может быть изучено путем физического моделирования взаимодействия гармонического магнитного поля с различными по форме и структуре металлическими предметами.

Нами использовались нестационарные по направлению магнитные поля, направление которых изменяется в процессе контроля относительно объекта. Наибольший эффект от использования

нестационарных полей может быть получен при решении таких задач вихретокового контроля, как идентификация электропроводящих объектов, определение местоположения и измерение перемещения электропроводящих объектов. За счет применения нестационарных по направлению магнитных полей вместо стационарных может быть получена дополнительная информация о форме и пространственной ориентации объекта контроля.

Для возбуждения магнитного поля нужной частоты и измерения вносимых напряжений ВТП, обусловленных продольной и поперечной составляющими магнитного поля вихревых токов, использовалась измерительная установка. Измерительная установка содержала ВТП с гармоническим стационарным полем, характеризующимся высокой однородностью чувствительности и возможностью измерения как продольной, так и поперечной составляющих магнитного поля вихревых токов.

В качестве физической модели тел вращения использовались короткий стальной цилиндр, эллипсоид, стальной диск, дюралевое кольцо и их сочетания при разной ориентации. Частота тока возбуждения выбиралась равной 1кГц.

В процессе эксперимента объекты вносились в магнитное поле и изменялся угол между объектом контроля и магнитным полем. По полученным результатам осуществлялось построение годографа вносимого напряжения от изменения ориентации объекта. На рис. 1 показан годограф $U_{вн}$ от изменения ориентации в магнитном поле ВТП стального цилиндра.

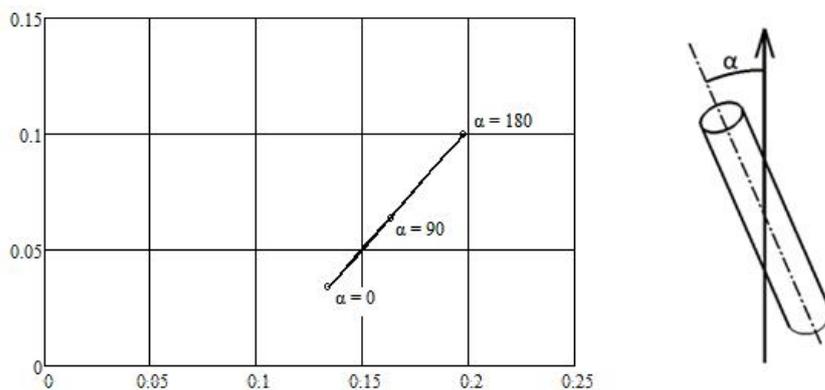


Рис. 4. Годографы $U_{вн}$ ВТП от вращения стального цилиндра.

Анализ полученных результатов показывает что годографы $U_{вн}$ от изменения ориентации относительно силовых линий магнитного поля ВТП для объектов, имеющих форму тел вращения, представляют собой прямые линии, концы которых соответствуют продольной и поперечной ориентациям объекта в магнитном поле.

После эксперимента с телами вращения в качестве объекта контроля было выбрано несимметричное тело, а именно стальной цилиндр со стальной шайбой. Угол между этими двумя телами изменялся после каждого измерения на 15° . Полученные годографы можно увидеть на рис. 2.

Годографы $U_{вн}$ от изменения ориентации несимметричных объектов представляют собой замкнутые кривые, имеющие форму эллипсов. Анализ геометрических размеров эллипсов показывает, что чем больше объект имеет форму отличную от симметрии, тем больше размеры их осей.

Использование более сложной модели объекта контроля, неоправданно, поскольку ведет к резкому усложнению в этом случае технической реализации средства контроля и существенному ограничению скорости контроля.

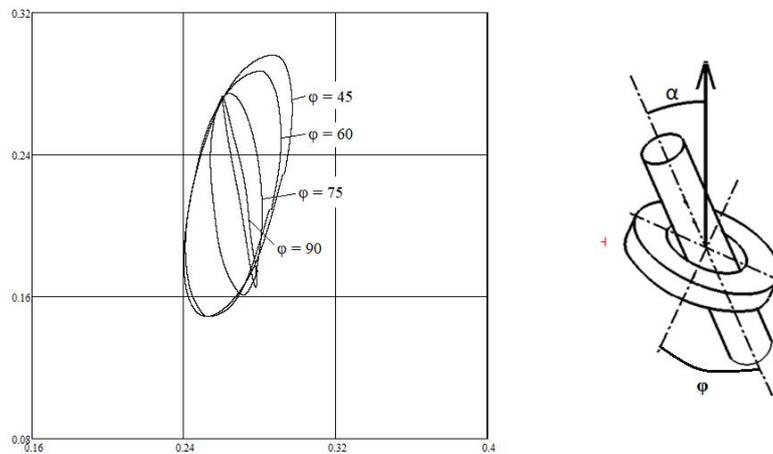


Рис. 2. Годограф $U_{\text{вн}}$ ВТП от вращения в плоскости несимметричного объекта.

Анализ результатов показывает, что годографы $U_{\text{вн}}$ от изменения ориентации относительно силовых линий магнитного поля ВТП для объектов, имеющих форму тел вращения, представляют собой прямые линии. Построение годографа вносимого напряжения для симметричного объекта можно осуществить по двум точкам: зная значения $U_{\text{вн}}$ при продольной и поперечной ориентации объекта относительно создаваемого магнитного поля.

Годографы $U_{\text{вн}}$ несимметричных объектов представляют собой замкнутые кривые, имеющие форму эллипсов. Геометрические размеры эллипсов (площадь, отношение осей) зависят от степени несимметрии тела.

Данный метод контроля может использоваться для контроля углов ориентации тел (например, при сборочных операциях), а также для идентификации объектов.

Список публикаций:

1. *Неразрушающий контроль. Справочник под ред. Клюева В.В. Вихрековый контроль.* - М.: Машиностроение. - 2003. - 688с.
2. *Гольдштейн А.Е. Жуков В.К. Использование нестационарных по направлению магнитных полей для идентификации локальных электропроводящих объектов // Томск: Печатная мануфактура. - 2002. - 139 с.*
3. *Герасимов В.Г. Электромагнитный контроль однослойных и многослойных изделий // М.: Энергия. - 1972. - 152 с.*

Неинвазивный метод исследования уровня глюкозы в биологических жидкостях

Кирилл Приб, Александр Яремкив, Андрей Клоков

Национальный исследовательский Томский государственный университет

Заболеваемость сахарным диабетом растёт с каждым годом. Сахарный диабет – это хроническое заболевание, при котором уровень сахара в крови повышен. Происходит это в результате того, что поджелудочная железа либо не вырабатывает инсулин, либо синтезируемый инсулин не может эффективно работать. Количество людей с диабетом за последние 35 лет увеличилось в 4 раза. Сейчас более 400 миллионов человек в мире больны диабетом, и распространённость заболевания продолжает расти [1]. Всемирная организация здравоохранения предполагает, что к 2030 году диабет займет седьмое место среди причин смертности. Возможные методы лечения включают регулирование уровня глюкозы в крови диетическими способами, пероральный прием препаратов или введение инсулина, все представленные методы оказывают неблагоприятное воздействие на повседневную жизнь [2]. В настоящее время больным сахарным диабетом рекомендуется регулярно проверять уровень глюкозы в крови с помощью глюкометра. Эта практика может помочь тщательно контролировать уровень глюкозы в крови. Таким образом, больные сахарным диабетом и их врачи могут получать ясную картину уровня глюкозы в крови для оптимизации терапии. Это является показателем для корректировки дозы инсулина среди больных сахарным диабетом, которые нуждаются в ежедневных инъекциях инсулина. Однако, прокалывание пальца для определения содержания уровня глюкозы в крови для диабетиков, которые ежедневно проверяют уровень сахара в крови несколько раз в день, является затруднительным [3]. Прокалывания пальца вызывают болезненные ощущения и в последствии приводят к повреждению тканей. Пациент, который страдает диабетом 20 лет, и который проверяет уровень глюкозы в крови три раза в день, будет колоть палец больше чем 21900 раз [4]. Это также увеличивает риск инфекции.

Тестовые образцы были изготовлены путём смешивания раствора 0,9 % натрий хлорида и раствора 40 % глюкозы (рис. 1).



рис. 1 – Раствор NaCl 0.9 % и раствор глюкозы 40 %

Для проведения измерений с помощью прибора измеритель иммитанса E7-20 необходим измерительный макет. Был создан макет для проведения измерений. Измерительный макет представляет собой печатную плату с закреплённой на ней трубкой из латекса и 4-мя контактами, расположенными на одинаковом друг от друга расстоянии. (рис. 2).

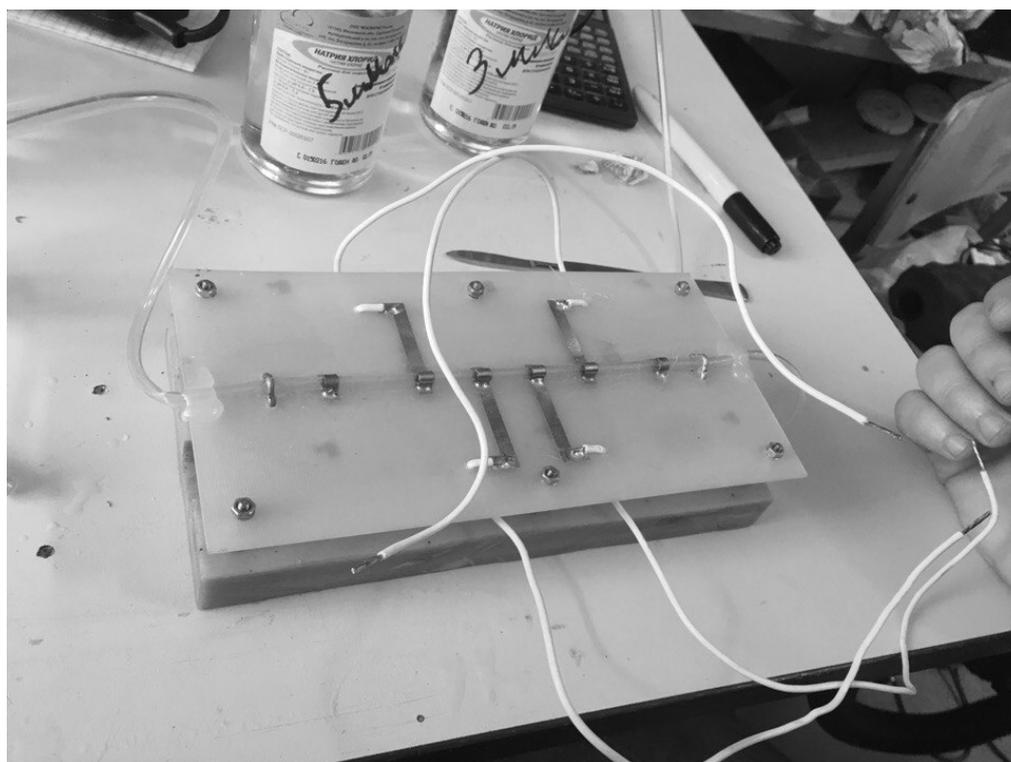


рис.2 – Макет для проведения измерений

Измеритель иммитанса (RLC) E7-20 прецизионный прибор класса точности 0,1, с широким диапазоном рабочих частот 25 Гц – 1 МГц и высокой скоростью измерений (до 25 измерений в секунду) [5]. (рис. 3)



рис. 3– Измеритель иммитанса E7-20

С помощью измерителя иммитанса E7-20 мы исследуем модуль комплексного сопротивления. К прибору мы подключили устройство присоединительное УП – 1 (рис 4).



рис. 4 – Устройство присоединительное УП – 1

Для начала работы необходимо произвести коррекцию нуля в режиме холостого хода (ХХ) затем в режиме короткого замыкания (КЗ). Подсоединили к СОМ-порту персонального компьютера и запустили программу для проведения измерений. Подсоединили наш макет для измерений к УП – 1. Поместили тестовый образец в макет для измерений. Измерения проводили следующим образом. В программе частотами для измерений были выбраны: 25, 50, 60, 100, 120, 200, 500, 1000, 5000, 10000, 20000, 50000, 100000, 200000, 500000, 1000000 Гц то есть все частоты по умолчанию на которых измеряет E7 – 20 для нахождения зависимости комплексного сопротивления на частотах от содержания глюкозы в образцах. На каждой частоте измерения были проведены 100 раз для каждого образца. Такое количество измерений было сделано для установления истинного среднего значения, так как нам известно, что отношение сигнал/шум это корень из n раз. Из этого следует, что чем больше измерений будет проведено, тем проще будет выявить истинное среднее значение.

После проведения измерений мы приступили к обработке результатов измерений. Для обработки данных мы использовали программу Microsoft Excel, так как она удовлетворяет нашим требованиям и удобна в использовании. В качестве примера обработанных данных, мы взяли 3 частоты: 25 Гц, 2 кГц и 50 кГц, то есть на низких средних и высоких частотах.

На частоте 25 Гц получили гистограммы распределения модуля комплексного сопротивления. Из результатов выяснили, что на частоте 25 Гц в растворе без глюкозы наблюдается высокое показание модуля комплексного сопротивления и незначительное изменение при измерении растворов с глюкозой.

Рассмотрели поведение модуля комплексного сопротивления на частоте 2 кГц. Результаты показали, что на частоте 2 кГц при увеличении концентрации глюкозы увеличивается модуль комплексного сопротивления.

На частоте 50 кГц так же было получено распределение модуля комплексного сопротивления. Из результатов стало ясно, что на частоте 50 кГц модуль комплексного сопротивления не явно зависит от частоты.

В наших измерениях видно, что разброс значений хоть и присутствует, но это не повлияет на среднее значение частоты повторений. Для установки закона распределения и более точного истинного значения в последующем мы будем проводить больше измерений.

Для визуализации значений показания модуля комплексного сопротивления на всех частотах нами был построен график зависимости среднего значения образцов от частоты измерения (рис. 5).



рис. 5 – График зависимости истинных значений образцов от частот

На данном графике видно, что на частоте 2000 Гц мы наблюдаем необъяснимый резонанс. Данный резонанс впоследствии нами будет исследоваться. Так же видно, что на низких частотах мы имеем большой разброс значений и влияние концентрации глюкозы на частотную зависимость модуля комплексного сопротивления не наблюдается, а на высоких разброс значений незначителен.

В данной работе мы показали актуальность неинвазивного глюкометра в повседневной деятельности человека, болеющего сахарным диабетом и необходимость его создания. Так же нами был представлен способ измерения уровня глюкозы в крови, разработан макет для измерений и произведены измерения и их обработка.

Результаты измерений показали, что создание такого глюкометра возможно реализовать на практике. Из представленных выше результатов измерений видно, что на низких и высоких частотах измерять модуль комплексного сопротивления Z является не целесообразным, на средней частоте мы наблюдаем резонанс. Так же на частоте в 2 кГц наблюдается зависимость модуля комплексного сопротивления Z от повышения концентрации глюкозы в растворе.

Список публикаций:

1. *Официальный сайт Всемирной организации здравоохранения медиа-центр: [Электронный ресурс]. // режим доступа: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/en/> Дата обращения: 09.10.2018*
2. *Официальный сайт MedicineNet, Определение прокола пальца: [Электронный ресурс]. // режим доступа: <http://www.medicinenet.com/script/main/art.asp?articlekey=39540> Дата обращения: 09.10.2018*
3. *Гозани С. Повреждение нервов при сахарном диабете., , Бюллетень Гарвардского Института Неврологии им. Д. Махони, Журнал «Мозг», (1996), № 5, С.44-56.*

4. Сахарный диабет стандарты медицинской помощи при сахарном диабете-2016, Лечение диабета, 39 дополнение. 1, (2016), С4-42.
5. Лозовский В.М., Варакомский А.Г., Бахур В.В. Измеритель иммитанса Е7-20, Руководство по эксплуатации /// ОАО «МНИПИ», (2006), С.4-13

Метод Монте-Карло для локализации робота на карте местности

Шихман Марина Владимировна

Национальный исследовательский Томский государственный университет

Shikhmar@gmail.com

Мир вошел в цифровую эпоху, когда новые технологии стремительно развиваются и меняют привычный уклад жизни, формируются новые отрасли и профессии, открываются новые возможности для развития. Среди многообразия областей в цифровой индустрии, особый интерес вызывает робототехника. Робототехнические устройства постепенно проникают во все сферы деятельности человека, и имеют огромные перспективы для дальнейшего развития. Для решения прикладных задач во многих случаях роботу необходимо знать свое реальное местонахождение, которое чаще всего отличается от данных, хранящихся в бортовой системе. Для беспилотных робототехнических устройств, а также наземных роботов наиболее эффективно применять алгоритмы локальной навигации, которые заключаются в определении координат устройства по отношению к некой начальной точке.

Одним из множества алгоритмов локализации робота на имеющейся карте является локализация Монте-Карло (Monte Carlo Localization). Стоит отметить, что данный метод имеет ряд преимуществ, поэтому в работе рассматривается именно он. Фильтр частиц, главный для алгоритма Монте-Карло, может аппроксимировать несколько различных видов вероятностных распределений, поскольку имеет непараметрическое представление. Некоторые другие байесовские алгоритмы локализации, такие как фильтр Калмана (в том числе, расширенный фильтр Калмана), полагают, что робот близок к тому, чтобы быть распределением Гаусса, и не справляются с ситуациями, когда первоначальные предположения являются мультимодальными.

Учитывая карту среды, алгоритм оценивает положение и ориентацию робота по мере его перемещения и воспринимает окружающую среду. Алгоритм использует фильтр частиц представления распределения вероятных состояний. Частица представляет собой возможное состояние, т.е. гипотезу о том, где находится робот в некоторый момент времени. Чаще всего, начальное представление алгоритма является равномерным случайным распределением частиц по конфигурационному пространству. Всякий раз, когда робот перемещается, он перемещает частицы, чтобы предсказать свое новое состояние после движения. В случае, если робот что-то определяет, происходит пересчет частиц на основе рекурсивной байесовской оценки. То есть происходит определение того, насколько хорошо фактические воспринимаемые данные коррелируют с прогнозируемым состоянием. В конечном счете, частицы должны сходиться к фактическому положению робота.

Рассмотрим робота в одномерном круговом коридоре с идентичными дверями, использующего датчик, который определяет наличие или отсутствие двери перед собой. В начальный момент времени робот находится у первой двери. Сам же алгоритм инициализируется равномерным распределением частиц, то есть изначально робот не знает, где именно он находится и считает, что может находиться в любой точке пространства вдоль коридора с одинаковой вероятностью. Затем робот получает информацию с датчика об окружающем пространстве и обнаруживает перед собой дверь. Исходя из этого, присваивается вес каждой из частиц. Частицам, которые могут дать такие показания датчика (наличие двери), присваивается больший вес. Затем робот генерирует набор новых частиц, причем большинство из них генерируется вокруг предыдущих частиц с большим весом. Теперь робот полагает, что он находится возле одной из дверей, но не знает возле какой именно.

В следующий момент времени робот перемещается на некоторое расстояние вправо. Все частицы также перемещаются вправо, и добавляется некоторый шум. Робот анализирует данные об окружающей среде и не обнаруживает дверь. Он вновь присваивает вес каждой из частиц. Теперь частицам, которые могут дать такие показания датчика (отсутствие двери), присваивается больший вес. Частицы, в области которых есть двери, наделяются малыми весами.

Стоит отметить, что во время обновления движения робот предсказывает свое новое местоположение на основе заданной команды запуска, применяя имитируемое движение к каждой из частиц. Например, если робот движется вперед, все частицы движутся вперед в своих направлениях независимо от того, как они направлены. Однако, в реальном мире ни один исполнительный механизм не идеален, и робот перемещается относительно сигнала задания с некоторой погрешностью. Следовательно, частицы неизбежно отклоняются во время обновления движения. Это отклонение и является некоторым шумом, который стоит учитывать.

Этапы алгоритма повторяются циклически, т.е. при нахождении робота в некоторой точке пространства, он определяет набор частиц, соответствующий его гипотетическим местоположениям. Затем для каждой частицы робот вычисляет вероятность того, что, если бы он находился в этом месте (представлял бы собой это состояние частицы), предположительные показания об окружающей среде совпадали с показаниями его датчиков. Присваивается вес каждой частице ω , пропорциональный указанной вероятности. Затем, робот генерирует набор новых частиц на основе предыдущего представления, с вероятностью, пропорциональной ω . Частицы, согласующиеся с показаниями датчиков, выбираются чаще, в отличие от частиц, несовместимых с показаниями датчиков. Таким образом, частицы сходятся к наилучшей оценке состояния робота. Робот становится все более уверенным в своем положении. Повторяя эти шаги, робот определяет свое местоположение с наибольшей вероятностью.

Зависимость давления на валки профилегибочного стана от основных параметров профилирования

Манжурич Иван Петрович
Балбекова Бахыт Кабкеновна
Набоко Елена Петровна
Сидорина Елена Анатольевна

РГКП «Карагандинский государственный технический университет»
elena.sidorina.78@mail.ru

Стохастическая величина, в рассматриваемом случае давление на валки, полностью может быть описана, если известен закон ее распределения, т.е. соотношение, устанавливающее связь между возможными значениями переменной величины и соответствующими им вероятностями. Закон распределения может быть установлен на основе анализа статистического материала. В [1] показано, что давление на валки следует логарифмически нормальному закону распределения. Это позволяет исследовать зависимость давления на валки от параметров профилирования методами математической обработки экспериментальных данных, в частности корреляционно-регрессионный анализ, математическое планирование эксперимента. С этой целью было проанализировано более 500 значений давления при профилировании уголков и швеллеров из полосы толщиной $t_0 = 1 \div 5$ мм из углеродистых и низколегированных сталей по единичным маршрутам с углами подгибки $\alpha = 0^\circ - 15^\circ$; $\alpha = 0^\circ - 30^\circ$; $\alpha = 0^\circ - 45^\circ$; $\alpha = 0^\circ - 60^\circ$; $\alpha = 0^\circ - 75^\circ$; $\alpha = 0^\circ - 90^\circ$ при относительном радиусе изгиба $s/t_0 = 0,5 \div 8$, ширине подгибаемой полки $B = 50 \div 350$ мм при различной настройке стана s/t_0 (где r -радиус изгиба, мм; s -зазор между валками, мм).

Данные, необходимые для построения эмпирической линии регрессии зависимости $P = f(r/t_0)$, приведены в табл.1.

В табл.1 относительные середины интервалов рассчитаны по уравнению $y^i = \frac{(y_{cp} - c)}{i}$, а средние значения давления P по интервалам по формуле, $y_x = c + \left[\sum (m_{xy} \cdot i) \right] / \sum m_x$ где $c = 27$ кН; $y_x = P$; $x = r/t_0$; $i=6$ кН; $\sum m_x$ -сумма значений давления, попавших в интервал.

Таблица 1. Корреляционная таблица зависимости P от r/t_0

№ п/п	$x = r/t_0$ $y = P, кН$	y^i	$0 \div 2$	$2 \div 4$	$4 \div 6$	$6 \div 8$	$8 \div 10$	$10 \div 12$	$\sum m_y$
			1	3	5	7	9	11	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	$0 \div 6$	-4	54	45	23	7	14	3	146

2	6 ÷ 12	-3	129	31	25	2	-	-	181
3	12 ÷ 18	-2	86	5	13	2	1	-	107
4	18 ÷ 24	-1	48	1	-	-	-	-	49
5	24 ÷ 30	0	16	2	1	-	-	-	19
6	30 ÷ 36	1	12	-	-	-	-	-	12
7	36 ÷ 42	2	7	-	-	-	-	-	7
8	42 ÷ 48	3	2	-	-	-	-	-	2
9	48 ÷ 54	4	2	-	-	-	-	-	2
10	54 ÷ 60	5	1	-	-	-	-	-	1
$\sum m_x$			351	84	62	11	15	3	526
$\sum(m_x y')$			-760	-284	-193	-38	-58	-13	
$\bar{y}' = \sum(m_x y') / \sum y'$			-2,16	-3,38	-3,11	-3,45	-3,87	-4,0	
\bar{y}_x			14,1	6,72	8,34	6,3	3,78	3,0	
Примечание. Во всех таблицах y' -относительная середина интервала; m -сумма значений давления, попавших в интервал									

На рис.1 приведена экспериментальная линия регрессии. Из анализа экспериментальной линии регрессии следует, что с увеличением относительного радиуса изгиба примерно до $r/t_0 \approx 5-6$ давление уменьшается, а далее уменьшение P замедляется. Функция такого типа хорошо описывается уравнением логарифмического типа

$$y = 13,186 - 5,605 \ln(x) \quad (1)$$

(коэффициент достоверности аппроксимации $R^2=0,8715$), по которому и построена расчетная линия регрессии (рис.1).

Показателем тесноты зависимости y от x при нелинейной регрессии является корреляционное отношение

$$\eta = S(yx)/S(y) \quad (2)$$

— где S — среднее-квадратичное значение соответствующей оценки дисперсии. При этом $S^2(y_x) = \frac{1}{n} (\sum m_x y_x^2) - y_x^2$ — оценка дисперсии y_x относительно общей средней величины y , а $S^2(y) = \frac{1}{n} \sum m_y (y - y_x)^2$ — оценка дисперсии y относительно общей средней величины y_x .

Корреляционное отношение является общим показателем тесноты связи, не учитывающим формы связи. Поэтому в случае нелинейной корреляционной связи вводится коэффициент регрессии.

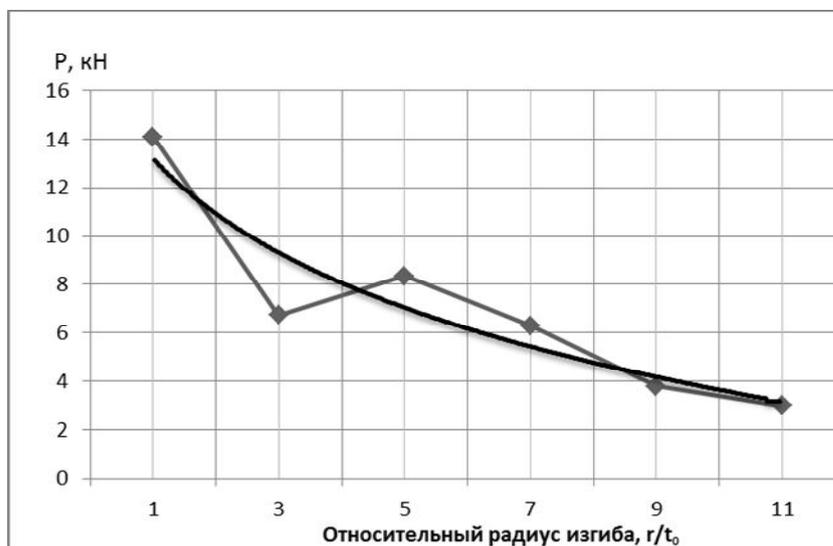


рис.1 Экспериментальная и расчетная линии регрессии зависимости давления от относительного радиуса изгиба

Для установления зависимости давления на валки стана, исходя из статистического (а не функционального) характера зависимости давления от параметров профилирования, представляется целесообразным использовать методы, отвечающие характеру исследуемого процесса. В этой связи наиболее эффективным является корреляционно-регрессионный анализ.

Список публикаций:

1. Богоявленский К.Н., Рис В.В., Манжури И.П. О вероятностно-статистическом анализе давления металла на валки профилировочного стана / Богоявленский К.Н., Рис В.В., Манжури И.П. // Тр.ЛПИ «Обработка металлов давлением». № 322.Л.: Машиностроение. – 1971. – С. 31 – 34
2. Манжури И.П., Сидорина Е.А. Определение утонения полосы :при профилировании ее в валках профилировочного стана / Манжури И.П., Сидорина Е.А. // ЗАО «Металлургиздат», Металлург. – 2012г. – С. 65 – 68.
3. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента / Адлер Ю.П.// М.:Металлургия. – 1969. – С. 157 - 161.

Новые возможности метода экг картирования

Д.К.Авдеева¹, М. М. Южаков^{1*}, М.Л. Иванов¹, Н.В. Турушев¹, И.В. Максимов²,
Р.Е. Кодермятов¹, С.В.Мазиков¹, Г. Вэньцзя¹ и И.А. Зимин².

¹R&D Laboratory for Medical Engineering, National Research Tomsk Polytechnic University,

²Cardiology Research Institute, Tomsk, Russia

libra@tpu.ru

Заболевания сердца являются основной причиной смерти во всем мире. Внезапная сердечная смерть (ВСС) особенно выделяется специалистами из всех причин смертей от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ). ВСС в большинстве случаев является следствием инфаркта сердечной мышцы. Таким образом, отслеживая состояние сердца и активности его клеток можно прогнозировать возникновение угрожающих здоровью состояний. Обзор открытых данных показывает, что эффективность методов предотвращения ВСС за последние несколько десятков лет исследований качественно изменилась недостаточно [1,2]. Кроме того, в источниках приводятся разные данные о прогностическом значении методов, а также часть из них подвергаются сомнению [3]. Описанное положение показывает, что необходим качественный переход в методах диагностики ССЗ. Одним из перспективных и эффективных методов диагностики является метод ЭКГ картирования. Применение данного метода позволяет увеличить количество информации о состоянии сердечно-сосудистой системы человека по сравнению со стандартным ЭКГ исследованием[4]. Метод ЭКГ картирования применяется достаточно долгое время. Вместе с тем, в данной методике применяются стандартные электроды для снятия биопотенциалов человека.

Сотрудники лаборатории медицинской инженерии ТПУ создали наносенсоры, обладающие уникальными метрологическими характеристиками и позволяющие неинвазивно измерять микропотенциалы сердца человека. Были проведены сравнительные исследования стандартных электродов AgCl электрода (FIAB Spa, Италия) и разработанных наносенсоров в полосе частот от 0 до 10000 Гц для целей дальнейшего использования в ЭКГ картировании. Результаты проведенных

экспериментов показали, что в разработанных наносенсорах помеха в несколько раз меньше по уровню, чем в стандартных электродах. Таким образом, использование разработанных наносенсоров в рассматриваемом методе позволит качественно улучшить информацию, получаемую данным методом, что позволит существенно повысить диагностические возможности метода ЭКГ картирования.

Список публикаций:

- [1] Golukhova E Z, Gromova O I, Bulaeva N I and Bokeria L A 2017 Sudden Cardiac Death in Patients With Ischemic Heart Disease: From Mechanisms to Clinical Practice. *Kardiologija* 57 73–81
 [2] Spirito P and Maron B J 1990 Relation between extent of left ventricular hypertrophy and occurrence of sudden cardiac death in hypertrophic cardiomyopathy *J. Am. Coll. Cardiol.* 15 1521–6
 [3] Malik M 2001 Risk of Arrhythmia and Sudden Death (London: BMJ)
 [4] Trobec R, Tomašić I, Rashkovska A, Depolli M and Avbelj V 2018 Body sensors and electrocardiography (Cham: Springer)

Дифракция плоской нестационарной электромагнитной волны на идеально проводящем параболоиде вращения

Беличенко Виктор Петрович

Национальный исследовательский Томский государственный университет

E-mail: bvp@mail.tsu.ru

Задача дифракции плоской монохроматической электромагнитной волны на идеально проводящем параболоиде вращения является одной из самых сложных задач теории дифракции. Её полное решение было получено В.А. Фоком [1] с использованием специально разработанного математического аппарата. Несколько проще решаются задачи о несимметричном внешнем и внутреннем возбуждении такого параболоида дипольными источниками, расположенными на оси симметрии параболоида [1-3]. Результаты из [1] были дополнены в [4] в направлении обсуждения концепции дифракционных лучей Келлера. Вместе с тем, какого либо существенного усиления этих результатов вплоть до настоящего времени не получено.

Различные случаи осесимметричного возбуждения идеально проводящего или спирально проводящего параболоида вращения рассмотрены в [5-7]. Строгое решение этих задач также требует представления полей в виде разложений в ряды или интегралы по специальным функциям, а именно функциям Уиттекера.

На этом фоне отчасти странным, на первый взгляд, кажется то обстоятельство, что задача дифракции плоской линейно поляризованной монохроматической электромагнитной волны, распространяющейся вдоль оси идеально проводящего параболоида и рассеиваемой его выпуклой поверхностью, имеет весьма простое строгое аналитическое решение. Как оказалось [8], это решение в точности совпадает с решением, получаемым в рамках геометрикооптического подхода. Ситуация была прояснена в работе [9]. Её автор показал, что рассеянное параболоидом поле представляет из себя суперпозицию полей конечного числа мультиполей.

В данной работе производится обобщение результатов работ [8, 9] на случай дифракции на идеально проводящем параболоиде вращения нестационарной плоской электромагнитной волны.

Пусть в декартовой системе координат x, y, z , с осями \mathbf{i}, \mathbf{j} и \mathbf{k} , расположен идеально проводящий параболоид вращения $x_1^2 + y_1^2 = 2Rz_1$ (нижний индекс указывает на принадлежность точки с координатами x_1, y_1, z_1 поверхности параболоида). На этот параболоид набегают плоская линейно поляризованная монохроматическая волна

$$\mathbf{E}_{inc} = E_0 e^{ikz} \mathbf{i}, \quad (1)$$

распространяющаяся в направлении $z > 0$.

Как показано в [8, 9], напряженность электрического поля, рассеянного параболоидом, описывается следующим выражением:

$$\mathbf{E}_{refl} = \frac{1}{2} R E_0 e^{-ikR/2} \frac{e^{ikr}}{r} \left\{ \left(-1 + \frac{1 + \cos \theta}{1 - \cos \theta} \cos 2\varphi \right) \mathbf{i} + \left(\frac{1 + \cos \theta}{1 - \cos \theta} \sin 2\varphi \right) \mathbf{j} - \left(\frac{2 \sin \theta}{1 - \cos \theta} \cos \varphi \right) \mathbf{k} \right\}, \quad (2)$$

где r, θ, φ - сферические координаты обычным образом связанные с декартовыми координатами x, y, z .

Применение обратного интегрального преобразования Фурье к выражениям (1) и (2) дает решение задачи дифракции импульсной плоской электромагнитной волны на идеально проводящем параболоиде вращения. В силу этого решение задачи дифракции плоской волны с произвольной зависимостью электромагнитного поля от времени $f(t)$ дается выражениями в виде интегралов свертки. В результате вычисления этих интегралов, получаем

$$\mathbf{E}_{inc}(t) = cE_0 \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau) \delta(c(t-\tau) - z) d\tau \mathbf{i} = cE_0 f(t - z/c) \mathbf{i},$$

$$\mathbf{E}_{refl}(t) = \frac{c}{2} RE_0 \frac{f(t - r/c + R/2c)}{r} \times$$

$$\times \left\{ \left(-1 + \frac{1 + \cos \theta}{1 - \cos \theta} \cos 2\varphi \right) \mathbf{i} + \left(\frac{1 + \cos \theta}{1 - \cos \theta} \sin 2\varphi \right) \mathbf{j} - \left(\frac{2 \sin \theta}{1 - \cos \theta} \cos \varphi \right) \mathbf{k} \right\}.$$

Таким образом, рассеянное нестационарное поле сохраняет временную зависимость, и представляет собой сферическую волну. При этом, в отличие от падающего линейно поляризованного поля, в рассеянном поле все три декартовы компоненты не равны нулю. Характер зависимости поля от угловых координат θ и φ не претерпевает изменений в сравнении со случаем рассеяния монохроматической волны.

Список публикаций:

- [1] Фок В. А. *Проблемы дифракции и распространения электромагнитных волн*. М.: Сов. радио, 1970. 517 с.
- [2] Скальская И. П. // *ЖТФ*. 1955. Т. 25(13). С. 2371-2380.
- [3] Корбанский И. Н. // *Радиотехника и электроника*. 1968. Т. 13(9). С. 1676-1678.
- [4] Фёдоров А. А. // *Радиотехника и электроника*. 1997. Т. 42(1). С. 66-75.
- [5] Buchholz H. *The Confluent Hypergeometric Function*. Berlin-Heidelberg-New York: Springer - Verlag, 1969. 238 p.
- [6] Белченко В. П., Гошин Г. Г., Кравченко Г. Г. // *Радиотехника и электроника*. 1976. Т. 21(1). С. 32-37.
- [7] Lo Vetri J., Hamid M. // *Can. J. Phys.* 1988. V. 66(3). P. 212-227.
- [8] Schensted C. E. // *J. Appl. Physics*. 1955. V. 26(3). P. 306-308.
- [9] Braunbek W. // *Annalen der Physik*. 1963. B. 11(1-6). S. 8-12.

Development of autonomous lead-acid batteries management system for real-time applications

Bikbulatov Aleksandr Sergeevich
Anhalt University of Applied Sciences
Aleksandr.bikbulatov@hs-anhalt.de

Electrical energy plays a crucial role in our daily life. It can universally be applied and easily be converted into light, heat or mechanical energy. A general problem, however, is that electrical energy can hardly be stored. Over the last century, the energy storage industry has continued to evolve and adapt to changing energy requirements and advances in technology. Nowadays, energy storage systems provide a wide array of technological approaches to managing our power supply. The usage of batteries along with renewable sources of energy makes it possible to provide the consumer with electricity anywhere.

This article relates to the field of vented and valve regulated lead-acid battery maintenance, more particularly, relates to the determination of battery condition and its state of charge during its operation, preferably in decentral and energy-autarkic systems. This information is part of an overall energy management for decentral energy-autarkic systems, preferably comprised on renewable energy sources like PV, wind energy, micro-hydro power stations. In particular, this work is a part of the "SillaCooling" project whose purpose is to build a self-sufficient climate controlled storage facility for raw coffee. It works on a solar energy which is converted into electrical energy with the help of solar panels and stored in a battery array. For this reason the battery management system has to be implemented and it must be able to perform the following operations:

- to provide an operator with information about state of charge (SOC) and state of health (SOH), voltage and current of the battery during the operation and amount of available capacity;
- to control the mode of battery operation (charging, rest or discharging process);
- to carry out the necessary switching in the power system automatically;
- to estimate working time under current power consumption mode.

In the article, the main parameters and different technologies of lead-acid batteries are considered. The existing methods of state of charge determination are described and comparative characteristic is given, from which it is clear that each method has some advantages and limitations and additional investigations are necessary in order to choose the most suitable method to solve the task. For this reason the analysis of lead-acid batteries behavior is investigated. During the series of experiments the information about the mechanisms of their functioning is obtained. Based on this information some relationships were found and used in order to compose the algorithm for real-time SOC determination. Developed algorithm provides monitoring, measurements of different system parameters and generation of the control signals. Algorithm uses the combination of open-circuit voltage (OCV) method and Coulomb counting method for real-time SOC determination.

It is known that voltage requires a long time period (more than 10 hours) to recover and become stable and suitable for measuring after charging or discharging processes of lead-acid batteries. It makes it difficult to

implement an open-circuit voltage method as a real-time monitoring strategy. For this reason the new method for fast finding of open-circuit voltage value after discharge processes was introduced in the article.

During the lifetime of a battery, its performance or "health" tends to deteriorate gradually due to irreversible physical and chemical changes which take place with usage and with aging of the battery until eventually the battery is no longer usable or dead [1]. Given the above it is obvious that in the long run the characteristic curves of OCV vs SOC dependency will be biased against its initial condition. This will lead to an increase in the error in SOC determining. For this reason the, so-called, "maintenance mode" was described. This mode implies a necessity to repeat the calibration of the SOC vs OCV dependency in accordance with the algorithm which is presented in the article.

References:

[1] *Barrie Lawson, "State of Health (SOH) Determination", 2005. URL: <http://www.mpoweruk.com/soh.htm>*

Исследование систем технического зрения для распознавания антропогенных объектов

Боровик Василий Сергеевич

*Национальный исследовательский томский государственный университет
borovik_vasiliy@mail.ru*

В настоящее время благодаря развитию информационных технологий работа с изображениями прочно вошла во все сферы человеческой жизни, начиная с банального получения и обработки изображения фотоаппаратом и заканчивая высокоточной системой технического зрения для роботизированных манипуляторов, применяемых на производстве.

Основной задачей любой системы технического зрения является процесс получения полезной информации с изображения путем распознавания отдельных его элементов. В большинстве случаев такая информация является определяющей для координирования действий робота или роботизированного комплекса при выполнении поставленной задачи, что является причиной высоких требований, предъявляемых к функциональности и производительности систем такого рода.

Одной из наиболее сложных задач в техническом зрении является задача распознавания. Во-первых, такая задача требует тщательного изучения условий и требований работы системы, а также возможностей, входящих в ее состав технических и программных средств, так как разработка программы ведется под конкретную систему. Во-вторых, универсальных алгоритмов распознавания нет, поэтому при изменении целевой задачи системы или ее модернизации потребуется совершенствование или перестройка и программы поиска объекта.

Данная сфера является одним из наиболее быстроразвивающихся методов автоматизации с применением компьютерных технологий и робототехники. Понятие «техническое зрение» является довольно обширным, и включает технологии, методы и алгоритмы, связанных с задачами анализа и обработки изображений, а также практическая реализация таких процессов. Техническое зрение – одна из немногих сред, где технологии уже практически достигли возможностей человека. Здесь речь идет о сенсорных устройствах получения изображения, по сложности которые можно сравнить с сетчаткой человеческого глаза, а также о проектировании интеллектуальных систем, способных на принятие взвешенных решений и способных к самообучению [1].

Функционирование технического зрения обусловлено рядом проблем, основная из которых – сложность описания и предварительной оценки обрабатываемого материала. Дело в том, что изображение может представлять собой бесконечное разнообразие яркостно-геометрических структур, формальные описания которых возможно будут отсутствовать. Из этого также вытекает еще одна сложная задача – задача обнаружения и идентификации объектов. К примеру, если человек можно четко определить на изображении здание или машину, используя собственную базу контурных, текстурных или цветных признаков, то для компьютера эти объекты будут являться не более чем набором пикселей разного цвета. Это привело к постоянному росту исследовательских направлений в областях компьютерного зрения [2,3,4].

В настоящее время обработку изображений принято рассматривать с точки зрения модульной парадигмы [5]. Данная парадигма была предложена Д. Марром, который утверждал, что работа с изображением должна соответствовать последовательным уровням восходящей информационной линии, начинающейся с представления изображения в виде неструктурированной информации (растровое изображение) и заканчивающейся символическим представлением в виде структур векторных или атрибутивных данных.

Таким образом машинное зрение содержит следующие этапы обработки изображения (рис.1):

1. Предобработка изображений;
2. Сегментация;
3. Выделение геометрической структуры;

4. Определение относительной структуры и семантики [6].

Процессы работы с изображениями в техническом зрении имеют четкую структуру, которая определяется рядом факторов, учитывающихся на начальном этапе проектирования. К таким факторам можно отнести технические и программные средства, входящие в состав разрабатываемой системы, априорную информацию об объекте, характер решаемых задачи и др. Таким образом одна из задачи при проектировании системы – выбор оптимальной структуры алгоритмов [1].

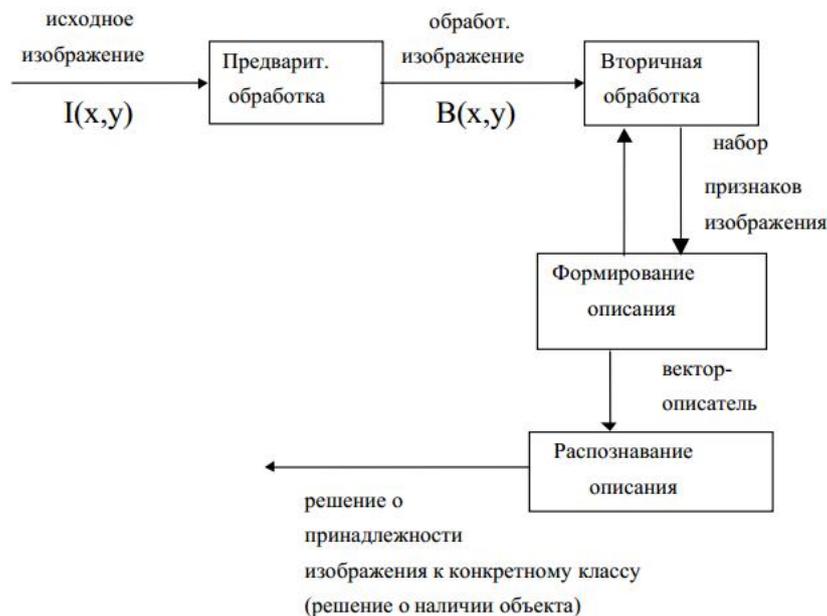


Рис. 1. Основные этапы обработки изображений

В работе исследована возможность реализации системы распознавания антропогенных объектов с помощью алгоритма распознавания, основанным на нахождении ключевых точек *SURF*, а также на основе оценки гистограмм направленных градиентов *HOG* с использованием системы технического зрения в составе тепловизионной камеры.

Список публикаций:

- [1] Визильтер Ю. В., Желтов С. Ю., Князь В. А., Ходарев А. Н., Моржин А. В. // *Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW IMAQ Vision*. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 464 с.
- [2] Forstner W. // *Midlevel vision processes for automatic building extraction, Automatic Extraction of Man'Made Objects from Aerial and Space Images*. / Birkhauser Verlag, Basel. – 1995.
- [3] Huertas A., Nevatia R. // *Detecting buildings in aerial images*. / *Computer Vision, Graphics and image processing*. – 1988.
- [4] Zheltov S. Yu., Blochinov Yu. B., Stepanov A. A., Sibiryakov A. V. // *Computer 3D Site Model Generation Based On Aerial Images*. / *SPIE Proceedings*. – 1997. – Vol.3084.
- [5] Мэпп Д. // *Зрение. Информационный подход к изучению представления и обработки зрительных образов*. – М.: Радио и связь, 1987. – 400 с.
- [6] Бабич А.М. // *Методы и алгоритмы определения пространственных характеристик стационарных объектов при навигации мобильного робота с монокулярной системой технического зрения: автореферат дис. канд. тех. наук. Пенза. 2013. 19 с.*
- [7] Шидловский С.В. // *Логическая система с перестраиваемой структурой в задачах управления технологическими процессами – Автоматрия*. 2005. Т. 41. №4. с.104-113.
- [8] Шидловский С.В., Сырякин В.И., Шидловский В.С. // *Перестраиваемые вычислительные среды в многосвязных системах автоматического управления – Телекоммуникации*. 2010. № 10. с.28-32.

Исследования неинвазивных методов измерения уровня глюкозы в крови дифференциальной спектроскопии на основе разницы объема кровотока

Ван Цюньи

Томский политехнический университет

Юрченко Алексей Васильевич, д.т.н.

kirafz@qq.com

Данная работа посвящена исследованию получения доступных спектральных данных для измерения глюкозы в крови человека. Классический метод ближней инфракрасной спектроскопии (NIR) применяется в измерении спектральных данных, включающая данные в крови, в коже, в ткани, в кости и т.д. После того обязательно извлекать данные о разных компонентах крови разными техническими средствами. Человеческим телом является сложные объект для измерения, при которых данные часто изменяются.

Результаты классических БИК измерений показали хорошую корреляцию с уровнем глюкозы в крови, но большая погрешность измерений не являются клинически достоверными. Физические и химические параметры, такие как изменения давления, температуры влияли на погрешность измерения глюкозы. Ошибки могут возникать из-за экологических изменений, таких как изменения температуры, влажности, увлажнения кожи, диоксида углерода и атмосферное давление. Таким образом, измерение глюкозы требует персонального тестирования для каждого пациента. Исследования методом дифференциальной спектроскопии может нейтрализовать влияния физических и химических параметров, также нейтрализовать влияния экологических изменений. Таким образом, можно получить доступные спектральные данные для измерения глюкозы в крови человека.

Список публикаций:

[1] М. А. Мезенцева, Т. А. Букрина. *Неинвазивные методы измерения сахара в крови / Информационно-измерительная техника и технологии: материалы VI научно-практической конференции, Томск, 27-30 мая 2015 г. / ТПУ ; под ред. А. В. Юрченко. — Томск: Изд-во ТПУ, 2015. С. 78-79.*

[2] Qipeng Lu *Physiological Background Tissues in Non-invasive Glucose Measuring by Near Infrared Spectroscopy // OME information. 2010. Vol. 27. No.12 pp.44-48.*

Измерение электрофизических характеристик жидких и сыпучих материалов с использованием коаксиальной ячейки

Еремеев Александр Иванович

Шипилов Сергей Эдуардович, Балзовский Евгений Владимирович, Васильева Мария

Александровна

Томский государственный университет

aleksandr_eremeev_93@mail.ru

В настоящее время существует потребность в создании материалов с заданными электрофизическими характеристиками. Композитные материалы широко применяются в промышленности. В процессе их создания необходимо оперативно контролировать электрофизические свойства материалов. В общем, измерение электрофизических свойств материалов в широком диапазоне частот используются во многих областях фундаментальных и прикладных исследований. Для измерения диэлектрических свойств материалов в разных диапазонах частот используются методы, основанные на различных линиях передач, а именно, волноводные, коаксиальные, микрополосковые и другие.

В данной работе для измерения электрофизических характеристик материалов применялся метод коаксиальной линии. Данный метод подходит для измерения жидких и сыпучих материалов. Измерительная коаксиальная ячейка отличается простотой изготовления и использования. Сам метод измерения является широкополосным.

При моделировании распространения электромагнитных волн в среде использовались зависимости коэффициентов прохождения и отражения от показателя преломления, описанные в книге Бреховских Л. М. Волны в слоистых средах. Авторами в системе Mathcad разработано программное обеспечение, которое позволяло вычислять вещественную и мнимую часть диэлектрической проницаемости по измеренным S - параметрам. Измерения проводились при помощи векторного анализатора цепей PNA N5230C Agilent Technologies с использованием коаксиальной ячейки в диапазоне частот от 10 МГц до 15 ГГц. Длина измерительной линии 5 см.



рис.1. Установка для измерения электрофизических характеристик материалов

В результате исследований был разработан, а также протестирован метод получения частотной зависимости комплексного показателя преломления жидких и сыпучих материалов в коаксиальной ячейке, в диапазоне до 8 ГГц. Полученные результаты имеют хорошее совпадение с результатами из литературы,

полученный другими способами, что позволяет использовать предложенный подход для оперативного контроля вещественной и мнимой частей показателя преломления диэлектрических материалов.

Анализ подходов к математическому моделированию тонов сердца

Жданов Дмитрий Сергеевич

Земляков Иван Юрьевич, Костелей Яна Валерьевна, Буреев Артем Шамильевич

Общество с ограниченной ответственностью «Диагностика +»

dim@diagnostic.tom.ru

Клинический метод записи и последующего анализа тонов сердца, фонокардиография (ФКГ), появился в начале 1950-х годов вследствие распространения устройств магнитной записи с приемлемым качеством звука. Клинической причиной разработки ФКГ явилась необходимость объективизации функциональных кардиологических исследований. Несмотря на то, что метод аускультации (выслушивания) был предложен еще в 1816 г. Р. Лаэннеком, до настоящего времени оценка звуковых феноменов, возникающих во время работы отдельных органов, остается субъективной, основанной сугубо на индивидуальных слуховых ощущениях и представлениях врача. Поэтому нередкой является ситуация, когда при проведении консилиума по поводу конкретного больного одни врачи слышат патологические призвуки тонов сердца, а другие – нет. В результате этого повышается вероятность диагностических ошибок, что требует проведения дополнительных, проб и исследований, например, рентгенографических, ультразвуковых, изотопных и других.

С физиологической точки зрения, первый (I) тон сердца связан с систолой левого и правого желудочков (систолический), второй (II) тон – с диастолой желудочков (диастолический). I тон воспринимается ухом как единый звук и образован, главным образом, звуком закрытия митрального и трехстворчатого клапанов и, в меньшей мере, звуком сокращающихся желудочков. Частота звуковых колебаний в норме занимает диапазон от 15 до 45 Гц и имеет продолжительность от 120...180 мс. II тон вызван звучанием полулунных клапанов аорты и легочной артерии при их закрытии в начальную фазу диастолы желудочков. По звучанию он и короче I тона: частота колебаний от 30 до 160 Гц, длительность 80...120 мс. Инфразвуковые колебания, входящие в состав I тона, для качественной регистрации сигнала требуют использования контактных пьезоэлектрических микрофонов или широкополосных микрофонных MEMS [1,2]

С физической точки зрения тоны сердца можно представить как квазистационарные квазипериодические сигналы, состоящие из нескольких близких по частоте синусоидальных гармоник с различной фазой и амплитудой, что можно было бы, на первый взгляд, описать известным выражением

$$x(t) = \sum_{i=1}^N A_i \sin(k_i \omega_i t + \varphi_i) + \sum_{j=1}^M B_j \cos(l_j \omega_j t + \psi_j), \quad (1)$$

где A и B – амплитуды сигналов, ω – их частоты, φ и ψ – фазы [3]. Однако такой, казалось бы, очевидный подход, крайне приблизительно описывает регистрируемые сигналы. Дело в том, что в спектральный набор тонов сердца зависит от множества трудно учитываемых факторов: тонуса мышц сердца, эластичности клапанов, степени кровенаполнения и многих других. В итоге отдельные тоны, записанные от систолы к систоле, будут иметь индивидуальные, практически неповторяющиеся спектральные характеристики. Проведенный анализ доступных литературных источников показал отсутствие математических моделей ФКГ, основанных на иных, отличных от гармонического представления Фурье идеях.

Более продуктивным, с нашей точки зрения, представляется использование моделей на основе вейвлетных преобразований, позволяющих описать не только частотные характеристики сигнала, спектр которого радикально меняется во времени, но и временные характеристики его гармонических составляющих [4,5]. Наиболее перспективным представляется непрерывное вейвлетное преобразование

$$W_{a,b} = \int_{-\infty}^{\infty} \psi_{a,b}^*(t) f(t) dt \quad (2)$$

Это выражение представляет собой свертку сигнала $f(t)$ с функцией $\psi_{a,b}(t)$, переводящую сигнал из временной в wavelet-область с базисными функциями

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-a}{b}\right), \quad (3)$$

где a и b представляют коэффициенты (параметры) растяжения и сдвига одной базисной функции ψ . Отличительной чертой вейвлетного преобразования является свобода выбора различных базисных функций, которая имеет только два ограничения: конечную полосу частот и конечную энергию,

$$\int \left| \frac{\hat{\psi}(\omega)}{\omega} \right| d\omega < \infty. \quad (4)$$

В качестве пилотной была реализована модель, имеющая базовую функцию на основе синусоиды с дисперсией частоты ω в диапазоне ± 2 Гц относительно ω_0 . В итоге синтезированный сигнал в каждом цикле несколько отличался от соседнего частотой составляющих гармоник, но в силу некоторых ограничений в данной версии модели гармоники не меняли амплитуды от цикла к циклу. Хотя подобная схема вычислений оказалась не совсем оптимальной, качественные особенности вейвлетного преобразования продемонстрировали свою перспективность при разработке моделей подобного класса (рис.1).

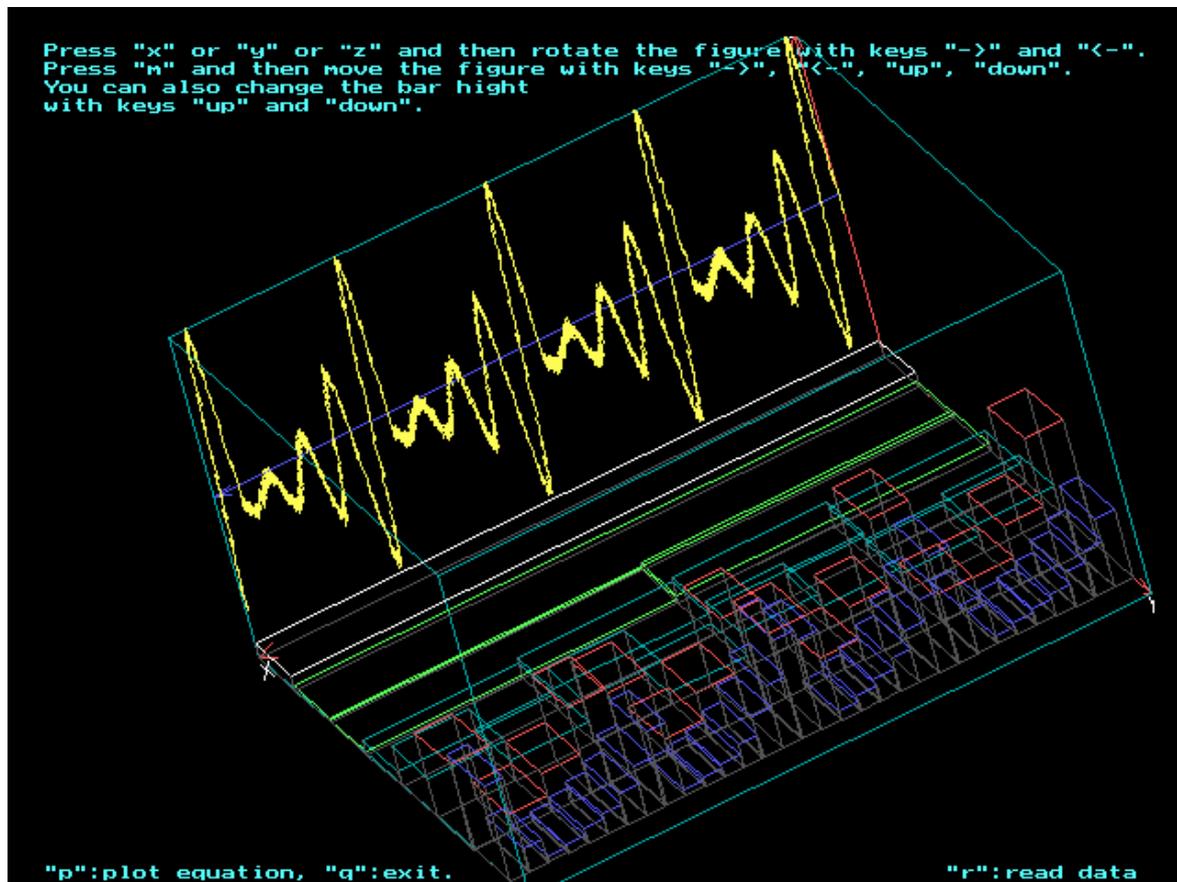


рис.1. Результаты работы пилотной модели тонов сердца на базе вейвлетных преобразований

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-31-20012.

Список публикаций:

- [1] Артемьев А.М., Макаренков А.П., Макаренкова А.А. Исследование эффективности электроакустических преобразователей электронных стетофонендоскопов//Акуст. вестник. 2009. Т. 12. № 1. С. 3-10.
- [2] Zhdanov DS, Bureev AS, Khokhlova LA, Seleznev AI, Zemlyakov IY (2014) Short review of devices for detection of human breath sounds and heart tones. Biol Med 6(3), Article ID: BM-049-14, 7 pages.
- [3] Trefthen L. N. Spectral Methods in Matlab. – Oxford, 2001. – 182 p.
- [4] Малла С. Вэйвлеты в обработке сигналов – М.: Мир, 2005. – 671 с.
- [5] Ходаковский В. А., Демьянович Ю. К. Введение в теорию вэйвлетов – С-Пб.:СПГУПС, 2007. – 149 с.

Выделение, идентификация и критерии оценки тонов и шумов сердца при фонокардиографических исследованиях

Жданов Дмитрий Сергеевич

Земляков Иван Юрьевич, Костелей Яна Валерьевна, Хохлова Людмила Анатольевна

Общество с ограниченной ответственностью «Диагностика +»

dim@diagnostic.tom.ru

Фонокардиография (ФКГ) представляет собой запись тонов сердца, полученная в ходе проведения функциональных исследований. В норме при работе сердца слышится два тона. Первый тон (I) возникает во время систол желудочков и воспринимается как единый звук, образованный звуками закрытия митрального и трехстворчатого клапанов и звуками, сопровождающими сокращения желудочков. У взрослых частота звуковых колебаний I тона в норме занимает диапазон от 15 Гц до 120 Гц и имеет продолжительность

120...180 мс. Второй тон (II) вызван звучанием полулунных клапанов аорты и легочной артерии при их захлопывании в начальную фазу диастолы желудочков. По звучанию он выше и короче первого тона: частота колебаний находится в диапазоне от 30 до 160 Гц, длительность составляет 80...120 мс. Преимуществом ФКГ является возможность регистрации низкочастотных звуков, лежащих ниже 45...50 Гц, которые плохо улавливаются человеческим ухом. Диагностическая важность этого звукового диапазона проявляется, например, при стенозе (сужении) отверстия митрального клапана, особенно на начальных этапах заболевания

К параметрам тонов сердца в норме следует отнести их продолжительность, динамику, наличие призвуков, относительное время возникновения и длительность, а также очередность следования. Наиболее простым и очевидным решением представляется использование анализа спектрограмм ФКГ в окне шириной 100...150 мс, синхронизованным с началом I и/или II тона. Однако данный подход в реальных условиях оказался непродуктивным из-за восприимчивости метода к шумам и помехам в рабочем диапазоне частот, что приводило либо к пропуску регистрации сердечного цикла, либо к ложному срабатыванию. Это, а также меньшая диагностическая значимость фонокардиограммы в сравнении с электрокардиограммой, с точки зрения некоторых экспертов, не привели к созданию метода суточной регистрации ФКГ по типу Холтеровского мониторинга [3]. Поэтому проблема регистрации перемежающихся шумов сердца, имеющих непостоянный характер, в настоящее время оказалась за пределами возможностей функциональной диагностики. Точно также отсутствуют методы корректного моделирования тонов и шумов сердца, необходимые для многих исследований.

Для решения проблемы поиска, распознавания и идентификации тонов и шумов сердца в условиях длительного (суточного) мониторинга возникает необходимость оценки параметров как физиологически чистых тонов деятельности сердца, так и наложения на них патологических шумов и призвуков, связанных с деятельностью сердца. В ходе работ по оценке параметров ФКГ нашим коллективом был разработан и реализован многоступенчатый алгоритм их выделения и оценки.

Запись ФКГ, полученная в клинических условиях, разбивалась на окна с тем условием, чтобы в каждое окно гарантированно попадал один цикл работы сердца. Далее цифровым ФНЧ Баттерворта производилась частотная фильтрация, отсекающая частоты выше 120 Гц: наилучший результат был получен при использовании разностного цифрового фильтра [1]. На этом этапе использовались заранее рассчитанные коэффициенты ФНЧ: реализация динамического фильтра [2] не предусматривалась. Алгоритм фильтрации был реализован на языке C++ в виде отдельной функции, на вход которой подавался исходный массив данных, результатом работы функции был выходной вектор, представляющий собой отфильтрованный сигнал (рис.1А).

В качестве базового критерия выделения тонов и патологических шумов сердца использовался уровень свободной энергии Шеннона, рассчитанного согласно

$$E = -S^2(t) \log S^2(t),$$

$$E_n = \frac{E - \bar{E}}{\Delta E}, \quad (1)$$

где E – свободная энергия по Шеннону, S – уровень энтропии сигнала, E_n – усредненная энергия, \bar{E} – среднее энергии, ΔE – стандартное отклонение энергии. На основе рассчитанного значения E выбирался порог амплитудного фильтра $T1$, равный 10% максимального значения огибающей энVELOграммы, при превышении которого всплеск энергии идентифицировался как тон сердца. Введение еще одного, временного фильтра, позволило «отсекать» короткие всплески энергии, которые ассоциировались с помехами. В результате чувствительность метода на выборке 30 записей ФКГ составила 90%, точность определения временных параметров в сравнении с ручным методом – не хуже 96% (рис.1В).

Введение еще одного, перестраиваемого порога $T3$ (рис.1С), амплитудного фильтра позволило выделять на энVELOграмме периоды патологических шумов на фоне физиологических тонов сердца (рис.1D). Уровень этого порога, в данном случае, выбирался вручную, поскольку момент появления и продолжительность существования шумов, их амплитудно-частотные характеристики и ряд других параметров весьма специфичны для различных патологий [3].

Анализируя известные подходы, используемые для автоматической идентификации шумов сердца, мы склоняемся в пользу сочетания амплитудно-частотного и фазовременного методов [4]. Для моделирования физиологических и патологических составляющих ФКГ, предполагается использовать методы, основанные на вейвлетных преобразованиях, позволяющих синтезировать не только спектральную составляющую сигнала, но и установить точное время возникновения и продолжительность существования составляющих компонент.

Таким образом, в результате проведенных работ сделаны предпосылки для целенаправленного моделирования физиологических тонов и патологических шумов сердца с учетом их амплитудно-частотных и временных характеристик, а также обоснован выбор методов их выделения и идентификации при клиническом анализе фонокардиограмм.

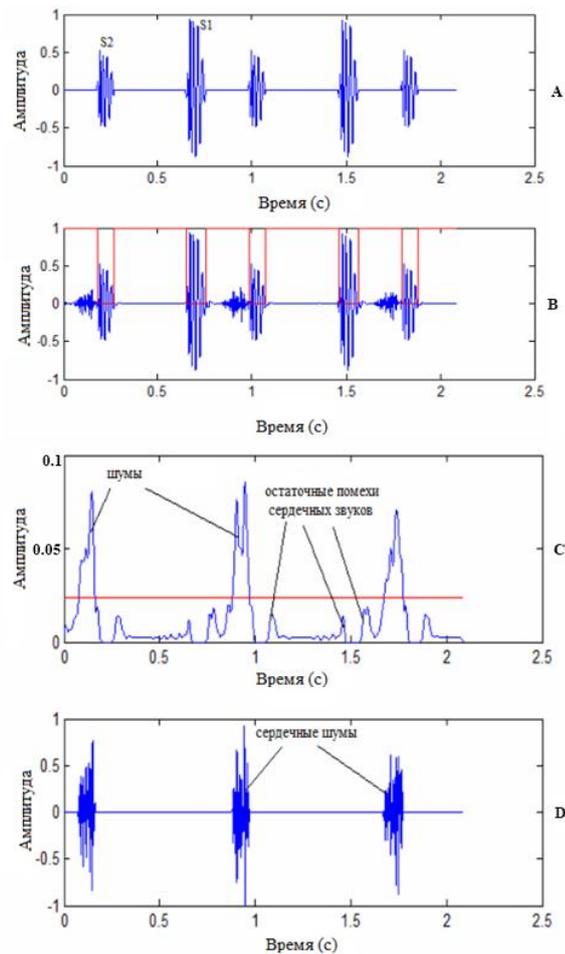


рис.1. Фонокардиограмма и результаты ее анализа с использованием предложенного алгоритма. А – ФКГ, очищенная от сторонних шумов и помех. В – выделение периодов I и II тона сердца методом анализа свободной энергии Шеннона. С – Анализ энVELOграммы для поиска патологических шумов. D – выделенные патологические шумы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-31-20012.

Список публикаций:

- [1] Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов – М.: Техносфера, 2006. – 856 с.
- [2] Адаптивные фильтры: Пер. с англ. / Под ред. К. Ф. Н. Коузана и П. М. Гранта. – М.: Мир, 1988. – 392 с.
- [3] Беленков Ю., Органов Р. Кардиология: Национальное руководство – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 1264 с.
- [4] Горбачев С.В., Жданов Д.С., Земляков И.Ю., Светлик М.В., Сырякин В.И. Улучшение точности распознавания бронхолегочных заболеваний на основе фазовременного анализа бронхофонограмм // Изв. ВУЗов. Физика. 2013. Т. 56. № 10-2. – С. 18-24.

Количественные характеристики спектров высокого разрешения в интересах астрофизики на примере молекулы этилена и ее изотопологов ($C_2H_2D_2$ -cis и C_2HD_2)

Конова Юлия Владимировна

Каширина Надежда Владимировна, Зятькова Анастасия Георгиевна

Национальный исследовательский «Томский Политехнический Университет»

ch-yuliya28@mail.ru

Впервые состав атмосферы Титана было дистанционно изучен миссиями Вояджера в 80-х годах [1], затем были проведены исследования Обсерваторией Инфракрасного пространства в 1998 и 2004 годах [2,3]. В настоящее время имеется современная информация, полученная от наземных обсерваторий и с миссии Кассини-Гюйгенса [4]. Перечисленные выше и многие другие исследования показали, что атмосфера Титана не только демонстрирует богатое содержание органических молекул и своеобразную тепловую структуру, но и показывает впечатляющие новые метеорологические явления.

Первые исследования в области инфракрасной спектроскопии позволили получить информацию только о температурах и химических структурах исследуемых планет (например, для планеты Титан [1]; спектральное разрешение составило $4,3 \text{ см}^{-1}$). Дальнейшие исследования, которые проводились уже с поверхности Земли, позволили зарегистрировать и определить в спектре линии метана, впервые обнаружить

мезосферу на Титане в инфракрасном диапазоне [5], а также зарегистрировать спектры высокого разрешения этилена на Титане (спектральное разрешение - $0,53 \text{ см}^{-1}$ [6].

Как результат проведенных дистанционных миссий и исследований полученных данных, изучение спектральных характеристик молекулы C_2H_4 является востребованным, в связи с тем, что она входит в список молекул, обнаруженных в атмосфере планет гигантов. Кроме того, в работе [7] было показано наличие дейтерированных модификаций обнаруженных молекул, что приводит к необходимости исследования и спектров изотопологов для пополнения баз данных (таких как HITRAN и GEISA).

Данная работа посвящена исследованию фундаментальных полос ν_3 молекул $\text{C}_2\text{H}_2\text{D}_2\text{-cis}$ и C_2HD_3 . Экспериментальные спектры были зарегистрированы в Лаборатории Инфракрасного излучения (г. Брауншвейг, Германия). Спектральное разрешение составило $0,0025 \text{ см}^{-1}$.

Полоса ν_3 молекулы $\text{C}_2\text{H}_2\text{D}_2\text{-cis}$ ранее не была исследована в связи с малой интенсивностью линий. Однако она использовалась как темная для решения обратной задачи диапазона $1200\text{-}1450 \text{ см}^{-1}$ [8]. В данной работе представлены результаты интерпретации спектра. Было определено около 800 энергетических переходов с основного колебательного состояния на верхнее возбужденное состояние ($\nu_3 = 1$) со значениями квантовых чисел $J_a^{\text{max}}/K_a^{\text{max}} = 25/10$.

Для молекулы C_2HD_3 экспериментально было исследовано и получены параметры только основного состояния и фундаментальной полосы ν_8 [9]. Ранее полоса ν_3 не была исследована. В результате интерпретации спектра было определено около 400 энергий возбужденного состояния ($\nu_3 = 1$) и более 1000 переходов с максимальными значениями квантовых чисел $J_a^{\text{max}}/K_a^{\text{max}} = 26/9$.

Список публикаций:

- [1] Hanel R. *u др.* // *Science*. 1981. № 212. С. 192.
- [2] Coustenis A., Salama A., Lellouch E., *u др.* // *Astron. Astrophys.* 1998. № 136. С. 85.
- [3] Ronald J. Vervack Jr. // *Icarus*. 2004. № 180. С. 91.
- [4] Coustenis Athena *u др.* // *Icarus*. 2007. № 189. С. 35.
- [5] Griffith C.A., Pentead P., Greathouse T.K., *u др.* // *Astrophys. J.* 2005. №629. С. L57.
- [6] Roe H.G., de Pater I., McKay C.P. // *Icarus*. 2004. №169. С. 440.
- [7] Lellouch E. // *Astronomy and Astrophysics*. 2001. №670. С. 610.
- [8] Ulenikov O.N., Gromova O.V., Bekhtereva E.S., *u др.* // *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf.* 2016. № 170. С. 69.
- [9] L.L. Ng, Tan T.L. *u др.* // *Journal of Molecular Spectroscopy*. 2017. №340. С. 29.

Благодарность: Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ в рамках научного проекта № 18-32-00116 мол_а.

Наблюдение процесса горения нанопорошков методом цифровой спекл-корреляции

Ли Линь

Губарев Федор Александрович

Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет

lilin@tpu.ru

Развитие современной науки и техники и прогресс в жизни человека неотделимы от применения новых материалов, поэтому одним из самых популярных направлений исследований современной науки является материаловедение. Во многих случаях процесс изготовления новых материалов сопровождается высокой температурой и высокой яркостью свечения [1-3], которые трудно наблюдать невооруженным глазом. Примерами таких процессов могут служить плазменные процессы, нанесение покрытий, модификация поверхности, процессы горения. Мониторинг этих процессов может обеспечить точное понимание состояния материала во время реакции. В некоторых случаях это понимание может предоставить механизмы обратной связи для корректировки реагентов и условий горения с целью достижения наилучших результатов. Механизм обратной связи, основанный на обработке изображений в условиях высокой температуры и интенсивной фоновой засветки, позволит автоматизировать процесс получения новых материалов.

В данной работе, мы исследовали горение нанопорошка алюминия. Нанопорошок алюминия является важным материалом в различных отраслях науки и производства. Процесс окисления нанопорошка алюминия в воздухе является термитным с температурой около $2500 \text{ }^\circ\text{C}$, в результате которого образуется нитрид алюминия [3]. Интенсивная фоновая засветка препятствует изучению процесса в режиме реального времени. Поэтому необходимо предлагать новые методы исследования.

Метод цифровой спекл-корреляции является одним из распространенных оптических методов, который хорошо изучен и широко применяется в промышленности и медицине в последние годы [4,5]. Метод измерения и измерительное устройство относительно просты. Спекл-изображения регистрируются с помощью цифровой камеры и передаются в компьютер для обработки. Путем обработки спекл-изображения извлекается информация об изменении объекта исследования. На рис. 1. показано спекл-изображение

поверхности образца в процессе горения, полученное с использованием нашей экспериментальной установки.

В работе представлены результаты исследования горения нанопорошка алюминия с использованием метода корреляции цифровых спекл-изображений и сделан их анализ. Верификация метода осуществляется путем сравнения результатов спекл-анализа с наблюдением с использованием лазерного монитора [3].

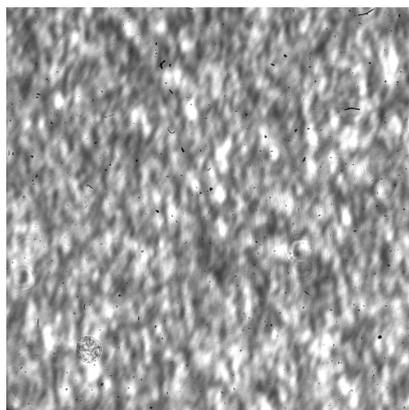


Рис.1. Спекл-изображение поверхности нанопорошка алюминия

Список публикаций:

- [1] Buzhinsky R. O., Savransky V. V., Zemskov K. I., Isaev A. A., Buzhinsky O. I. // *Plasma Phys. Rep.* 2010. T. 36. № 13. С. 1269.
- [2] Abramov D. V., Arakelian S. M., Galkin A. F., Klimovskii I. I., Kucherik A. O., Prokoshev V. G. // *Quantum Electron.* 2006. T. 36. № 6. С. 569.
- [3] Li L, Il'in A. P, Gubarev F. A, Mostovshchikov A. V, Klenovskii M. S. // *Ceram. Int.* 2018. T. 44. № 16. С. 19800.
- [4] Fricke-Begemann T. // *Applied Optics.* 2003. T. 42. С. 6783.
- [5] Tuchin V. V. // *J. Biomed. Opt.* 1999. T. 4. С. 106.

Method for object detection using analysis of a sequence of near-infrared images processed by background subtraction techniques

Matveev Ivan Grigorievich

Yurchenko Aleksey Vasilievich

Siemens Eduard

Chmielewski Ingo

Anhalt University of Applied Sciences

ivan.matveev@hs-anhalt.de

This paper presents a method for robust detection and classification of moving objects, for instance, pedestrians and cyclists in dark street environments. The proposed method is based on computing geometric parameters of objects gathered by low-resolution cameras and is aimed at processing using low-power x86 cores that can be used in modern IIOT systems. The detection method uses results (mask) of applying background subtraction techniques on sequence of near-infrared images as input data. The suggested method compensates dynamic lighting sensitivity of background subtraction methods via analysis of objects' parameters. The given method is especially usable in a dark ambiance in presence of different weak light sources such as car lights and street lighting systems.

Existing contemporary detection means used in outdoor environments for pedestrian, cyclists or other moving objects' detection have significant disadvantages: high detection error rate, low detection range and high price. Their detection reliability heavily depends on operating conditions. These methods have limitations regarding the type of object to be detected as well. Given these limitations of existing sensors, the task of outdoor detection remains essential in several kinds of applications, especially in the context of smart cities.

Widely spread computer vision methods have achieved significant success related to the object detection. However, these methods require high computational power of the processing unit, which makes application of sophisticated computer vision methods impossible on low-performance SoCs like BeagleBone Black [1] or Raspberry Pi. This creates a need for development of more convenient detection method.

The method presented in this work has been developed within the context of the SmartLighting project [2], which is aimed at energy saving with intelligent lamps control depending on actual objects' motions, especially pedestrians, bicyclists and persons with reduced mobility in wheelchairs. The method is designed for overcoming disadvantages of conventional detection means related to operation specifics and, consequently, providing reliable object detection in pedestrian areas with known scene conditions. Considering this the proposed method has been originally developed to satisfy requirements imposed by the SmartLighting system: low computational power of the

processing unit, long detection range (up to 25m), detection of specific object types (only pedestrians, cyclists and PRM), low rate of positive/negative detection errors (less than 5%) and some others.

References:

[1] G. Coley, "BeagleBone Black. System Reference Manual.", [Online]. Available: <https://github.com/beagleboard/beaglebone-black/wiki/System-Reference-Manual>. [Accessed: 07-Jul-2018].

[2] E. Siemens, "Method for lighting e.g. road, involves switching on the lamp on detection of movement of person, and sending message to neighboring lamps through communication unit," DE102010049121 A1, 26-Apr-2012.

Моделирование аэродинамических и прочностных свойств беспилотного летательного аппарата

Таганов Александр Александрович

Шидловский Станислав Викторович

Национальный исследовательский Томский государственный университет

asabindme@gmail.com

В статье рассматриваются процедуры моделирования аэродинамических и прочностных свойств компьютерной твердотельной модели беспилотного летательного аппарата, представляющего собой мультикоптер с шестью несущими винтами.

Моделирование осуществляется в универсальной программной системе конечно-элементного анализа ANSYS Workbench. Программная система предназначена для решения линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач механики деформируемого твёрдого тела и механики конструкций, включающая нестационарные геометрически и физически нелинейные задачи контактного взаимодействия элементов конструкций, задач механики жидкости и газа, теплопередачи и теплообмена, электродинамики, акустики, а также механики связанных полей. Моделирование и анализ в данной программной системе позволяет избежать дорогостоящих и длительных циклов разработки.

Моделирование осуществляется при помощи высокопроизводительного инструмента ANSYS CFX. Инструмент совмещает в себе передовую технологию решателя с современным пользовательским интерфейсом и адаптивной архитектурой. Рабочая среда ANSYS CFX полностью интегрирована в расчетную среду ANSYS Workbench. Данный инструмент используется для решения задач, связанных с определением аэродинамических и прочностных свойств беспилотного летательного аппарата при его движении в диапазоне изменения скоростей от 1 до 150 км/ч.

При помощи подмодуля ANSYS DesignModeler была разработана и подготовлена модель 3-осевого стабилизатора камер DJI Ronin-M, для ввода геометрии в подмодуль ANSYS Meshing для последующих инженерных расчетов. ANSYS Meshing является многофункциональным и высокопроизводительным подмодулем, который создает сеточную модель для точных и эффективных расчетов. Данный подмодуль позволил сгенерировать сеточную модель, оптимизированную под решение задач, связанных с определением аэродинамических и прочностных свойств беспилотного летательного аппарата. При этом были выбраны методы построения сетки, независимые от типа поверхностей, по причине геометрической сложности исследуемой модели.

Построенная модель в ANSYS Workbench может быть использована для проверки аэродинамических и прочностных свойств беспилотных летательных аппаратов мультироторного типа при различных начальных условиях.

На основе анализа полученных результатов, можно сказать, что созданная модель позволяет достаточно точно оценивать аэродинамические и прочностные свойства CAD-моделей при различных условиях полета.

**Работа выполнена в Томском государственном университете при финансовой поддержке Минобрнауки России, уникальный идентификатор RFMEF157817X0241.*

Разработка прототипа автоматизированной системы управления погружными насосами

Пилипенко Александр Витальевич

Ташев Андрей Алексеевич

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
a@pilipenko.info*

В данной статье рассматривается автоматизация скважин и станции водозабора промышленных и потребительских объектов, а именно система контроля для устройства приема-передачи данных между устройствами, подключенными по интерфейсу RS-485, и автоматизированным диспетчерским центром верхнего уровня по системе сотовой связи и через FTP-сервер по сети интернет. Проведен анализ решений в области передачи данных через глобальный стандарт цифровой мобильной сотовой связи GSM и по технологии передачи данных CSD, рассмотрены наиболее эффективные способы организации данных для передачи через мобильную связь по голосовым каналам и пакетную передачу данных в режиме GPRS на FTP серверы.

Основным преимуществом устройства является наличие двух последовательных интерфейсов, что позволяет подключать к нему устройства как с интерфейсом RS-232, так и RS-485. Причем для подключения оборудования через интерфейс RS-485 модем уже имеет встроенные резисторы согласования. Существует возможность перезагрузки GSM-модуля, как от внешнего устройства, так и от встроенного таймера. Одним из важных преимуществ также является наличие модификаций с различными вариантами напряжения питания – постоянным (12 В) и переменным (220 В), что позволяет интегрировать их в уже существующие шкафы автоматики с наименьшими затратами.

На каждой скважине устанавливается устройство, которое осуществляет опрос датчиков, обеспечивает создание архивов измеряемых параметров и осуществляет управление GSM-модемом. GSM-модем обеспечивает удаленную передачу данных между объектами и диспетчерским пунктом (далее ДП). В данной системе на ДП используются два модема: основной и аварийный. Центральный диспетчерский пункт представляет собой ПК, установленный в комнате охраны и предназначенный для круглосуточного наблюдения за ситуацией на скважинах, информацию с которого через Интернет могут также просматривать и другие службы, разграниченные по уровню доступа. Архив считывается удаленным ДП один раз в день – с целью уменьшения количества сеансов связи и, соответственно, экономии средств. Исходя из требований надежности и возложенных функций, для удаленного соединения выбран способ CSD-передачи. В качестве протокола передачи данных выбран Modbus ASCII в силу независимости от временных задержек беспроводных соединений. CSD-соединение обеспечивает подключенный к контроллеру GSM-модем, который в обычном режиме принимает входящий звонок от ДП, а в аварийном – осуществляет дозвон. На компьютере оператора ДП установлены программы управления и мониторинга. В режиме Master осуществляется скачивание архивов через основной модем. В режиме Slave сервер ждет аварийного сеанса связи с одним из объектов через аварийный модем. Сигнал аварии формируется на объекте либо в случае превышения аварийных значений параметров процесса или при срабатывании охранной системы. С этой целью к дискретным входам ПЛК подключены герконы, установленные на дверях насосной станции. При несанкционированном проникновении геркон срабатывает, происходит аварийная ситуация, идет звонок на сервер, и ему передается код аварии и номер объекта, на котором она произошла. Диспетчер видит аварию и реагирует.

Устройство выполняет следующие функции: передачи SMS-сообщений оператору (двум операторам) с сообщением о снижении уровня ниже нижнего аварийного, превышении верхнего аварийного уровня, нарушении охраны, пропадании сетевого питания, пропадании связи между устройствами, появлении сигнала аварии, появлении аварии с указанием типа аварии; передачи оператору SMS-сообщений с текущим состоянием башни и скважин по запросу; циклического контроля устройств, подключенных по интерфейсу RS-485; контроля состояния собственных входов (охранный шлейф, сетевое питание, дискретные и аналоговые входы); управления двумя ключами управления (дистанционное включение/выключение реле постоянного тока) по команде от АРМ ЦДП (SIM-карта №1 или №2); передачи данных о текущем состоянии объекта (состояния всех устройств, подключенных по интерфейсу RS-485 и состояния собственных входов и выходов) по запросу от АРМ верхнего уровня (SIM-карты №1-№5) по сотовой связи; передачи данных о текущем состоянии объекта на АРМ ЦДП (SIM-карта №1 или №2) по сотовой связи при возникновении аварии; передачи данных о текущем состоянии объекта с заданной периодичностью на FTP-сервер; передачи данных о текущем состоянии объекта на FTP-сервер при возникновении аварии; контроля и корректировка уставок в МКС65.1 и в устройствах, подключенных по интерфейсу RS-485 с АРМ КИПиА (SIM-карта №3); контроль уставок в МКС65 и в устройствах, подключенных по интерфейсу RS-485 с АРМов верхнего уровня (SIM-карты №1-№5). На рисунке 1 представлена структурная схема работы терминала.

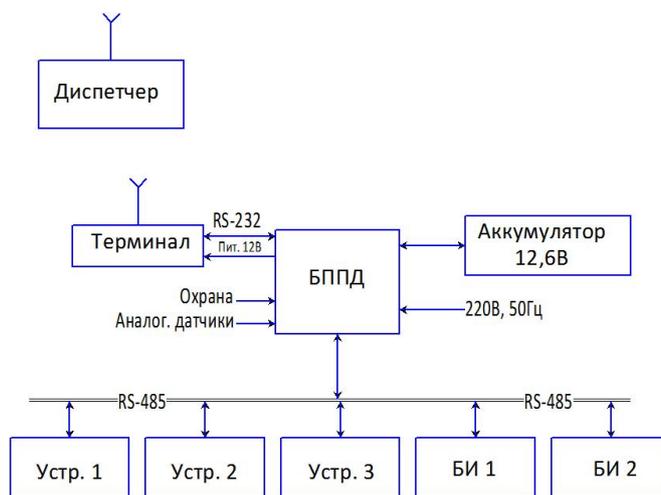


рис. 1. Структурная схема работы терминала

Устройства, с которых поступают данные для блока приема/передачи данных, соединены интерфейсом RS-485, где устр. 1-3 – устройства контроля и защиты с различным функционалом, БИ 1-2 – блоки индикации с различным функционалом. Блок приема/передачи данных соединен с терминалом GSM по интерфейсу RS-232. Также на терминал поступает питание равное 12В от внутреннего источника питания блока приема/передачи данных. Терминал передает полученные данные диспетчеру и на FTP сервер.

В процессе разработки данного устройства был выполнен подбор оборудования, необходимого для реализации всех защитных и управляющих функций. Разработана структурная схема устройства, предназначенного для использования в системах защиты, контроля и управления трехфазным электродвигателем погружного насоса по заданным программируемым параметрам (уставкам). Описан основной алгоритм работы системы управления, реализованный в виде блок-схемы. Была разработана и описана принципиальная электрическая схема разрабатываемого устройства, состоящая из блока управления и блока питания. В завершении был разработан программный код, обеспечивающий функции управления насосом, проверки неисправностей датчиков, защиты по току и напряжению.

Список публикаций:

- [1] Шальто А.А. *Switch-технология. Алгоритмизация и программирование задач логического управления.* // СПб: Наука, 1998 – 628 с.
- [2] Баранов В.Н. *Применение Микроконтроллеров AVR: схемы алгоритмы программы.* // М: Наука и техника, 2005. – 323 с.
- [3] Дейтел Х., Дейтел П., *Как программировать на C++.* // Бином-Пресс, 2008 – 1456 с.

Разработка распределенной системы контроля для фруктового сада

Пилипенко Александр Витальевич

Смирнов Владислав Александрович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»

a@pilipenko.info

Современное садоводство само по себе достаточно затратно, поэтому многие нацелены на минимизацию издержек и рисков при возведении садов. Одним из видов издержек являются затраты на полив: саженцам необходим полив для получения необходимых веществ, а также он спасает растения от внезапной засухи и от непредвиденных заморозков. Среди пунктов, касающихся требованиям для сада о быстрой окупаемости, стоит выделить и пункт о том, что плоды должны выглядеть привлекательно и переносить транспортировку без потери этого вида, а это значит, что необходим процесс сортировки. Однако и на этот процесс можно повлиять при помощи систем автоматики, автоматизировав сортировку плодов по размерам и оценку их внешнего вида, тем самым уменьшив трудоемкость процесса сортировки.

Таким образом, существуют существенные предпосылки для создания распределенной системы контроля для фруктового сада, которая позволит:

1. Собирать такие климатические данные близ саженцев как: температура воздуха, влажность почвы, влажность воздуха, уровень освещения. Первые два параметра могут быть использованы для оптимизации систем полива, в то время как остальные, вместе с первыми, могут быть использованы для сбора статистических данных.

2. Оптимизировать процесс сортировки плодов при помощи программы оценки их внешнего вида по характерной цветовой гамме, а так же программы их измерения.

Для определения оптимального количества воды на полив была разработана математическая модель режима орошения сада(1).

$$m=100*\rho*V*(\omega_{\text{вп}}-\omega_{\text{пп}})=100*\rho*0,4\pi*h^2*(\omega_{\text{нв}}-\omega_{\text{пп}})=100*\rho*h*$$

$$*(0,95\omega_{\text{нв}}-\omega_{\text{пп}})=24*(0,95\omega_{\text{нв}}-\omega_{\text{пп}})$$

(1)

где m - объем воды, м³/га; ρ - плотность почвы г/см³; h - глубина промачиваемого слоя, м; $\omega_{\text{нв}}$ - наименьшая влагоемкость почвы, %; $\omega_{\text{пп}}$ - предполивная влажность почвы, %.

Центральным устройством в данной схеме является персональный компьютер, который питается от сети переменного тока ~220В с частотой 50Гц. К нему подключены два устройства: камера Logitech "с310" и плата микроконтроллерной системы Arduino. К микроконтроллерной системе компьютера подключены п других плат Arduino по интерфейсу SPI, к которым подключены: датчики влажности и температуры воздуха, датчики влажности почвы с контактными щупами, фоторезисторы и реле songle srd.

Подпрограмма для системы контроля орошения состоит из трех частей:

1. программа снятия и преобразования показаний датчиков - должна распознавать сигналы с датчиков температуры и влажности воздуха, влажности почвы и датчика освещения, производить операции по дешифровке данных с датчика, который является цифровым, и переводить показания сопротивления с датчика в показания влажности почвы;
2. программа передачи данных – должна ожидать команды на передачу данных от внешнего устройства, после чего выводить преобразованные показания датчиков в последовательный порт,
3. программа полива – ожидает запрос на полив, после чего включает реле, управляющее клапаном капельницы.

Основная программа распределенного управления выполнена в среде LabVIEW — это среда разработки и платформа для выполнения программ, созданных на графическом языке программирования «G» фирмы National Instruments (США). Работа программы начинается с открытия соединения для записи данных функцией DataSocket. Затем начинается основной цикл программы, который работает, пока оператор не завершит его нажатием кнопки «Stop».

Основной цикл начинается со сбора данных с камеры. Для этого создается сессия для изображения с камеры и выделяется место в памяти под получаемое изображение, после чего картинка с камеры захватывается и записывается в файл. После завершения этих процедур, сессия камеры завершается, а временные данные изображения удаляются из памяти, после чего на экран выводится отчет в случае возникших ошибок. Далее происходит оценка внешнего вида и измерение плодов. Для этого указывается область интересов (ROI) в которой будет происходить оценка и измерения объекта. Далее эта область уже накладывается на получаемое изображение. Затем снова выделяется место в памяти под временные данные изображения, после чего по указанному пути загружается само изображение. Далее загружается классификационный файл, содержащий образцы цветовых гамм изображений, которые привязаны к соответствующим классам. Следующим этапом происходит цветное распознавание объекта в соответствии с загруженным классификационным файлом, после чего выводится результат (которым является класс, он же состояние объекта в данном случае) и изображение. Затем завершается сессия цветового анализа, а временные файлы изображения удаляются. Выводится отчет об ошибках. На этом же этапе происходит и измерение объекта. Снова выделяется место в памяти под изображение и загружается само изображение. Затем из данных об ROI формируется прямоугольник, область внутри которого будет использоваться для поиска граней объекта измерений. Далее происходит измерение ширины объекта, находящегося в ROI. Полученные данные (в единицах пикселей) умножаются на коэффициент масштабирования (полученный опытным путем), для перевода значений в миллиметры. Полученные данные выводятся на экран. Следом происходит измерение высоты объекта, умножение их на тот же коэффициент и вывод на экран. После этого данные изображения удаляются из памяти, и выводится отчет об ошибках. Следующим этапом происходит объединение значений состояния объекта, а также его высоты и ширины в единый кластер, готовый для передачи данных. Затем этот кластер записывается в указанное соединение по указанному URL при помощи функции DataSocket.

После завершения основного цикла программы, данное соединение закрывается и происходит отчет о возникших ошибках. Опираясь на данный алгоритм, в среде LabVIEW была создана соответствующая программа для оценки и измерения плодов, а также записи этих данных для последующей передачи.

В данной работе была спроектирована распределенная система контроля для фруктового сада. Данная система была протестирована в условиях близких к реальным, были получены результаты в виде данных, собранных измерительным комплексом системы сбора климатических данных, и данных о состоянии плодов и их линейных размеров, а также смоделированы нормы среднесуточного орошения и времени полива в зависимости от предполивной влажности. Точность измерительного комплекса системы сбора климатических данных составляет 94 – 96%, точность системы оценки состояния плода ~94%, а точность

системы определения линейных размеров объекта ~97,5%. Также предполагается экономия объема воды, затраченной на среднесуточное орошение ~ на 15%.

Список публикаций:

[1] Матвеев В. И. // ЖЭТФ. 2003. Т. 124. № 5(11). С. 1023.

[2] Есеев М. К., Матвеев В. И // Физический вестник Поморского университета. Архангельск: Изд-во Поморского университета. 2006. № 4. С.35.

Радиотомография инженерных коммуникаций

Цепляев Илья Сергеевич

Шипилов Сергей Эдуардович, Цепляев Илья Сергеевич, Сатаров Раиль Наилевич,

Федянин Иван Сергеевич

Томский государственный университет

TseplyaevIS@gmail.com

Авторами работ предлагается использование томографического подхода для получения трехмерных радиоизображений исследуемого пространства по результатам измерения локационных волновых проекций в режиме двухполяризационных измерений для решения задачи по обнаружению и визуализации инженерных коммуникаций.

Одной из задач подповерхностной локации является разработка эффективных подходов для обнаружения и визуализации скрытых инженерных коммуникаций. Задача усложняется, когда объект обнаружения представляет собой протяженные кабели, располагающиеся на глубинах более 30 см. На таких глубинах использование металлодетекторов для их обнаружения крайне затруднено, а в случае оптоволоконных линий без металлических включений просто невозможно.

Поскольку величина отраженного сигнала обеспечивается наведенными на неоднородностях среды токами, то важную роль играет ориентация поляризации зондирующего излучения по отношению к ориентации самого объекта. Для зондирования в сверхширокополосном диапазоне частот как правило используются антенны с линейной поляризацией. В случае несовпадения плоскости поляризации с ориентацией протяженных объектов, например, кабелей амплитуда отраженного сигнала уменьшается.

Минимальное значение амплитуды отраженного сигнала возникает при ортогональном расположении кабеля относительно плоскости поляризации зондирующего излучения. Таким образом, использование двух ортогональных поляризаций при зондировании позволит обеспечить высокий уровень отраженного сигнала при любой ориентации кабеля в подповерхностном слое.

Задача решается методом последовательной фокусировки излучения сначала на границу «воздух-диэлектрик», а затем внутрь диэлектрика.

Для получения экспериментальных данных используется разработанный на кафедре радиофизики Томского государственного университета СШП малогабаритный локационный радиотомограф на основе двухкоординатного сканера, обеспечивающий схему зондирования с двумя ортогональными поляризациями (рисунок 1).

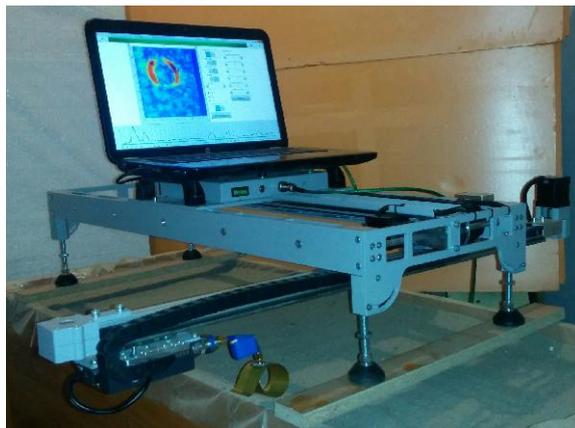


рис.1. Схема радиотомографа.

В работе представлены результаты обработки экспериментальных данных и восстановленные трехмерные радиотомограммы исследуемых объектов, показанных на рисунке 2.

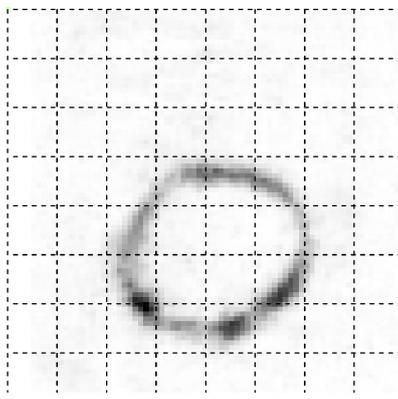


рис.2. Радиоизображение кабеля на глубине 28 см.

Магнитная жидкость как основа современных датчиков средств измерений

Денис Олегович Зятков, Алексей Васильевич Юрченко, Владимир Борисович

Балашов,

Василий Иванович Юрченко

Томский политехнический университет

yur_med@mail.ru

Известно, что цепочечные агрегаты, образующиеся в магнитной жидкости (МЖ), оказывают существенное влияние на ее характеристики и являются одной из основных причин неньютоновской жидкости. Наряду с необычными реологическими свойствами, МЖ обладают уникальными для жидкостей оптическими свойствами. В отсутствие внешнего магнитного поля МЖ являются оптически однородными. Под действием внешнего магнитного поля они приобретают свойства одноосного кристалла с очень сильной оптической анизотропией [1]. Причиной сильной оптической анизотропии может являться ориентация цепочечных агрегатов в магнитном поле (рис. 1).

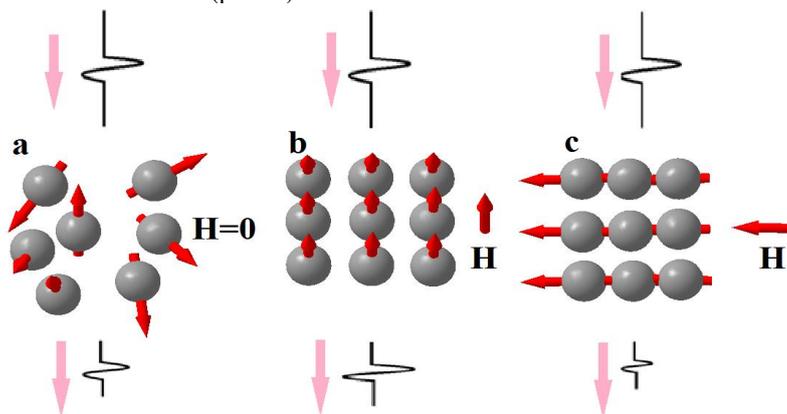


рис. 1. Формирование цепочечных агрегатов, а – отсутствие магнитного поля, б– магнитное поле вдоль распространения измерительного сигнала (ИС), с – магнитное поле поперек распространения ИС.

Ряд магнитных свойств магнитной жидкости определяются размерами, магнитной структурой ферромагнитных частиц, а так же их взаимодействием. В МЖ происходит объединение частиц, образуя цепочечные агрегаты (рис. 2) воздействию внешнего магнитного поля вне зависимости от природы, размеров частиц и технологии их получения

Характеристики частиц в магнитной жидкости

Свойства МЖ на основе	наночастиц	микрочастиц	
		карбонильного железа	сплава марки 5 БДСР
Материал частиц	железо	карбонильного железа	сплава марки 5 БДСР
Диаметр частиц D, мкм	0,01-0,06	2-5	40-300

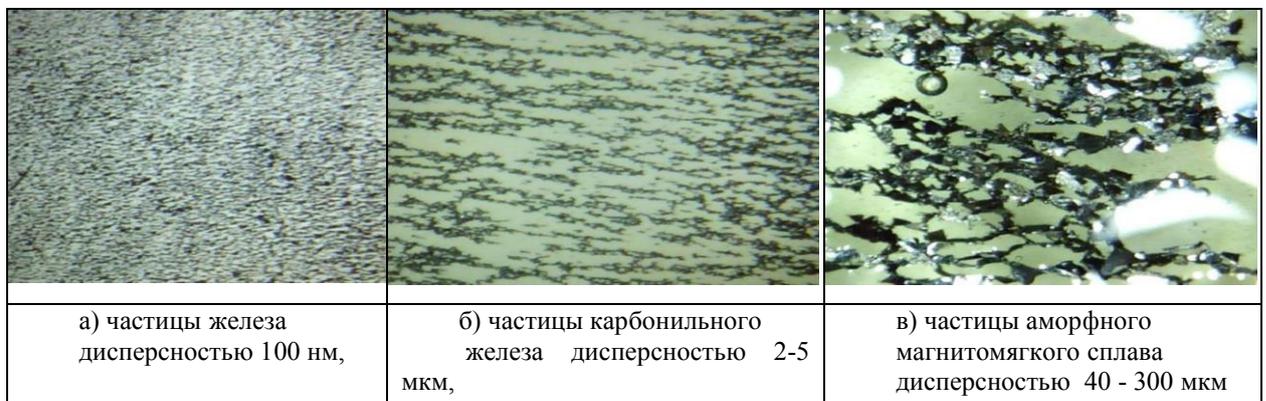


Рис. 2. Магнитная жидкость с разным наполнителем под действием магнитного поля

Результаты экспериментального исследования [2,3] позволили сделать вывод, что магнитные частицы перемещаются внутри матрицы ориентируясь по полю при этом изменяя физические характеристики матрицы. Чувствительности увеличивается при уменьшении размера частиц и составляет 0,47 fF/мкТл. Порог обнаружения поля составляет 38,7 мкТл при использовании частиц размером менее 40 мкм

При использовании МЖ с высокой вязкостью или полимеризованную жидкость магнитные частицы не перемещаются в матрице под действием магнитного поля, а перемещают саму пленку не изменяя ее физические характеристики. Порог обнаружения поля составляет 19,5 мкТл. Чувствительность таких элементов к магнитному полю составляет 1 мкм/нТл, проведя сравнение с подобными чувствительными элементами, представленными в [1], показало, что данная чувствительность является самой высокой среди подобных чувствительных элементов.

В ходе экспериментального исследования, было установлено, что при оптимизации параметров сенсорного элемента, таких как геометрия, площадь чувствительных элементов можно увеличить чувствительность к магнитному полю, но чем выше вязкость и плотность жидкостей тем меньше чувствительность к магнитному полю.

Известна зависимость вязкости МЖ от направления и величины магнитного поля (рис.2) [4]

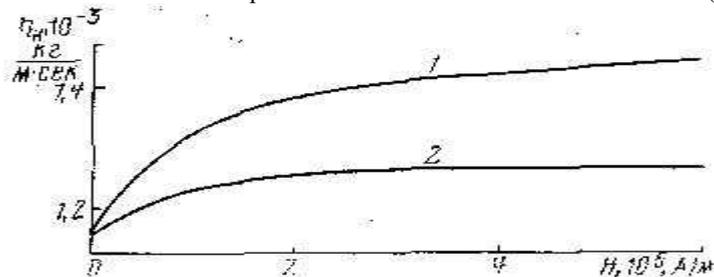


Рис.2. Зависимость вязкости от напряженности магнитного поля, направленного параллельно 1 или перпендикулярно 2

Механизм влияния магнитного поля на вязкость МЖ состоит в увеличении энергии взаимодействия диполей по сравнению с взаимодействием вне поля, что является следствием агрегированию частиц вдоль магнитных силовых линий и нелинейной зависимости вязких напряжений от скоростей релаксации в поле измерительного сигнала. Установлено, что учет гидродинамического магнитновязкого взаимодействия частиц со средой необходим для описания МЖ с интенсивным структурированием, в том числе фрактальным. Приведенные данные о роли вязкости не универсальны и необходимо уточнения на других типах МЖ и способах их получения. Для изменения магнитной вязкости в дальнейшем предполагается введение в МЖ магнитных частиц с высокой асимметрией осей намагничивания, ибо как показано ранее [5] конфигурация частиц существенно влияет на процессы структурирования. Установлено, что учет гидродинамического магнитновязкого взаимодействия частиц со средой необходим для описания МЖ с интенсивным структурированием, в том числе фрактальным.

Проведенные исследования [6-8] показывают особенности создания датчиков оптического и терагерцового излучения за счет магнитновязкого взаимодействия агрегированных магнитных частиц. В том числе полосо-пропускающего затвора на отдельных частотах в диапазоне 1-1,3 ТГц, причем управление величиной затухания может осуществляться путем изменения направления магнитного поля, относительно оси распространения терагерцового излучения

Таким образом элементы на основе МЖ могут служить датчиками различных полей и излучений в современных средствах измерения

Работа выполнена частично при поддержке РНФ (проект № 18-19-00268)

Список публикаций:

[1] Кусакина А. Е. Поллер А. Е. Характеристики преобразования оптических сигналов в полимерных пленках с люминофорами, с наночастицами железа // Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника: мат. VIII межд. науч. конгр. - Новосибирск, 2012. – Т.2. С.22–26

- [2] Зятков Д. О., Юрченко А. В., Балашов В. Б., Юрченко В. И., Мехтиев А. Д. Исследование емкостных чувствительных элементов датчиков магнитного поля // Вестник науки Сибири. 2015. – Вып. 15. – С. 161–167
- [3] Зятков Д. О., Юрченко А. В., Балашов В. Б., Юрченко В. И. Использование магнитных сред для емкостного чувствительного элемента датчика магнитного поля // Ползуновский Вестник. 2015. – Вып. 3. – С. 161–164.
- [4] *Магнитная жидкость* Предпринт УТПП 2000 г.
- [5] Зятков Д.О., Козубова М.А., Юрченко А.В., Балашов В.Б., Юрченко В.И. Исследование влияния конфигурации и размера частиц на параметры датчика слабого магнитного поля // Техника радиосвязи. – 2016. – №2(29). – С. 92-100.
- [6] Yusuf N.A., Abu-Aljarayesh I. O. *Magneto-Optical and Magneto-Dielectric Anisotropy Effects in Magnetic Fluids* // *Jordan Journal of Physics*. – 2009. – Vol. 2. – No 1. pp. 1-46.
- [7] Zyatkov D., Yurchenko A., Balashov V., Yurchenko B., Borisov A. *Spectral characteristics of magnetic fluid with particles of different dimensions in the terahertz frequency range, 2017 38th Progress In Electromagnetics Research Symposium - Spring (PIERS), St. Petersburg, 27072711, 2017.*
- [8] Лахтина Е.В., Пиеничников А.Ф. Дисперсия магнитной восприимчивости и микроструктура магнитной жидкости // Коллоидный журнал. – 2006. – Т. 68. – № 3. – С. 327–337. .

Gesture Based Terrain Mapping System-Overview

By Mainak Mondal

Tomsk State University

Up until a few years ago, the only way to get an aerial overview of a designated area was to fly over it with a manned aircraft and physically inspecting the areas or taking pictures of it. Unmanned Aerial Vehicles, have been a blessing to all the industries which relied on aerial images or drawings for their work.

Unmanned aerial vehicles also known as drones, in more colloquial terms, is a blessing to all industries in the world. The cost of manufacturing and assembling drones have gone down significantly as majority of people adapted to using it.

The film industries are using it to get excellent footage with accurate direction and lighting. Civilians can use it as toys. Students can use it to learn avionics and flight mechanisms. Youtubers use it for professional high resolution footage. Rescue teams use it for surveying the area. Armies use it to get a tactical advantage in a firefight and recently, Amazon is using drones for superfast delivery service.

The possibilities are endless if properly invested on. Machine Learning and Artificial Intelligence are next best thing in the field of Computer Science and that's why I plan to merge these two fields and present something which fundamentally adds more features and a hive mind facility to even work without a commanding signal.

Introduction

The current real time terrain mapping, usually carried out by Self Drive Cars usually use the overlay of the map to find directions. The on board computer of the car, usually uses a bunch of sensor like: Proximity Sensor, Stereoscopic Cameras to identify objects and cars in its trajectory. This method very viable for cars because it has less to no space constraints to house the compute power. I propose a method to identify terrain defects for tactical combat and rescue operations by dividing the work into terrain recognition and terrain mapping.

The Operator is the person who controls the drones and provides the drones with directional data for it to follow. There is also an autopilot which takes over the controls when no gesture commands are received for a while.

Levels of Autonomy according to the United States Department of Defense:

Level 1- Human operated system in which a human operator makes all the decisions regarding drone operation.

Level 2- This system can perform many functions independent of human control. It can perform tasks when delegated to do so, without further human input. Examples are engine controls, automatic controls, and other automation that must be activated or deactivated but a human.

Level 3 - The third level of autonomy is a human supervised system. This system can perform various tasks when it is given certain permissions and directions by a human. Both the system itself and the supervisor can initiate actions based on sensed data. However, the system can only initiate these actions within the scope of the current task.

Level 4 - The final level of autonomy is a fully autonomous system. This system receives commands input by a human and translates these commands in specific tasks without further human interaction.

Literature Survey

There is a lot of interesting research in the field of Drone technologies, and the major players are including 4k video recording, object tracking, directional sense, and a lot more. They offer a lot of features and have a high price tag associating with it.

The DJI Spark is one of the commercial drones available for the common public and it has gesture based control system. According to Paul Pan, the Senior Product Manager at DJI, "Controlling a camera drone with hand movements alone is a major step towards making aerial technology an intuitive part of everyone's daily life, from work and adventure to moments with friends and family." There are numerous research papers associating with the gesture recognition in a drone system. The majority of them using Motion Controller or sensor like the Leap motion controller or the Kinect controller.

The pitch and yaw(movement) is controlled by the hands and the gaps in communication are filled with the autonomous drive controller. An important distinction within the concept of autonomy is the difference between automatic and autonomous systems. An automatic system is a fully preprogrammed system that can perform a

preprogrammed assignment on its own. Automation also includes aspects like automatic flight stabilization. Autonomous systems, on the other hand, can deal with unexpected situations by using a preprogrammed ruleset to help them make choices.

As described by the levels of autonomy according to the United States Department of Defense, it is ideal to have a system which is at level 3 at all times and can initiate level 4 when no human input is received, i.e. the drone system will always be under gesture control and when no gesture input is received, the internal flight controller of the drone can take over its control.

Current Work on Flight Controllers:

1. PX4 - PX4 is part of the Drone code Project, a shared and collaborative open source project to deliver a complete end-to-end platform for unmanned aerial vehicles (UAVs). A complete auto pilot system for large drones. (<http://px4.io>)

2. Flight Controller – This is a microchip which is programmed to use sensor data from the sensors in the drone and use it to keep the drone stable. (<https://www.dronetrest.com/t/beginners-guide-to-drone-autopilots-flight-controllers-and-how-they-work/1380>)

3. Autopilot Hangar- a multi headed/ Hybrid- controlled drone management system which has an autopilot system. (<http://autoflight.hangar.com>)

4. Motion Tracking in drones - Numerous Open Source organizations provide code to implement for motion tracking.

The second important task in this system is the mapping system. Many companies including google are doing this using various algorithms. The algorithms are primarily known as SLAM or simultaneous localization and mapping. These algorithms are not always known for their accuracy and use sensor data to make an approximate map of a local area.

Current Work on Terrain Mapping:

Terrain Mapping in Real-Time: Sensors and Algorithms - This paper presents an overview of the work being conducted at the Australian Centre for Field Robotics (ACFR) into sensors and systems used for real-time terrain mapping. (Source - Steven Scheduling, Jeff Leal, Mark Bishop, Salah Sukkarieh, Australian Centre for Field Robotics. The University of Sydney , <http://www.regional.org.au/au/gia/10/298scheduling.htm>)

Vision-based LIDAR (Light Detection and Ranging) Integration: - Multiple sensor based mapping algorithms on a land traversing rovers for mapping the terrain in a very accurate manner. (Source: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6375033>)

A Set-Theoretic Algorithm for Real-Time Terrain Mapping of Mobile Robots in Outdoor Environments - Rough terrain environments for mobile robots. A few experiments have been carried out in this method. (Source: <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.5772/57293>)

Elastic Terrain Mapping – A terrain mapping system used by some projects in NASA, National Aeronautics and Space Administration for terrain mapping using land bots. (Source - <http://elasticterrain.xyz/>)

All the mapping systems implementations, if implemented in real-time cost huge computing resources and cannot map accurately. The most accurate is the LIDAR based Mapping as it is used in self drive cars and other heavy vehicles with ample computing power.

Methodology

There are several attempts for real-time mapping using drones but most of the projects are pretty much at its infancy as they all try to map the terrain in real time. They all require huge computing power since terrain mapping requires huge resources.

My plan is to divide the work into 4 parts: -

Gesture Recognition – handled by an independent flight controller.

Drone Pilot – The schedule to be run when no gesture commands are received.

Terrain recognition - The schedule to take high resolution images of the area and recognize the pits and outline of the area for tactical use.

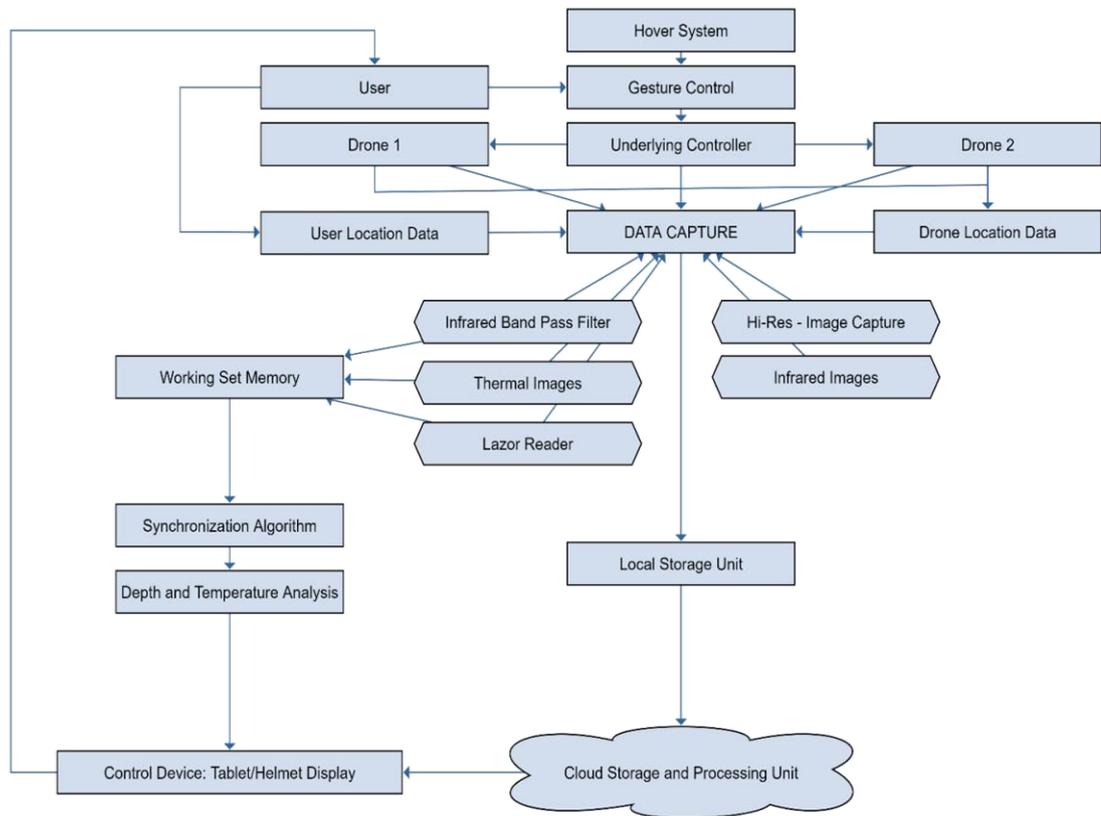
Terrain Mapping- The Schedule which runs on the a separate high – end computer which uses its compute power and the high resolution images from the previous schedule and maps the area with accuracy.

For the actual system, there should be 2 working computer units.

Drone Controller System – A computer specifically to pilot the drone. This computer also listens to the gestures control commands given by the operator and decides on the which schedule to follow, Autopilot or Gesture.

Mapping System – The Computer which takes in all the sensor data and segregates the data into the what's required immediately and what will be sent to the EC service for further processing. This unit also communicates to the operator and will relay the terrain recognition data to consumption device.

Structure Diagram

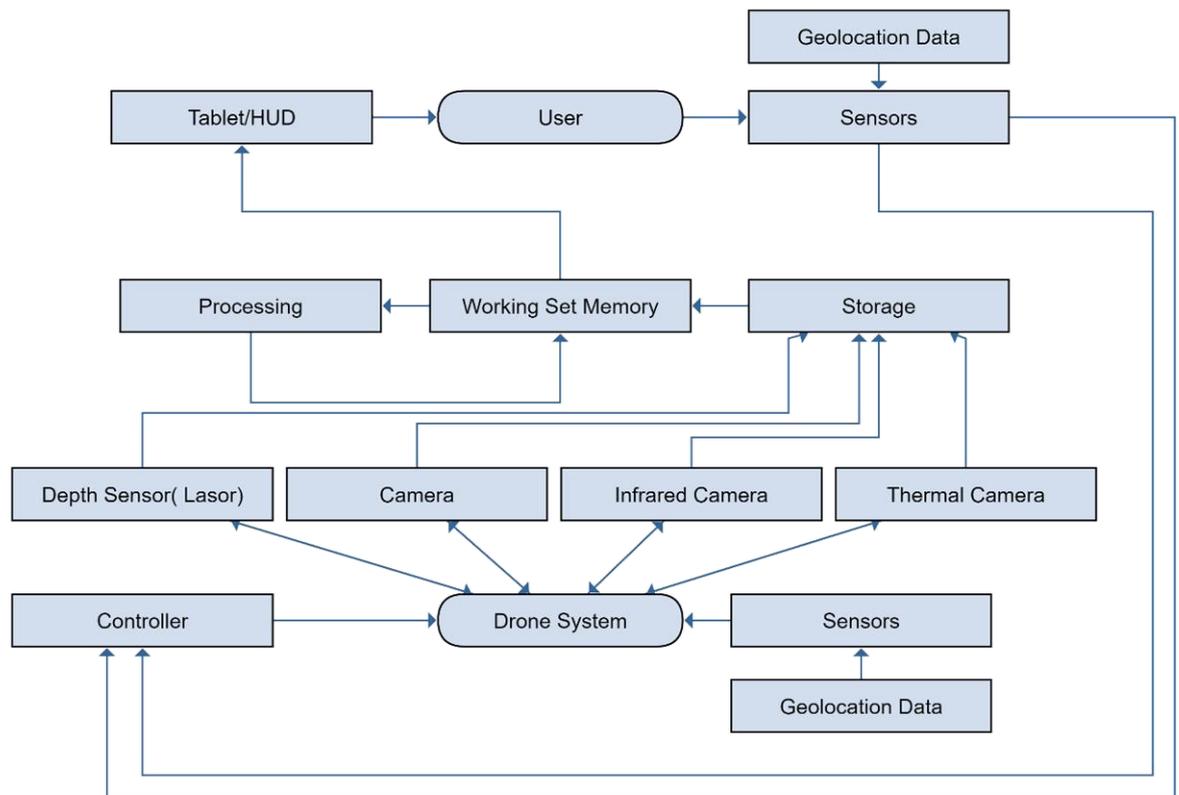


As we see here, there are 2 major zones of work

Which goes to the working set memory (after storing the data to the non-volatile memory) which is required for Real-time data processing to assist the operator of the system navigate through the terrain.

The second zone revolves around the data capture and processing the captured data using an elastic cloud service (Scalable Computing). The Scalable Compute Service will process all the data and produce a 3d map of the area which can be used for future endeavors.

Data Flow Diagram



The distinguishing part of this system will be the fact that this device does not have to process high resolution images in real-time. The computer handling the terrain detection will only produce a depth map using numeric values after calculating the depth and a thermal imaging data can be used for overlay. This data can be sent over to the human operator for physically exploring the terrain. An object detection algorithm like tensor flow maybe implemented in the middle which takes in camera images and recognizes objects and overlays it in the map.

The high resolution images captured can be uploaded to a cloud server for processing. The cloud server can use a commercial or an open source mapping software which used geolocation data and combines it with all the sensor data received and spits out an accurate map of the given area.

Categorization of data in the given concept:

Thermal Images

Stereoscopic camera images (high-resolution image capture)

Depth sensor data

Infrared Camera Data (for night vision)

Generic Camera footage (for relay to the user and use for object detection by Tensor flow)

Geolocation data of the Drone as well as the operator.

With 6 the types of data taken into account and then being divided into terrain recognition as well as terrain mapping handled by two different controllers we can recognize terrain in real time as well as produce a map of that area if needed.

Conclusion and Future Work

The sole idea of this project was to differentiate between mapping an area and terrain detection to utilize computing resources in an efficient way. The research currently being done in this sphere is phenomenal and when we combine all the research we get different views on how to alimnet an idea and the sphere of Unmanned Ariel Vehicle is just at its infancy. We have many different challenges ahead like increasing flight time, increasing signal range and many other things but with the insight I provided, it is certain that all the problems can be solved given time. This article shows the current work being done in the sphere of terrain mapping and drone automation, and combines the two for the inception of a new concept. Further, these tasks can be sub-divided into more tasks for a simpler and faster approach to tackle the problem of terrain mapping and recognition.

References:

- [1]. Steven Scheduling, Jeff Leal, Mark Bishop, Salah Sukkarieh, Australian Centre for Field Robotics. The University of Sydney , <http://www.regional.org.au/au/gia/10/298scheduling.htm>
- [2]. ROS-based UAV control using hand gesture recognition - 2017 29th Chinese Control and Decision Conference (CCDC), IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7978402>
- [3]. Simultaneous localization and mapping- IEEE Robotics & Automation Magazine - <https://ieeexplore.ieee.org/document/1638022>
- [4]. Simultaneous localization and mapping (SLAM) - <https://ieeexplore.ieee.org/document/1678144>

Tunable Computing Environment for Slam Navigation

Nguyen Hoang Thuy Trang

Supervisor: Shidlovsky Stanislav Viktorovich

Tomsk State University,

Vietnam Maritime University

trangnht@vamaru.edu.vn

Abstract - The problem of building high-performance systems is considered, as well as the development of mathematical models of such systems for mobile robotic navigation. We consider the general situation of 3D mapping for SLAM in the modern world, and also show the results of our work.

Keywords: rebuild computational environment, high-performance computing system, octree.

1. Introduction:

Nowadays, the simultaneous localization and mapping approach (SLAM) has become one of the most modern technical methods used for mobile robots to create maps in unknown or inaccessible places. Update maps to a specific area while tracking your current location and distance. We built a highly structured system using mathematical models in conjunction with the Octomap environment to navigate a mobile robot.

2. SLAM

In robot mapping and navigation, simultaneous localization and mapping (SLAM) is one of the issues that scientists and the world are interested in computation for creating or updating maps. An undefined environment also tracks the location of an internal agent. To overcome and improve positioning in short distances, synchronization and simultaneous integration (SLAM) has made remarkable progress in the development of science and technology.

3. Octomap

Some robots applications require a three-dimensional model of the environment. Although 3D maps are an integral part of many robotic systems, there are still a few flaws that are rarely deployed in a system with reliability and efficiency. The absence of such implementations leads to the reproduction of basic software components. Therefore, it can be considered an important point in the study of robots.

4. High-performance reconfigured systems

In recent years, instead of using small and medium-sized microchips, people have switched to software logic devices, followed by large integrated circuits that are used as computer cores on industrial computers or in programmable logic controllers. Automation of decision-making requires the use of advanced mathematical techniques and new technology. The growing interest in the functions of the algebra of logic and its computational problems led to the creation of the theory of homogeneous structures. The paper proposes a logical model that can be adapted to a specific class of Boolean formulas. This model allows us to solve the problem of the computing system of Boolean formulas from ordered and unordered iterative classes, as well as the class of Boolean formulas in the order of repetition and Boolean systems with and without arguments.

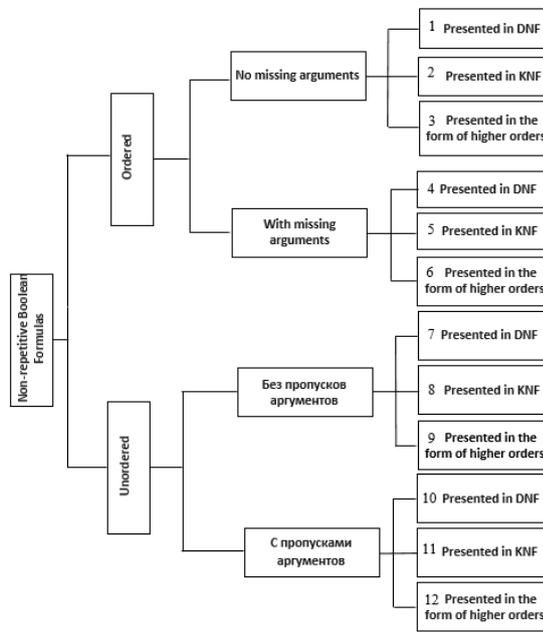


Fig. 1. Classification of non-repetitive Boolean formulas

In this article, we consider the formula in the basis of {AND, OR, NOT}. First, we consider the fully qualified BFU n variables defined on the $2n$ input sets. The main metric of a BFU is the number of variables n . In principle, the boolean formula is divided into two groups, non-repeat and repeated. The classification of non-repeat BF reduction in Fig.1.

In accordance with the above classification (see Fig. 1), the set of Boolean formulas splits into pairwise disjoint classes — sets of the same type of formulas. Each formula of a particular class can be chosen as a representative of this class. Boolean formulas belonging to one class are realized by physically identical schemes, therefore for each class it is enough to implement only one scheme, the structure of which is described by the formula of a representative of a class. We synthesize such an automaton, which will provide, at a certain setting, the calculation of all the BF groups provided in Fig. 1, while the input arguments are not the same.

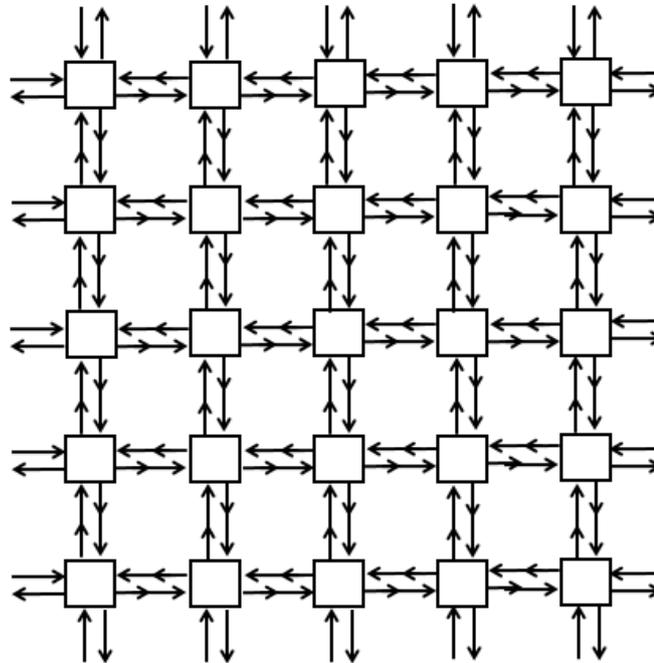


Fig.2: Environment after adjusting for Octree

We will rebuild in Octomap environment. The octree for the window is an elementary computation. Therefore, I built this formula:

$$\left\{ \begin{array}{l} f_1 = x_1 \vee x_2 \vee x_3 \vee x_4 \vee x_5; \\ f_2 = x_1; \\ f_3 = x_1; \\ f_4 = x_1 \end{array} \right.$$

as where $x_1 - x_4$ are fed data from a cloud of points. The overall picture (Fig. 2) looks like matrices.

5. Conclusion:

This article used a point cloud to create an octree. The results show that when using uniformly structured models and parallel processing, the results and implementation time of the algorithm are faster at each stage of performing image processing tasks in three dimensions. This is such an environment that allows you to very quickly build a map based on the octree. And SLAM octree has specific features. We directly choose and play specifically to solve this problem. Creating a more computationally competitive computing environment is a good result and a good condition. That is the context to continue to study.

References:

- [1]. D. V. Shashev., S. V. Shidlovsky. *Morphological processing of binary images using tunable computing environments*, 2015, pp.19-26.
- [2]. Gonzalez R., Woods R. *Digital Image Processing: Trans. from English M.: Technosphere*, 2005, pp.1072.
- [3]. Ivanov V. A., Kirichuk V. S. *Features of the work of detection algorithms for a fallen person by the sequence of images of the scene // Avtometriya*, No. 2, 2011, pp.15–25.
- [4]. Shapiro L., Stockman J. *Computer vision: Trans. from English M.: BINOM. Laboratory of Knowledge*, 2006, pp.752.
- [5]. Shidlovsky S.V. *Automatic control. Reconfigurable systems: Proc. allowance. Tomsk: Publishing house Tom. University*, 2010, pp. 168.
- [6]. Shidlovsky S.V. *Automatic control. Tunable structures. Tomsk: Tomsk State University*, 2006, pp.288 .
- [7]. Kalyaev I. A., Levin I. I., Semernikov E. A., Shmoilov V. I. *Reconfigurable multi-pipeline computing structures. Rostov n / D: SSC RAS Publishing House*, 2008, pp.393.
- [8]. Khoroshevsky V. G., Kurnosov M. G., Mamaylenko S. N. *Spatially-distributed multi-cluster computing system: architecture and software // Vestn. TSU. Management, computing and computer science*, № 1 (14), 2011, pp.79–84.
- [9]. https://en.wikipedia.org/wiki/Boolean_algebra
- [10] <https://www.kudan.eu/kudan-news/an-introduction-to-slam/>

Research method detection human face in video streams

Nguyen The Cuong^{1,2}

Supervisor: Vladimir Ivanovic Syryamkin¹

1. Tomsk State University, 2. Vietnam Maritime University

cuongntit@vamaru.edu.vn

Human face recognition is a field of study in the field of computer vision. Face recognition methods are now divided into different directions according to different criteria. Research article on face detection techniques in video streams, using the OpenCV library.

Keyword: face detection, face recognize, feature based, feature extraction.

1. Introduction

The face recognition has a rich data source and requires less controlled interaction and can be found in real life as well as data on the net. It's method is also divided into several directions: Identification with input data is a 2D still image (is most popular), but the future will probably be 3D FR (because, if layout of many 2D cameras will give the data in kind of 3D and deliver better, more reliable results) can also be divided into two directions: to do with image data and to do with video data. In reality, people divide the face recognition methods into three categories: global approaches, such as Eigenfaces-PCA [1], Fisherfaces-LDA [2]), based on local feature based (LBP, Gabor wavelets [3]) and hybrids (a combination of two global and local features). Local-based methodologies have been proven to be superior in working under uncontrolled data conditions. It can be said that the development history of human face recognition is the development of selective extraction methods used in image feature extraction systems. Specific applications of face recognition are based on two identification models: identification (1-N problem), and verification (problem 1-1). In the identification problem, we need to determine the identity of the test image, but in the verification problem, we need to determine whether the two images belong to the same person.

2. Phases in a face recognition system

To build a face recognition system, it is not easy. The first step is "face detection" - it means detecting the image in the input (image database, video ...) and cut the face to perform the identification. The second step is "image preprocessing" including image alignment and normalization (here we referring to straight-line images). The third step is "character selection". In this step, a method of extracting certain characteristics (LBP, Gabor wavelets, [4] ...) will be used with the facial image to extract image specific information. As a result, each image is represented as a feature vector; the next step is the identification or classification step, Identification or label of the image - that is the image of the one. At the classification step, usually the method k-nearest neighbor (k-NN) [5] will be used, in practice the use of Support Vector Machine [6]) does not bring worse results.

Data for a face recognition system is divided into 3 volumes: training set, reference set, and set for identification. In many systems, the training file is identical to the reference file. The training set consists of images used for training, usually used to generate a projection subspace as a matrix and the commonly used method is Principal Component Analysis (PCA) [7], Whitened PCA (WPCA), Linear Discriminant Analysis (LDA) [8],

Kernel PCA (KPCA) [9]. The reference set includes known images that are projected onto the subtree at the training step. Training steps aim for two purposes: to reduce the dimension reduction of feature vectors because these vectors usually have large lengths (several thousand to several hundred thousand). very long. The second is to increase the discriminative between the different images class, in addition can reduce the distinction between images belong to a class (according to the method, the purse LDA, also known as Fisher Linear Discriminant Analysis, is a method of working with training sets where each object has multiple faces at different conditions. After making a reference reference to a subspace, the system saves the result as a matrix with each column of the matrix a vector corresponding to the image (known identifier) to perform the identification (or subclass). Identification is done with a set of probe images, after preprocessing, each image will be applied to the extracted feature (such as training and reference images) and projected into subspace. Next, the classifier will be based on the k-NN method. The identifier of an image that needs to be determined will be assigned the identifier of the image closest to it. Note that each image is a vector so it is possible to use the concept of distance function between two vectors to measure the difference between the images.

3. How to preprocess the image to face recognition

Once the image area is detected, you can use it to identify faces with the next image. However, if you were trying to simply perform face recognition directly on a normal photo, you would probably get less than 10% accuracy! It is extremely important to apply various image processing techniques before processing to standardize the images that you provide for a facial recognition system. Most facial recognition algorithms are extremely sensitive to light conditions, so if it is trained to recognize a person when they are in a dark room, then perhaps it wont recognize them in the a light room, etc. This problem is called "dependency lumination", and also many other problems, such as face should also be in a very suitable position in the image (such as eye is in the same pixel coordinates), suitable size, rotation angle, hair and makeup, emotions (smiling, angry, etc.), position of the lamp (left or top, etc.). This is why it is very important to use an image filter for processing before applying face recognition. You should also do things like remove the pixels around the face that are not being used, such as with an elliptical mask to show only the inner face area, not the hair and wallpaper, since they change a lot compared to no face. For simplicity, my face recognition system will show you that Eigenfaces uses grayscale images. So I will show you how to easily convert gray images, and then easily apply Histogram Equalization is a very simple method of automatic Standardize the brightness and contrast of your face mirror image. For better results, you can use face recognition colors (ideally with color chart accessories in HSV or a color space instead of RGB), or apply a variety of processing stages such as increased edge enhancement, border detection, motion detection, ... In addition, this code is resizing the image to a standard size, but this can change the aspect ratio of the face.

The pre-treatment steps are as follows:

- s1. If a color image is converted to a gray image;
- s2. Resizing an image is a suitable size, even if the scale changes.
- s3. Create fixed size images;

4. Use the library in OpenCV for face detection

The OpenCV library makes it quite easy to detect a face in front of an image using the Haar Cascade Face Detector [10] (also known as the Viola-Jones method). The function "cvHaarDetectObjects" in OpenCV performs real face detection, but the function is a bit tedious to use directly, so it is easiest to use this function: *Haarcascade_frontalface_default.xml*; *Haarcascade_frontalface_alt.xml*; *Haarcascade_frontalface_alt2.xml*; *Haarcascade_frontalface_alt_tree.xml*.

5. Conclusions and future research directions

The article shows the techniques that need to be performed to detect the face. When moving, faces can be varied in size or rotated in different directions. The next step is to make sure that the face can be corrected when not in the vertical direction (can be turned left, right, face up, bent down) and the person moving with fast speed.

References:

- [1] Christophoros Nikou. *Image Analysis PCA and Eigenfaces*. University of Ioannina - Department of Computer Science, URL: http://www.cs.uoi.gr/~cnikou/Courses/Image_Analysis/2011-2012/10_PCA_and_Eigenfaces_2spp.pdf, 2003.
- [2] Cheng-Yuan Zhang, Qiu-Qi Ruan. *Face Recognition Using L-Fisherfaces*. *Journal Of Information Science And Engineering* 26, 1525-1537. URL: http://www.iis.sinica.edu.tw/page/jise/2010/201007_23.pdf, 2010
- [3] Joost van de Weijer, Cordelia Schmid. *Coloring Local Feature Extraction*. *Conference Paper*, DOI: 10.1007/11744047_26. Publisher: 0302-9743. URL: https://www.researchgate.net/figure/Overview-of-a-local-feature-based-method-divided-in-a-feature-detection-and-a-feature_fig1_221304835, 2006.
- [4] David Barina. *Gabor Wavelets in Image Processing*. URL: <https://arxiv.org/abs/1602.03308>, 2016.
- [5] Salvador Garcia, Joaquin Derrac ; Jose Cano ; Francisco Herrera. *Prototype Selection for Nearest Neighbor Classification: Taxonomy and Empirical Study*. Published in: *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (Volume: 34)*, 2012.

- [6] R. Berwick. *An Idiot's guide to Support vector machines (SVMs)*. Village Idiot - Massachusetts Institute of Technology, USA. URL: <http://web.mit.edu/6.034/wwwbob/svm-notes-long-08.pdf>
- [7]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Principal_component_analysis
- [8]. Alaa Tharwat, Tarek Gaber, Abdelhameed Ibrahim, Aboul Ella Hassanien. *Linear discriminant analysis: A detailed tutorial - in AI Communications 30(2):169-190, with 23,752 Reads- DOI: 10.3233/AIC-170729, 2017.*
- [9] Quan Wang. *Kernel Principal Component Analysis and its Applications in Face Recognition and Active Shape Models*. Rensselaer Polytechnic Institute, 110 Eighth Street, Troy, NY 12180 USA, URL: <https://arxiv.org/pdf/1207.3538.pdf>, 2014
- [10] URL: https://docs.opencv.org/3.4.3/d7/d8b/tutorial_py_face_detection.html

Merging Brain Computing Interface (BCI) & Neural Networks for Better Authentication & Recognition

Qaseem Ramzan

Vladimir Syryamkin

National Research Tomsk State University; toggleTechs (a creativity platform)

qaseemramzan0@gmail.com

Brain Computing Interface (BCI) has been proved helpful for the different streams of technology, considering the sensitivity of data in the current era it is required to build new security protocols and authentication models. Just like other fields of technology Brain Computing Interface could also be useful for making the data security better by using BCI as an authentication method without any hard physical inputs. The focus of the issue shifts to 'recognition' of EEG signals pattern and making the authentication model self-learning to increase its efficiency. This leads us to involve Artificial Neural Networks in the authentication system to make it efficient and intelligent.

A brain computer interface (BCI), sometimes called a mind-machine interface (MMI), direct neural interface (DNI), or brain-machine interface (BMI), is a direct communication pathway between an enhanced or wired brain and an external device. BCIs are often directed at researching, mapping, assisting, augmenting, or repairing human cognitive or sensory-motor functions.

BCIs comprise an active area of research and could start to integrate advances from adjacent fields such as neuroscience, nanomaterials, electronics miniaturization, and machine learning. For example, one neuro-imaging research project is starting to make guesses as to what participants see during brain scans, purporting to be able to distinguish between a cat and a person. Merging this kind of functionality with BCIs might produce new applications. Other experimental BCI projects have been proposed. One is Neocortical Brain-Cloud Interfaces: autonomous nanorobots that could connect to axons and neuronal synaptic clefts, or embed themselves into the peripheral calvaria and pericranium of the skull. Another project, Brainets, envisions linking multiple organic computing units (brains) to silicon computing networks. A third project is Neural Dust, in which thousands of 10-100 micron-sized free-floating sensor nodes would reside in the brain and provide a computing processing network.

Combining Brain Computing Interface (BCI) with Neural Networks. Presently ever device is under a threat of security breach and taking into account the sensitivity of personal data and how human lives are half digital makes this issue an important one for humans. It is required to secure our devices with a more secure and innovative protocols instead of the mainstream methods. All the past authentication methods being used by us are breach-able and have a history of either hack attacks or simple security breach due to the weak type of authentication models. All of the authentication models we have so far need an input from the user. This input method is the main loophole which makes it not good enough to protect our devices.

If the authentication models will need a physical input from users then it is highly likely that the user is at risk because the input can be acquired either by trick or by force.

An authentication model based on EEG signals was proposed to overcome this problem and it could be a method of thoughts without any hard physical input. BCI is capable of reading the Brain Signals and then the proposed model in previous paper was developed to authenticate a user based on brain signals and matching the patter with the one stored in a database.

Authentication for BCI with Neural Networks. As we have developed a consensus above that Neural Networks can perform recognition in a very impressive way which is not possible otherwise. So a better thought is to use Neural Networks on the EEG Based Authentication Model and make the Neural Network learn the patterns of user's authentication routine. Here the Neural Network will not only match the pattern to authenticate the users but it will learn gradually the changes in EEG Signals pattern and become more intelligent in a way to recognize the user.

The ultimate task will be to train the Neural Network to the point where it will not need to match the EEG Signals with the first every stored pattern but it will be able to recognize the user based on the later learnings which were learnt in result of trainings.

References:

- [1] *Brain Computer Interface*. [Electronic resource] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Brain-computer_interface
- [2] *History of Brain Computer Interfaces*. [Electronic resource] URL: <http://www.brainvision.co.uk/blog/2014/04/the-brief-history-of-brain-computer-interfaces>
- [3] *Qaseem Ramzan. Evolution of BCI and Proposed EEG Based Authentication Model*. [Electronic resource] URL: https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2018/14/mateconf_imet2018_01006/mateconf_imet2018_01006.html

- [4] Melanie Swan. *Future of Brain Computing Interfaces (Block-chaining Your Way into a Cloud Mind)*. [Electronic resource] URL: <http://jetpress.org/v26.2/swan.htm>
- [5] *Internet of Things* [Electronic resource] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things
- [6] Jerry J. Shih. *Brain-Computer Interfaces in Medicine* [Electronic resource] URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3497935/>
- [7] *OpenBCI*. [Electronic resource] URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/OpenBCI>
- [8] *Artificial Neural Networks – Ahmad Aljebaly*. [Electronic resource] URL: <https://www.cs.wmich.edu/~elise/courses/cs6800/Neural-Networks.ppt>
- [9] *Artificial Neural Networks – Ahmad Aljebaly*. [Electronic resource] URL: <https://www.cs.wmich.edu/~elise/courses/cs6800/Neural-Networks.ppt>
- [10] Daniel L. Silver. *Theory and Application of Artificial Neural Networks*. [Electronic resource] URL: plato.acadiau.ca/courses/comp/dsilver/5013/Slides/ANN_ml.ppt
- [11] Ashraful Alam. *Neural Networks A Brief Overview*. [Electronic resource] URL: <www.d.umn.edu/~alam0026/NeuralNetwork.ppt>
- [12] Igor V. Tetko. *Associative Neural Networks*. [Electronic resource] URL: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1019903710291>

Генератор ультразвуковых сигналов с цифровой обратной связью

Суханов Дмитрий Яковлевич,

Муксунов Тимур Рамильевич, Кузьменко Иван Юрьевич, Завьялова Ксения

Владимировна

Томский государственный университет

sdv@mail.tsu.ru

Для генерирования мощного ультразвукового сигнала амплитудой в сотни Вольт при питающем напряжении меньше 30 Вольт и мощности 200 Вт необходимо использовать эффект резонанса. При резонансе происходит накопление энергии в колебательной системе и увеличение амплитуды колебаний. Вследствие этого генератор должен подстраивать свою частоту под резонансную частоту управляемой системы. Резонансная частота будет зависеть от механических свойств ультразвукового хирургического инструмента, электрических свойств пьезоэлемента и согласующих электрических компонентов схемы генератора. Учесть все эти факторы с достаточной точностью заранее крайне сложно. Аналитические решения и численное моделирование могут позволить приблизительно оценить спектр резонансных частот, однако, такие оценки не будут точно совпадать характеристиками реального устройства. Необходимо предусмотреть систему обратной связи и управления частотой генератора. Предлагается осуществлять цифровую обратную связь и цифровое управление генератором, что позволит реализовать достаточно сложный алгоритм управления, не выполнимый схемотехническими средствами.

Предлагается функциональная схема макета блока управления и генерирования мощного ультразвукового сигнала изображённая на рис. 1. Цифровой микроконтроллер генерирует периодические импульсы, запускающие генератор с соответствующей частотой, и управляет напряжением на выходе регулируемого источника питания. Уровень напряжения источника питания будет определять мощность генерируемого сигнала. Сигнал с генератора подаётся на пьезоэлементы ультразвукового инструмента. Значения тока и напряжения на входе инструмента измеряются с помощью аналого-цифровых преобразователей микроконтроллера через линии обратной связи. На основе сигналов обратной связи микроконтроллер может оценить амплитуду колебаний, и их спектральный состав, и отреагировать на изменения резонансной частоты изменением выходных импульсов и питающего напряжения.

Данная конструкция функциональной схемы выбрана по причине обеспечения цифровой обратной связи при наличии полного цифрового контроля частотой и фазой генерируемых сигналов, что позволит реализовать самые сложные алгоритмы управления.

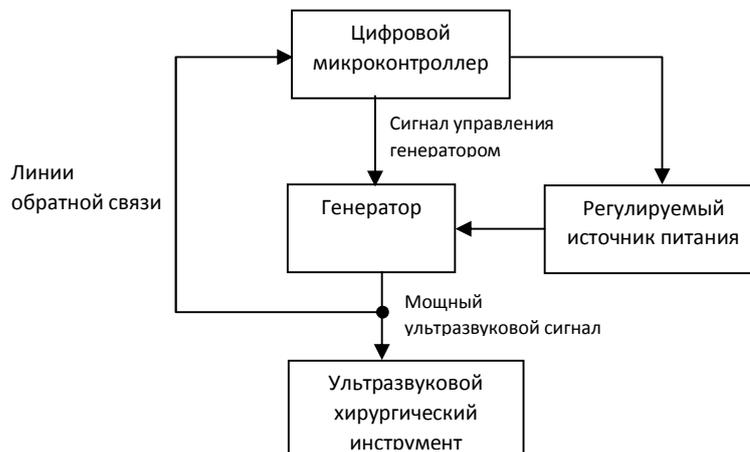


Рис. 1. Функциональная схема макета блока управления и генерирования мощного ультразвукового сигнала

Сигналы управления подаются на полевые транзисторы, обеспечивающие генерирование меандрового сигнала. В такой схеме включения минимизируется перегрев транзисторов. Через повышающий трансформатор сигнал подаётся в высоковольтный контур, к которому подключается ультразвуковой хирургический инструмент. Для согласования с ёмкостной нагрузкой в цепь включена индуктивность.

В качестве блока микроконтроллера в данном макете предлагается использовать микроконтроллер STM32F407, который обеспечивает возможность передачи и приёма сигналов в реальном времени. Алгоритм управления микроконтроллера с цифровой обратной связью планируется к разработке на следующем этапе.

В качестве основных элементов управляющих мощными электрическими сигналами выбран полевой транзистор IRFZ44N, поскольку их параметры соответствуют требованиям по мощности, теплоотвода, эксплуатационным характеристикам, и являются широко доступными для массового производства изделий из них.

Для электрической развязки цепи хирургического инструмента и генератора применяется трансформатор с коэффициентом передачи 10, что позволяет повысить напряжение на инструменте относительно питающего в 10 раз – этого достаточно для возбуждения пьезоэлементов и их функционирования при минимальной массе трансформатора.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках проекта «Создание высокотехнологичного комплекса ультразвуковой хирургии» (Уникальный идентификатор проекта RFMEF157517X0163).

Список публикаций:

- [1] А. Д. Лавриненков. Расчет амплитудно-частотных характеристик ультразвуковых преобразователей продольных и продольно-крутильных колебаний с помощью пакета Abaqus. Компьютерные исследования и моделирование. – 2014. –Т. 6. – №6. – С. 955–966.
- [2] Геризгал, Д.А. Ультразвуковая аппаратура / Д.А. Геризгал, В.М. Фридман. – М.: Энергия, 1976. – 320с.
- [3] Донской, А.В. Ультразвуковые электротехнологические установки / А.В. Донской, О.К. Келлер, Г.С. Кратыш. – Л.: Энергия, 1982. – 188с.
- [4] Хилл, К. Применение ультразвука в медицине. Физические основы / Пер. с англ.; Под ред. К. Хилла. – М.: Мир, 1989. – 589с.

Численное моделирование левитации микрочастиц в воздухе

Дмитрий Яковлевич Суханов,

Сергей Росляков

Томский государственный университет

sdv@mail.tsu.ru

Акустическая левитация находит применение в технологиях бесконтактной манипуляции малоразмерными частицами для управления химическими реакциями, процессами плавления и коагуляции. Возможна акустическая левитация как в жидкостях [1,2] так и в газах. Показана возможность акустической манипуляции частицами как сферической [3], так и произвольной формы [4]. Численное моделирование позволяет предсказать поведение частиц в ультразвуковом поле [5]. Левитирующие частицы в воздухе стремятся в пучности скорости стоячих волн или узлы давления [6]. Для управления левитацией

применяются фазированные решётки, которые обеспечивают поле заданной конфигурации.

Предлагается метод численного моделирования левитации частиц в ультразвуковом поле в воздухе. Левитация реализуется в условиях, когда сила акустического воздействия превышает силу тяжести. Для вычисления силы действующей на сферическую частицу воспользуемся формулами Горькова [2]:

$$\mathbf{F} = -\nabla U, \quad (1)$$

где $U = 2\pi R^3 \rho \left(\frac{\overline{p^2}}{3\rho^2 c^2} f_1 - \frac{\overline{v^2}}{2} f_2 \right)$ – потенциал Горькова, $f_1 = 1 - \frac{c^2 \rho}{c_0^2 \rho_0}$, $f_2 = 2 \frac{\rho_0 - \rho}{2\rho_0 + \rho}$, ρ – плотность

среды (воздуха), ρ_0 – плотность вещества частиц.

Траектория частиц моделируется на основе уравнений движения Ньютона: $\mathbf{r}(t + \Delta t) = \mathbf{r}(t) + \mathbf{v}(t)\Delta t + \mathbf{a}\Delta t^2 / 2$ – координаты частицы в следующий момент времени, $\mathbf{v}(t + \Delta t) = \mathbf{v}(t) + \mathbf{a}\Delta t$ – скорость частицы, $\mathbf{a} = \mathbf{F} / m$ – ускорение частицы, m – масса частицы.

Ультразвуковое поле моделировалось на основе решения волнового уравнения для потенциала скорости методом конечных разностей во временной области. Рассматривается следующее волновое уравнение:

$$\Delta \Phi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} = 0, \quad (2)$$

где Φ – потенциал скорости. Из потенциала скорости выражается акустическое давление и скорость:

$$p = -\rho \frac{\partial \Phi}{\partial t}; \quad \mathbf{v} = \nabla \Phi.$$

И уравнения движения, и волновое уравнение (2) решаются методом конечных разностей во временной области, а значит алгоритмически совместимы, что позволило реализовать чаленное моделирование левитации частиц в ультразвуковом поле средствами технологии параллельного программирования OpenCL не затрачивая больших ресурсов памяти.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 17-79-20051.

Список публикаций:

- [1] M. Settnes, H. Bruus. *Forces acting on a small particle in an acoustical field in a viscous fluid* // *Physical review E*. Vol. 85, 016327. – 2012. DOI: 10.1103/PhysRevE.85.016327
- [2] Горьков Л.П. *О силах, действующих на малую частицу в акустическом поле в идеальной жидкости*// *Доклады академии наук СССР*. 1961, том 140 №1. С. 88-91.
- [3] Diego Baresch, Jean-Louis Thomas, Regis Marchiano. *Three-dimensional acoustic radiation force on an arbitrarily located elastic sphere* // *The Journal of the Acoustical Society of America*. Vol. 133, 25 (2013). DOI:10.1121/1.4770256.
- [4] Б. П. Шарфарец. *Радиационное давление при рассеянии произвольного поля на включении сложной формы* // *Акустический журнал*, 2010, том 56, № 6, с. 767-772
- [5] P. B. Muller, R. Barnkob, M. Jakob Herring Jensen, H. Bruus. *A numerical study of microparticle acoustophoresis driven by acoustic radiation forces and streaming-induced drag forces* // *The Royal Society of Chemistry*. – 2012. DOI: 10.1039/c2lc40612h
- [6] Shilei Liu, Yanye Yang, Zhengyang Ni, Xiasheng Guo, Linjiao Luo, Juan Tu, Dong Zhang, Jie Zhang. *Investigation into the effect of acoustic radiation force and acoustic streaming on particle patterning in acoustic standing wave fields* // *Sensors* 2017, Vol. 17, 1664; DOI: 10.3390/s17071664

Управление упорядоченной группой частиц на основе ультразвуковой левитации

Дмитрий Яковлевич Суханов,
Завьялова Ксения Владимировна, Сергей Росляков,
Атарщикова Александр Алексеевич, Шаповалов Александр Евгеньевич
Томский государственный университет
sdv@mail.tsu.ru

Управление частицами в условиях ультразвуковой левитации необходимо для ряда практических приложений, таких как левитационные химические реакторы, пайка, сплавление и коагуляция. Возможно рассчитать траекторию частиц, находящуюся под действием бегущего ультразвукового поля на основе законов Ньютона, а управляя фазой и амплитудой волны задать для частицы требуемый вектор ускорения. Однако дальнейшая траектория частицы существенно зависит от сил трения, турбулентных потоков, градиентов температур. В результате, поведение частицы становится слабо предсказуемым. Целесообразно создавать для частицы потенциальную яму в заданной точке пространства, и далее путём перемещения области минимума потенциала обеспечить контролируемое движение частицы. Положение частицы в потенциальной яме должно стабилизироваться благодаря силе трения. В качестве функции потенциала предлагается применить потенциал Горькова [1,2].

Предлагается для управления положением частицы в трёхмерном пространстве применить ультразвуковые поля на разных частотах. Схема размещения излучателей представлена на рис. 1. Предлагается применить 6 излучателей плоских волн: по два встречно направленных излучателя для осей X, Y и Z. Излучатели по оси X излучают на частоте f_1 , излучатели по оси Y излучают на частоте f_2 , излучатели по оси Z излучают на частоте f_3 . Встречные излучатели плоских волн создают стоячие волны. Левитирующие частицы группируются в узлы давления стоячих волн [3].

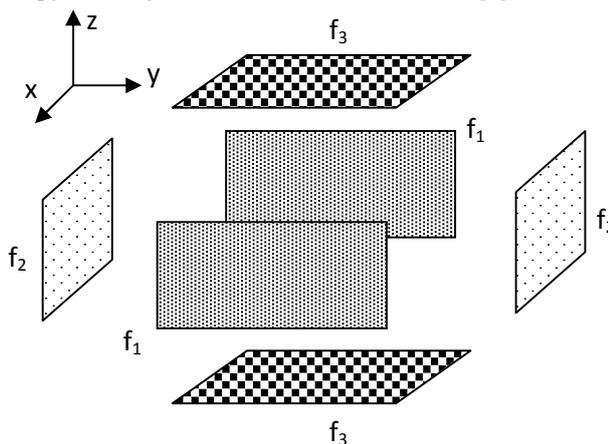


рис. 1. Многоканальный блок генерирования и усиления ультразвуковых сигналов

Поскольку плоские стоячие волны сформированы излучателями, направленными по трём ортогональным осям, то частицы будут распределены в трёхмерной прямоугольной сетке. Если одна частица попадает в область облучения, она сместится в одну из узловых точек стоячей волны. Для управления частицей необходимо сдвигать положение узлов стоячих волн, что реализуется за счёт изменения разности фаз между встречными излучателями. Меняя разность фаз для встречных X, Y и Z ориентированных излучателей обеспечивается управление частицей в трёхмерном пространстве. Численное моделирование показало, что при совпадении частот f_1 , f_2 и f_3 положение частицы становится менее устойчивым, поэтому необходимо обеспечить различие частот. Группа частиц, попадая в поле интерференции волн, выстраивается в решётку и управляется синхронно.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 17-79-20051.

Список публикаций:

- [1] Горьков Л.П. О силах, действующих на малую частицу в акустическом поле в идеальной жидкости// Доклады академии наук СССР. 1961, том 140 №1. С. 88-91.
- [2] Diego Baresch, Jean-Louis Thomas, Regis Marchiano. Three-dimensional acoustic radiation force on an arbitrarily located elastic sphere // The Journal of the Acoustical Society of America. Vol. 133, 25 (2013). DOI:10.1121/1.4770256.
- [3] Shilei Liu, Yanye Yang, Zhengyang Ni, Xiasheng Guo, Linjiao Luo, Juan Tu, Dong Zhang, Jie Zhang. Investigation into the effect of acoustic radiation force and acoustic streaming on particle patterning in acoustic standing wave fields // Sensors 2017, Vol. 17, 1664; DOI: 10.3390/s17071664

Оптическая система контроля ультразвуковых колебаний

Дмитрий Яковлевич Суханов

Анжела Евгеньевна Кузова

Томский государственный университет

sdv@mail.tsu.ru

Ультразвуковые колебания применяются в дефектоскопии, медицине, томографии и дистанционном зондировании [1-4]. Актуальна проблема измерения амплитуды ультразвуковых колебаний, в частности для ультразвуковых волноводов. Применения ультразвуковых колебаний позволяет ускорить протекания физико-химических процессов, как в технологических процессах, так и в биологических средах. Важнейшим параметром, характеризующим, работу ультразвуковой колебательной системы является, амплитуда колебаний. В зависимости от рассматриваемого процесса амплитуда колебаний подбирается максимальной в определенном узком диапазоне частот при этом необходимо учитывать, что если амплитуда окажется слишком высокой это приведет к разрушению колебательной системы. В настоящее время для измерения амплитуды колебаний применяются как контактные, так и бесконтактные методы. В случае контактных методов измерительный датчик непосредственно контактирует с измеряемой поверхностью. Среди бесконтактных методов наибольшее распространение получили оптические методы.

Предлагается оптический способ визуализации ультразвуковых колебаний на основе микроскопа, цифровой видеокамеры и стробоскопического освещения. Стробоскопическое освещение с частотой в десятки кГц осуществляется с помощью быстродействующий инфракрасных светодиодов.

Предлагается микроскоп на основе комбинации из 4-х вогнутых и выпуклых линз и обеспечивает 55 кратное увеличение (рис.1).

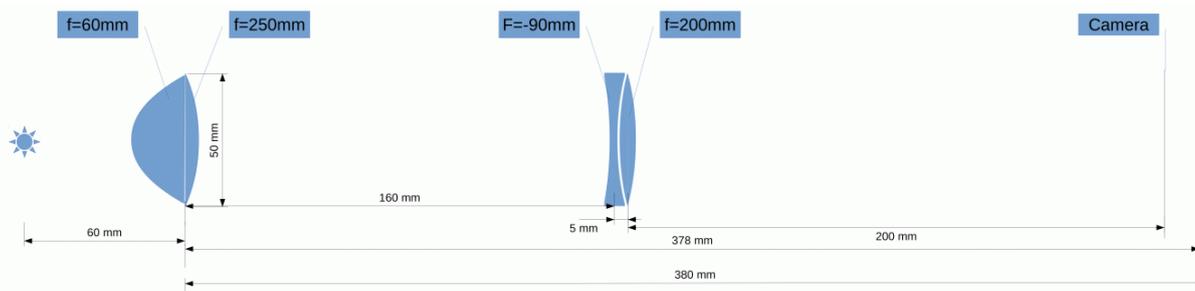


рис.1. Рассматриваемая конструкция микроскопа

Принцип работы основан на одном из главных оптических свойств света – преломлении световых лучей при прохождении границы сред с разными плотностями. С помощью стробоскопического освещения подсвечивается рассматриваемая область ультразвукового волновода. Отраженный от поверхности свет попадает на первую систему линз с фокусными расстояниями $f_1=60\text{mm}$ и $f_2=250\text{mm}$. Затем с помощью второй системы линз расположенных на расстоянии 160mm с фокусными расстояниями $f_3=-90\text{mm}$ и $f_4=200\text{mm}$ собирается и попадает на приемник оптического сигнала – матрицу цифровой видеокамеры расположенную на расстоянии 200mm , которая подключается к компьютеру и позволяет наблюдать колебания наконечника ультразвукового волновода в режиме реального времени. Общая длина рассматриваемой конструкции микроскопа составляет 380mm , и размещается в металлическом корпусе. Вся система располагается на расстоянии 60mm от наконечника ультразвукового волновода. Выбор линз с приведенными фокусными расстояниями позволяет, уменьшить общую длину конструкции, сохраняя при этом необходимое увеличение системы.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках проекта «Создание высокотехнологичного комплекса ультразвуковой хирургии» (Уникальный идентификатор проекта RFMEF157517X0163).

Список публикаций:

- [1] Макаров Л.О. // *Акустические измерения в процессах ультразвуковой технологии*. М: Машиностроение, 1983.
- [2] Leonov G. V., Khmelev V. N., Savin I. I., Abramenko D. S. // *Automation of the Amplitude Measurement Process of Ultrasonic Oscillatory Systems Irradiating Surface. International Workshops and Tutorials on Electron Devices and Materials EDM'2005. Workshop Proceedings. Novosibirsk. NSTU. 2005. pp. 64-67.*
- [3] Леонов Г.В., Хмелев В.Н., Савин И.И., Абраменко Д.С. // *Способ измерения амплитуды колебаний. Патент РФ №2292530. 2006.*
- [4] Хмелев В. Н., Абраменко Д. С., Барсуков Р. В., Генне Д. В. // *Контроль параметров ультразвуковых технологических аппаратов. Электронный журнал «Техническая акустика».* 2010. С. 1-13.

Research method detection human face in video streams

Nguyen The Cuong^{1,2}

Supervisor: Vladimir Ivanovic Stryamkin¹

1. Tomsk State University, 2. Vietnam Maritime University

cuongntit@vimaru.edu.vn

Human face recognition is a field of study in the field of computer vision. Face recognition methods are now divided into different directions according to different criteria. Research article on face detection techniques in video streams, using the OpenCV library.

Keyword: face detection, face recognize, feature based, feature extraction.

1. Introduction

The face recognition has a rich data source and requires less controlled interaction and can be found in real life as well as data on the net. It's method is also divided into several directions: Identification with input data is a 2D still image (is most popular), but the future will probably be 3D FR (because, if layout of many 2D cameras will give the data in kind of 3D and deliver better, more reliable results) can also be divided into two directions: to do with image data and to do with video data. In reality, people divide the face recognition methods into three categories: global approaches, such as Eigenfaces-PCA [1], Fisherfaces-LDA [2]), based on local feature based (LBP, Gabor wavelets [3]) and hybrids (a combination of two global and local features). Local-based methodologies have been proven to be superior in working under uncontrolled data conditions. It can be said that the development history of human face recognition is the development of selective extraction methods used in image feature extraction systems. Specific applications of face recognition are based on two identification models: identification (1-N problem), and verification (problem 1-1). In the identification problem, we need to determine the identity of

the test image, but in the verification problem, we need to determine whether the two images belong to the same person.

2. Phases in a face recognition system

To build a face recognition system, it is not easy. The first step is "face detection" - it means detecting the image in the input (image database, video ...) and cut the face to perform the identification. The second step is "image preprocessing" including image alignment and normalization (here we referring to straight-line images). The third step is "character selection". In this step, a method of extracting certain characteristics (LBP, Gabor wavelets, [4] ...) will be used with the facial image to extract image specific information. As a result, each image is represented as a feature vector; the next step is the identification or classification step. Identification or label of the image - that is the image of the one. At the classification step, usually the method k-nearest neighbor (k-NN) [5] will be used, in practice the use of Support Vector Machine [6]) does not bring worse results.

Data for a face recognition system is divided into 3 volumes: training set, reference set, and set for identification. In many systems, the training file is identical to the reference file. The training set consists of images used for training, usually used to generate a projection subspace as a matrix and the commonly used method is Principal Component Analysis (PCA) [7], Whitened PCA (WPCA), Linear Discriminant Analysis (LDA) [8], Kernel PCA (KPCA) [9]. The reference set includes known images that are projected onto the subtree at the training step. Training steps aim for two purposes: to reduce the dimension reduction of feature vectors because these vectors usually have large lengths (several thousand to several hundred thousand). very long. The second is to increase the discriminative between the different images class, in addition can reduce the distinction between images belong to a class (according to the method, the purse LDA, also known as Fisher Linear Discriminant Analysis, is a method of working with training sets where each object has multiple faces at different conditions. After making a reference reference to a subspace, the system saves the result as a matrix with each column of the matrix a vector corresponding to the image (known identifier) to perform the identification (or subclass). Identification is done with a set of probe images, after preprocessing, each image will be applied to the extracted feature (such as training and reference images) and projected into subspace. Next, the classifier will be based on the k-NN method. The identifier of an image that needs to be determined will be assigned the identifier of the image closest to it. Note that each image is a vector so it is possible to use the concept of distance function between two vectors to measure the difference between the images.

3. How to preprocess the image to face recognition

Once the image area is detected, you can use it to identify faces with the next image. However, if you were trying to simply perform face recognition directly on a normal photo, you would probably get less than 10% accuracy! It is extremely important to apply various image processing techniques before processing to standardize the images that you provide for a facial recognition system. Most facial recognition algorithms are extremely sensitive to light conditions, so if it is trained to recognize a person when they are in a dark room, then perhaps it wont recognize them in the a light room, etc. This problem is called "dependency lumination", and also many other problems, such as face should also be in a very suitable position in the image (such as eye is in the same pixel coordinates), suitable size, rotation angle, hair and makeup, emotions (smiling, angry, etc.), position of the lamp (left or top, etc.). This is why it is very important to use an image filter for processing before applying face recognition. You should also do things like remove the pixels around the face that are not being used, such as with an elliptical mask to show only the inner face area, not the hair and wallpaper, since they change a lot compared to no face. For simplicity, my face recognition system will show you that Eigenfaces uses grayscale images. So I will show you how to easily convert gray images, and then easily apply Histogram Equalization is a very simple method of automatic Standardize the brightness and contrast of your face mirror image. For better results, you can use face recognition colors (ideally with color chart accessories in HSV or a color space instead of RGB), or apply a variety of processing stages such as increased edge enhancement, border detection, motion detection, ... In addition, this code is resizing the image to a standard size, but this can change the aspect ratio of the face.

The pre-treatment steps are as follows:

- s1. If a color image is converted to a gray image;
- s2. Resizing an image is a suitable size, even if the scale changes.
- s3. Create fixed size images;

4. Use the library in OpenCV for face detection

The OpenCV library makes it quite easy to detect a face in front of an image using the Haar Cascade Face Detector [10] (also known as the Viola-Jones method). The function "cvHaarDetectObjects" in OpenCV performs real face detection, but the function is a bit tedious to use directly, so it is easiest to use this function: *Haarcascade_frontalface_default.xml*; *Haarcascade_frontalface_alt.xml*; *Haarcascade_frontalface_alt2.xml*; *Haarcascade_frontalface_alt_tree.xml*.

5. Conclusions and future research directions

The article shows the techniques that need to be performed to detect the face. When moving, faces can be varied in size or rotated in different directions. The next step is to make sure that the face can be corrected when not in the vertical direction (can be turned left, right, face up, bent down) and the person moving with fast speed.

References:

- [1] Christophoros Nikou. *Image Analysis PCA and Eigenfaces*. University of Ioannina - Department of Computer Science, URL: http://www.cs.uoi.gr/~cnikou/Courses/Image_Analysis/2011-2012/10_PCA_and_Eigenfaces_2spp.pdf, 2003.
- [2] Cheng-Yuan Zhang, Qiu-Qi Ruan. *Face Recognition Using L-Fisherfaces*. *Journal Of Information Science And Engineering* 26, 1525-1537. URL: http://www.iis.sinica.edu.tw/page/jise/2010/201007_23.pdf, 2010
- [3] Joost van de Weijer, Cordelia Schmid. *Coloring Local Feature Extraction*. *Conference Paper*, DOI: 10.1007/11744047_26. Publisher: 0302-9743. URL: https://www.researchgate.net/figure/Overview-of-a-local-feature-based-method-divided-in-a-feature-detection-and-a-feature_fig1_221304835, 2006.
- [4] David Barina. *Gabor Wavelets in Image Processing*. URL: <https://arxiv.org/abs/1602.03308>, 2016.
- [5] Salvador Garcia, Joaquin Derrac ; Jose Cano ; Francisco Herrera. *Prototype Selection for Nearest Neighbor Classification: Taxonomy and Empirical Study*. Published in: *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (Volume: 34)*, 2012.
- [6] R. Berwick. *An Idiot's guide to Support vector machines (SVMs)*. *Village Idiot - Massachusetts Institute of Technology, USA*. URL: <http://web.mit.edu/6.034/www/bob/svm-notes-long-08.pdf>
- [7]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Principal_component_analysis
- [8]. Alaa Tharwat, Tarek Gaber, Abdelhameed Ibrahim, Aboul Ella Hassanien. *Linear discriminant analysis: A detailed tutorial - in AI Communications 30(2):169-190, with 23,752 Reads- DOI: 10.3233/AIC-170729*, 2017.
- [9] Quan Wang. *Kernel Principal Component Analysis and its Applications in Face Recognition and Active Shape Models*. Rensselaer Polytechnic Institute, 110 Eighth Street, Troy, NY 12180 USA, URL: <https://arxiv.org/pdf/1207.3538.pdf>, 2014
- [10] URL: https://docs.opencv.org/3.4.3/d7/d8b/tutorial_py_face_detection.html

Импедансные и направленные характеристики комбинированных антенн

Никкулин Леонид Сергеевич

Буянов Юрий Иннокентьевич, к.ф.-м.н

Национальный исследовательский томский государственный университет

leoniculin@yandex.ru

В последние годы в отечественной и зарубежной литературе все чаще используется термин “комбинированные излучатели”, под которыми понимаются антенны, представляющие собой комбинацию излучателей электрического и магнитного типов. Чаще всего такая комбинация используется для расширения полосы согласования антенны, однако при выполнении определенных условий комбинирование электрических и магнитных излучателей позволяет в достаточно широких пределах изменять форму диаграммы направленности или поляризационную характеристику антенн. Эти свойства полезно использовать при разработке антенных элементов фазированных антенных решеток с расширенными функциональными возможностями.

Чаще всего такая комбинация используется для расширения полосы согласования антенны. При совмещении ближних зон электрического и магнитного вибраторов поток реактивной мощности в фидере может быть сделан близким к нулю если выровнены запасы электрической и магнитной энергий. Если при этом плотности энергий электрического и магнитного вибратора будут одинаково зависеть от частоты, то условие согласования может быть выполнено в широкой полосе частот. Это происходит за счёт преобразования части электрической энергии в магнитную и наоборот при неизменном полном запасе энергии в объеме, окружающем антенну. Полоса согласования может превышать две октавы, если электрический и магнитный вибраторы ортогональны друг другу, имеют близкие резонансные частоты и их фазовые центры разнесены на определенное расстояние, не превышающее четверти длины волны.

Однако при выполнении определенных условий комбинирование электрических и магнитных излучателей позволяет в достаточно широких пределах изменять форму диаграммы направленности (ДН). Поле излучения комбинированной антенны, представляет собой суперпозицию полей диполя и магнитного диполя (роль которого может исполнять рамка). Форма результирующей диаграммы направленности определяется амплитудно-фазовыми соотношениями полей, излучаемых диполем и рамкой. Увеличение коэффициента усиления антенны в 2 раза можно обеспечить за счет формирования кардиоидной диаграммы направленности. Для этого необходимо чтобы совпадали фазовые центры диполя и рамки, расположенных в одной плоскости, а возбуждаемые диполем и рамкой поля должны быть синфазны и равны по амплитуде. Полоса пропускания такой комбинированной антенны не превышает 10%÷15%, поскольку фазовые соотношения между электрическими и магнитными токами, необходимые для формирования ДН, противоречат условию согласования в широкой полосе.

Для того чтобы комбинированная антенна излучала поле эллиптической поляризации, необходимо диполь совместить с осью рамки. Если при этом выровнять амплитуды полей, излучаемых рамкой и диполем, и обеспечить между ними сдвиг фаз $\pm 90^\circ$, то можно получить поляризацию правого или левого вращения близкую к круговой. Интервал частот, в котором коэффициент эллиптичности превышает 0.8, может достигать 10%.

Результаты исследования показали, что при определенных геометрических размерах и определенных

амплитудно-фазовых соотношениях токов вибратора и рамок возможно существенное расширение полосы согласования в сторону нижних частот, повышение направленности малогабаритных антенн и реализация антенн круговой поляризации левого или правого вращения.

Геолокационные исследования земных покровов

Милованов Кирилл Евгеньевич, Попов Александр Евгеньевич, Клоков Андрей Владимирович

Введение. В настоящее время, благодаря, техническому прогрессу и уменьшению стоимости, получили широкое распространение системы подповерхностного зондирования (георадары). Эти системы позволяют проводить подземные исследования в промышленных целях таких как поиск потерянных линий связи, контроль состояния труб водо и газоснабжения, обнаружения мин, подземных вод, поиск минеральных ресурсов, а также для археологических и исторических целей, т.е. поиск различного рода артефактов, не разрушая поверхностный слой земли [1]. В связи с этим нам нужно быстро и качественно обрабатывать данные полученные с использованием георадаров. Одним из основных методов, обработки данных, является фокусировка отраженных сигналов. В результате дифракции каждый точечный рассеиватель находящийся в однородной среде отображается в виде гиперболы. В этом случае истинное положение рассеивателя соответствует вершине гиперболы. Фокусировка перемещает отражения в их истинные позиции убирая эффект дифракции, тем самым увеличивая пространственное разрешение и позволяя получить изображение. Целью данной работы является изучение методов решения прямой и обратной задач и получение радио изображения на основе численного моделирования.

1 Прямая задача

В общем случае прямая задача состоит в определении распределения поля излучения заданных источников [2].

В качестве прямой задачи будем искать поле сосредоточенного источника в свободном пространстве. Расположим начало декартовой системы координат в середине вибратора и направим ось Z вдоль его оси. Если длина вибратора L , то произведение

$$IL = P$$

(электрический момент вибратора) при $|\kappa|L \rightarrow 0$ должно оставаться постоянным. Линейный вибратор при этом превращается в точечный, ток которого можно представить в виде δ - функции.

$$j(x, y, z, t) = j_z(x, y, z, t) = P\delta(x)\delta(y)\delta(z)e^{-i\omega t},$$

$$j_x = j_y = 0.$$

Поле такого вибратора удобно описывать электрическим векторным потенциалом \bar{A} , связанным с напряженностью поля соотношением:

$$\bar{H} = \text{rot}\bar{A}.$$

В нашем случае \bar{A} имеет только z -ую компоненту

$$A_x = A_y = 0,$$

$$A_z = A(x, y, z, t).$$

Функция $A(x, y, z, t)$ удовлетворяет уравнению колебаний:

$$\frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 A}{\partial z^2} - \epsilon_a \mu_a \frac{\partial^2 A}{\partial t^2} = -j = -P\delta(x)\delta(y)\delta(z)e^{-i\omega t}, \quad (1)$$

$$A(x, y, z, t) \rightarrow 0, \text{ при } x \rightarrow \pm\infty,$$

$$A(x, y, z, t) \rightarrow 0, \text{ при } y \rightarrow \pm\infty, \quad (2)$$

$$A(x, y, z, t) \rightarrow 0, \text{ при } z \rightarrow \pm\infty,$$

Возбуждаемое таким источником поле будет иметь ту же временную зависимость, так что можно записать:

$$A(x, y, z, t) = U(x, y, z)e^{-i\omega t}.$$

Тогда:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} + k_1^2 U = -P\delta(x)\delta(y)\delta(z),$$

$$\text{где } k_1^2 = \varepsilon_a \mu_a \omega_a.$$

С точностью до коэффициента P функция $U(x, y, z)$ совпадает с функцией Грина:

$$U(x, y, z) = PG(x, y, z).$$

Итак, функция $G(x, y, z)$ удовлетворяет уравнению

$$\frac{\partial^2 G}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 G}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 G}{\partial z^2} + k_1^2 G = -\delta(x)\delta(y)\delta(z). \quad (3)$$

В качестве граничных условий для функции $G(x, y, z)$ примем, учитывая условия (2), что на бесконечности ($|\vec{r}| \rightarrow \infty$) $G(\vec{r})$ вместе со своими производными обращается в ноль [3]. Для нахождения функции Грина применим преобразование Фурье по x, y, z . Обозначим:

$$G(K_x, K_y, K_z) = \iiint_{-\infty}^{\infty} G(x, y, z) e^{iK_x x + iK_y y + iK_z z} dx dy dz.$$

Преобразование Фурье производной $\frac{\partial^2 G}{\partial x^2}$ легко вычисляется интегрированием по частям с учетом граничных условий для G :

$$\begin{aligned} & \iiint_{-\infty}^{\infty} \frac{\partial^2 G(x, y, z)}{\partial x^2} e^{iK_x x + iK_y y + iK_z z} dx dy dz = \\ & \int_{-\infty}^{\infty} dx e^{iK_x x} \frac{d^2}{dx^2} \int_{-\infty}^{\infty} G(x, y, z) e^{iK_y y + iK_z z} dy dz = \int_{-\infty}^{\infty} e^{iK_x x} \frac{d^2}{dx^2} G(x, K_y, K_z) dx = -K_x^2 \int_{-\infty}^{\infty} G(x, K_y, K_z) e^{iK_x x} dx = \\ & -K_x^2 G(K_x, K_y, K_z). \end{aligned}$$

Записывая аналогично результаты преобразования других членов в уравнении (3) и учитывая, что:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(x) e^{iK_x x} dx = 1,$$

получим:

$$[K_1^2 - K_x^2 - K_y^2 - K_z^2] G(K_x, K_y, K_z) = 1.$$

Отсюда для трансформанты Фурье запишем

$$G(K_x, K_y, K_z) = -\frac{1}{K_1^2 - K_x^2 - K_y^2 - K_z^2}.$$

Функция Грина определится теперь обратным преобразованием Фурье:

$$G(x, y, z) = \frac{-1}{(2\pi)^3} \iiint_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{-i(K_x x + K_y y + K_z z)}}{K_1^2 - K_x^2 - K_y^2 - K_z^2} dk_x dk_y dk_z. \quad (4)$$

Выражение (3) является разложением функции Грина по плоским однородным волнам всевозможных длин и направлений. Распространение волн происходит в направлении вектора:

$$\vec{K}\{K_x, K_y, K_z\} - \text{длина этих волн,}$$

$$\Lambda = \frac{2\pi}{|\vec{k}|} = \frac{2\pi}{\sqrt{k_x^2 + k_y^2 + k_z^2}} - \text{амплитуда,}$$

$$M = \frac{1}{(2\pi)^3} \iiint_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{-i(\vec{k}\vec{r})}}{K_1^2 - k^2} (d\vec{k}), \quad (5)$$

$$\text{где } k = |\vec{k}| = \sqrt{k_x^2 + k_y^2 + k_z^2}.$$

Перейдем к сферической системе координат (k, θ, φ) , поскольку \vec{r} фиксировано (мы ищем $G(\vec{r})$), отсчет углов θ удобно вести от направления \vec{r} . Тогда

$$(\vec{k}\vec{r}) = kr \cos \theta; \quad (d\vec{k}) = k^2 \sin \theta \times dk d\theta d\varphi;$$

$$\begin{aligned} G(\vec{r}) &= \frac{-1}{(2\pi)^3} \int_0^{\infty} \frac{k^2 dk}{k_1^2 + k^2} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi} \sin \theta \times e^{-ikr \cos \theta} d\theta = \\ & \frac{-1}{(2\pi)^2} \int_0^{\infty} \frac{k^2 dk}{k_1^2 + k^2} \int_{-1}^1 e^{-ikrt} dt. \end{aligned}$$

(здесь сделана замена $t = \cos \theta$)

$$G(\vec{r}) = \frac{-1}{(2\pi)^3} \int_0^\infty \frac{\kappa d\kappa}{\kappa_1^2 - \kappa^2} \frac{e^{-i\kappa r} - e^{i\kappa r}}{-ir} = \frac{-1}{(2\pi)^2 ir} \left\{ \int_0^\infty \frac{e^{i\kappa r} \kappa d\kappa}{\kappa_1^2 - \kappa^2} - \int_0^\infty \frac{e^{-i\kappa r} \kappa d\kappa}{\kappa_1^2 - \kappa^2} \right\}.$$

Заменяя во втором интеграле κ на $-\kappa$, получим:

$$G(\vec{r}) = \frac{-1}{(2\pi)^2 ir} \int_0^\infty \frac{e^{i\kappa r} \kappa d\kappa}{\kappa_1^2 - \kappa^2}.$$

Считаем, что $\text{Im}\kappa_1 > 0$, предполагая тем самым сколь угодно малое поглощение в среде. Тогда интеграл легко вычисляется с использованием теории вычетов, и для $z > 0$ получаем:

$$G(\vec{r}) = \frac{e^{i\kappa_1 r}}{4\pi r}.$$

Эту функцию называют фундаментальным решением уравнения Гельмгольца в пространстве [4]. Таким образом, поле векторного потенциала, возбуждаемое точечным источником, представляет собой сферическую волну, фаза которой:

$$\text{Re}(\kappa_1 r),$$

а амплитуда:

$$\frac{P}{4\pi r} e^{-\text{Im}(\kappa_1 r)}.$$

Используя решение прямой задачи в виде функции Грина было смоделировано распределение поля от двух точечных источников. Параметры моделирования сигналов приведены в таблице 1. Положение рассеивателей (-0,5; 0,5) и (0,5; 1) метров.

Таблица 1. – Параметры моделирования

Длина трассы по X	4 м
Число точек зондирования вдоль X	512
Длина трассы по Z	4 м
Число точек зондирования вдоль Z	256

На рисунке 1 изображен сигнал от двух точечных источников в двумерном пространстве. Вершины гипербол указывают на точное расположение этих источников.

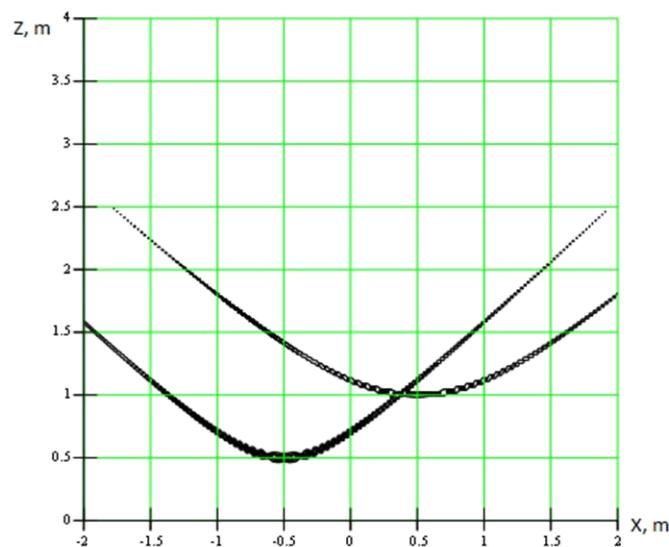


Рис. 1 – Промоделированный сигнал от двух точечных источников

На рисунке 2 представлен модуль промоделированного сигнала с отображением амплитуд в относительных единицах.

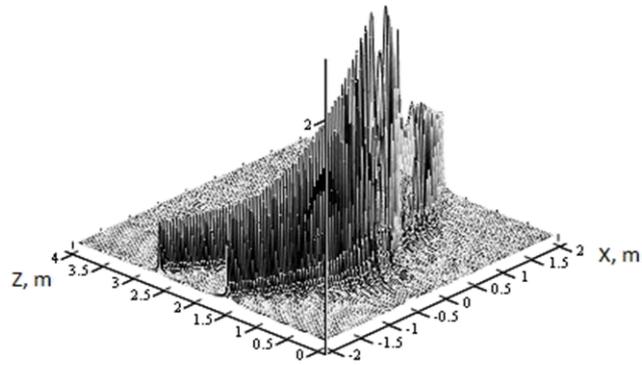


Рис. 2 – Объемное изображение смоделированного сигнала

2 Обратная задача

Фокусировка является одним из методов получения изображения. В более широком смысле она представляет собой способ, имеющий своей целью изучение внутренней структуры среды при наличии только граничных значений различных физических величин на поверхности этой среды [5]. Эта проблема охватывает различные области современной науки и человеческой деятельности, такие как геофизика, медицина, археология, материаловедение, исследование океанов и многие другие.

Подобные задачи находят свое применение в физике твердой Земли, в этом случае происходит исследование структур, имеющих размеры от нескольких сотен до тысяч километров. В сейсморазведке основным объектом для изучения являются верхние слои земной коры с целью нахождения гидрокарбонатных отложений, и размеры структур здесь не превосходят нескольких километров, а точность исследований составляет несколько десятков метров. В инженерной геофизике шкала размеров изучаемых структур составляет несколько сот метров. В медицине, а также в физике материалов размеры значительно меньше – от нескольких сантиметров, до нескольких микрометров [6].

Волны, распространяясь в средах и рассеиваясь на неоднородностях, затем регистрируются на поверхности, при этом они несут в себе информацию о строении среды. Волны могут быть акустическими, упругими, электромагнитными. Основное уравнение, описывающее распространение колебаний – волновое. Если мы имеем уравнение или систему уравнений, описывающих происхождение и распространение волн, зависящих от параметров среды, то мы можем поставить две задачи, в зависимости от того, какими данными (либо зарегистрированными на поверхности, либо параметрами среды) мы обладаем. В случае прямой задачи известными считаются физические параметры среды, условия на границах раздела и механизм источника, тогда можно рассчитать значения волнового поля. Эти проблемы решаются при помощи уравнений с частными производными. При этом часто используется термин моделирование. Такая постановка вопроса и общее решение поставленной задачи является одинаковым для различных разделов физики, таких как акустика, динамика жидкостей, электродинамика и динамика упругих тел.

Вторая задача – обратная. В этом случае имеются данные о волновом потоке, зарегистрированные на поверхности уже после его взаимодействия со средой. Обычно при этом имеется дополнительная информация о параметрах среды, но она не является полной. Задача решается с целью получения значений физических параметров среды и поверхностей разрыва этих параметров, называемых границами раздела среды.

В результате дифракции каждый точечный рассеиватель находящийся в однородной среде отображается в виде гиперболы. В этом случае истинное положение рассеивателя соответствует вершине гиперболы. Фокусировка перемещает отражения в их истинные позиции убирая эффект дифракции, тем самым увеличивая пространственное разрешение и позволяя получить изображение [7].

Каждый отраженный импульс проходит расстояние $R(t_n)$, как показано на рисунке 3, и имеет время задержки.

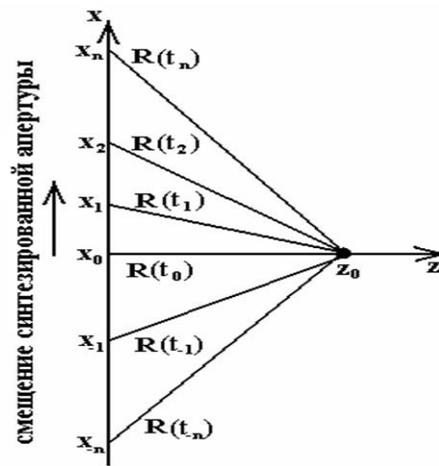


Рис. 3 – Различные пути отраженного сигнала от цели в разных точках зондирования

Мы можем вычислить расстояние и время задержки, используя теорему Пифагора:

$$R(t_k) = \sqrt{z_0^2 + (x_0 - x_k)^2}.$$

Выразив из этого уравнения z_0 получим:

$$z_0^2 = R(t_k)^2 - (x_0 - x_k)^2.$$

Это уравнение гиперболы определяет z_0 , т.е. дальность или глубину залегания объекта:

$$z_0 = \sqrt{(t_k c)^2 - (x_0 - x_k)^2}.$$

В трёхмерном случае мы можем получить следующее выражение:

$$z_0 = \sqrt{(t_k c)^2 - (x_0 - x_k)^2 - (y_0 - y_k)^2}.$$

Метод дифракционного суммирования основан на суммировании амплитуд вдоль гиперболы и заключается в следующем. Производится последовательное сканирование точек рассеяния в среде и для каждой точки определяется форма дифракционной гиперболы, которая рассчитывается как время задержки рассеянного импульса, в зависимости от положения зондирующей системы. Следующий шаг состоит в суммировании измеренного сигнала по дифракционной гиперболе:

$$S(R_F) = \sum_j S(t = \frac{2|R_j - R_F|}{c}).$$

Множитель два в этом уравнении показывает, что сигнал проходит путь дважды: от антенны до цели и обратно. Если в точке фокусировки присутствует реальная неоднородность, то отклик будет тем заметнее, чем больше неоднородность. Если объекта в текущей точки нет, то результат суммирования будет минимальный.

На рисунке 4 изображена фокусировка двух точечных источников.

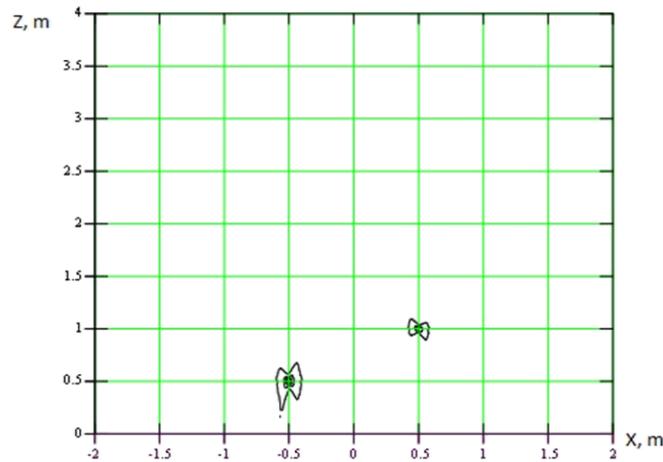


Рис. 4 – Фокусировка сигнала методом дифракционного суммирования

Объемное представление сфокусированного сигнала от двух точечных неоднородностей показано на рисунке 5.

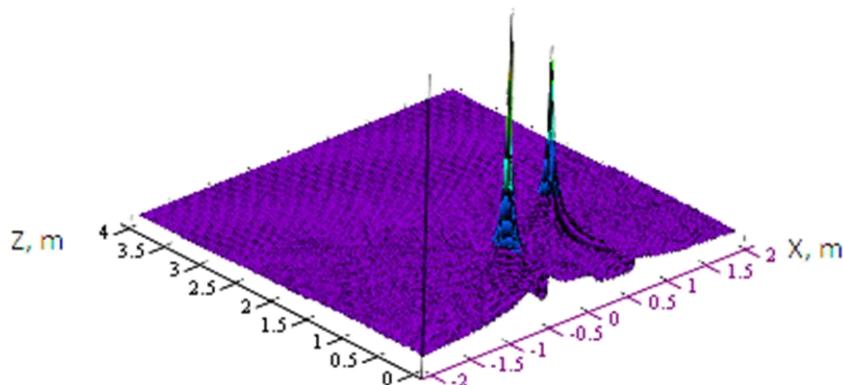


Рис. 5 – Двумерное изображение сигнала

Мы показали теоретические основы методов решения прямой и обратной задач.

Результаты моделирования данных демонстрируют возможность осуществления фокусировки с использованием метода дифракционного суммирования. Вычислительная сложность данного метода заключается в том, что программе требуется значительное время на обработку заданной области.

В заключение хотелось бы отметить, что результаты демонстрируют возможность выполнения полного трехмерного восстановления подповерхностного изображения методом фокусировки.

Список публикаций:

Знаменский В. В. *Общий курс полевой геофизики: учебник* / В. В. Знаменский. – М.: Недра, 1989. – 520 с.

Stolt R.H., *Migration by Fourier transform* / R.H. Stolt // *Geophysics* 1978. 43. No. 1. P. 23–48.

Klokov A., Sato M. *Comparison between the method of diffraction summations and Stolt migration* / A. Klokov, M. Sato // *Proc. of the 123rd SEGJ*. 2010. P. 168–171.

Yilmaz Oz, *Seismic Data Analysis: processing, inversion, and interpretation of seismic data*. 2001.

Зеленков А. В. *Выбор метода миграции для обработки сигналов подповерхностной радиолокации* / А. В. Зеленков, С. А. Зеленков. // *Электроника и электротехника*. – Каунас: Технология, 2004. – № 3. – С. 41–46.

Боганик Г. Н. *Сейсморазведка* / Н. Г. Боганик, И. И. Гурвич. – Тверь.: Изд-во ГЕПС, 2005. – 600 с.

Воскресенский Ю. Н. *Построение сейсмических изображений: учеб. пособие для вузов*. / Ю. Н. Воскресенский. – М.: РГУ нефти и газа, 2006. – 116 с.

Фазированные решётки ультразвуковых излучателей управляемые бинарными сигналами

Дмитрий Яковлевич Суханов,

Емельянов Федор Сергеевич, Росляков Сергей, Сивков Евгений Константинович

Томский государственный университет

sdv@mail.tsu.ru

Для обеспечения ультразвуковой левитации необходимо управление ультразвуковым полем с высокой точностью [1]. Благодаря фокусировке излучения от множества излучателей возможно обеспечить высокие амплитуды поля в заданной области пространства [2]. Разработана система 64 канального усилителя с цифровым управлением микроконтроллером STM32F407 для системы фазированных решёток, облучающих область ультразвуковой левитации частиц. Генерирование ультразвукового сигнала осуществляется бинарными выходами микроконтроллера, по сути реализован 64-канальный 1-битный ЦАП. Бинарные сигналы проходят через полосовой фильтр, что позволяет получить почти синусоидальные сигналы, которые подаются на усилители TDA7297 (используется 32 штуки двухканальных микросхем). Данная схема позволяет управлять частотой и фазой излучаемого сигнала, что должно быть достаточно для горизонтальной системы поддержания левитации.

На рис.1 представлена фотография разработанного блока генерирования и усиления 64-х ультразвуковых сигналов с управляемой фазой.

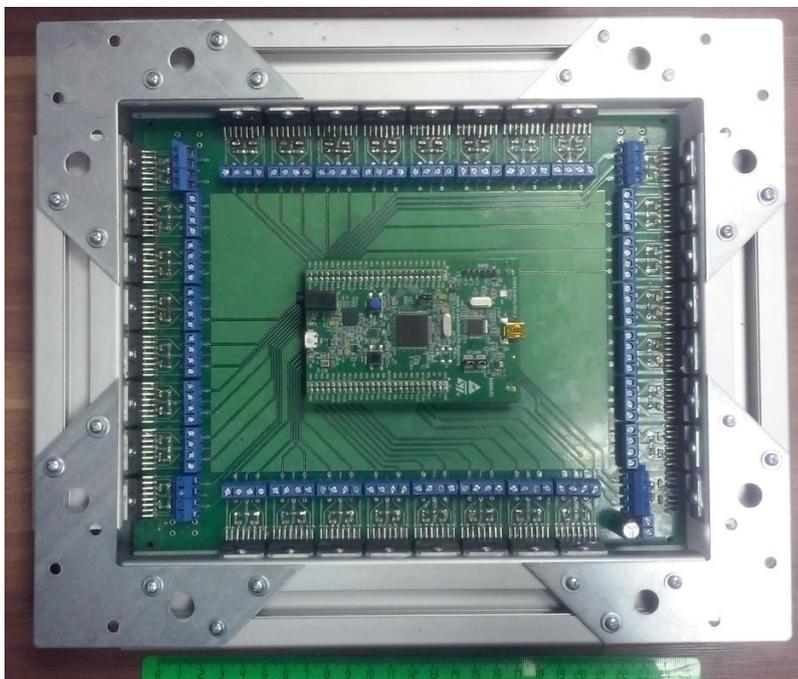


рис.1. Многоканальный блок генерирования и усиления ультразвуковых сигналов

По периметру платы установлены алюминиевые радиаторы для охлаждения усилителей. Система усилителей подкачается к 4-м решёткам ультразвуковых излучателей, каждая из которых содержит 320 излучающих элемента. В решётке излучателей элементы расположены в 16-тирядах по 20 штук. Элементы одного ряда подключаются параллельно и управляются общим сигналом. Таким образом, фазы в решетке управляются только для разных рядов, что обеспечивает фокусировку поля в одной плоскости, а в ортогональной плоскости формируется плоская волна.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 17-79-20051.

Литература:

- [1] Горьков Л.П. О силах, действующих на малую частицу в акустическом поле в идеальной жидкости// Доклады академии наук СССР. 1961, том 140 №1. С. 88-91.
- [2] Б. П. Шарфарец. Радиационное давление при рассеянии произвольного поля на включении сложной формы // Акустический журнал, 2010, том 56, № 6, с. 767-772

Метод теоретического исследования нестационарного электромагнитного излучения плоской реконфигурируемой апертуры

Пономарева Марина Анатольевна

Беличенко Виктор Петрович

Национальный исследовательский Томский государственный университет

maponomareva@inbox.ru

Интерес к теоретическому и экспериментальному изучению свойств нестационарного излучения плоскостных распределений токов проявляется уже достаточно продолжительное время. Так, например, в работе [1] в рамках приближенного метода решалась задача о создании высоких значений плотности потока энергии в направлениях близких к оси симметрии кольцевого источника излучения. В экспериментальной работе [2] отмеченный эффект был подробно проанализирован при изучении очень мощного излучения кольцевых источников больших размеров. Причем при проведении предварительного теоретического рассмотрения авторы этой работы сначала использовали соотношения работы [1], но затем (по-видимому, не удовлетворившись приближенным характером этих соотношений) дополнительно осуществили более точные расчеты параметров поля при помощи известного электромагнитного кода “Карат”.

Отмеченные выше обстоятельства побудили нас разработать [3] простой по своей сути метод точного решения задачи, рассмотренной в [1]. А в последующем успешно распространить этот метод на задачу об излучении плоской синхронно возбуждаемой круговой апертуры произвольно изменяющимся во времени током [4]. Родственным нашему подходу оказался и подход, использованный в [5] при исследовании нестационарного излучения зеркальных антенн. Однако в этой работе анализ проводится, преимущественно, в скалярном приближении и касается только импульсных характеристик зеркальных антенн.

В данной работе мы показываем, что метод, изложенный нами в работе [4], удобен при изучении характеристик нестационарного излучения плоских реконфигурируемых специальным образом апертур. В рамках примененной реконфигурации мы рассматриваем вопрос о локализации излучения в заданном направлении в условиях частичного использования излучающей апертуры (рисунок 1, слева; Q – проекция

точки наблюдения на плоскость xOy); в условиях изменения пространственного положения этой точки (рисунок 1, по центру), а также при более сложном характере реконфигурирования апертуры (рисунок 1, справа).

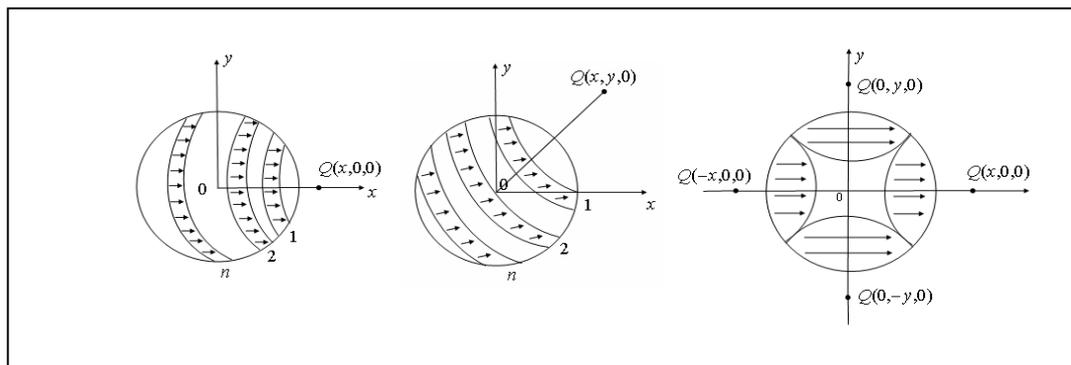


рис. 1. Варианты реконфигурирования источника нестационарного излучения в виде плоской круговой апертуры

Список публикаций:

- [1] Афанасьев Ю.В., Климов В.В., Феоктистовы А.Л., Феоктистов Л.П. Излучение быстробывающего кольцевого тока // ЖЭТФ. 1992. Т. 101. Вып.4. С. 1118-1131.
- [2] Лебедев Е.Ф., Остаев В.Е., Петров С.Р. и др., Измерение и верификация параметров импульсного электромагнитного излучения кольцевого тока большого диаметра // Журнал технической физики. 2000. Т. 70, Вып. 6. С. 84-89.
- [3] Беличенко В.П., Пономарева М.А. Простой метод решения задачи о нестационарном излучении кольцевых и дисковых излучателей // Изв. вузов. Физика. 2012. Т. 55. № 8/2. С. 33-34.
- [4] В.П. Беличенко, М. А. Пономарева. Рациональные методы решения канонических задач нестационарной электродинамики. Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2017. №8. Режим доступа: <http://jre.cplire.ru/jre/aug17/2/text.pdf>
- [5] Скулкин С.П. Методы расчета пространственно-временных характеристик сверхширокополосных апертурных антенн: дис. ... доктора физ.-мат. наук. ФГАОУ ВО "Нижегородский государственный университет имени Н.И.Лобачевского", Нижний Новгород 2016.

Ультразвуковой волновод с пьезокерамическим элементом

Дмитрий Яковлевич Суханов

Ангела Евгеньевна Кузорова

Томский государственный университет

sdv@mail.tsu.ru

Ультразвуковые волноводы применяются в технологиях ультразвуковой сварки [1-2], резки различных материалов [3-5], дробления [2], а также применяются в хирургии [6-7]. Однако при разработке ультразвуковых инструментов для медицины нужно учитывать специфику области применения. В частности оценить биологическое действие ультразвука на живую ткань и возможность получения требуемого биологического эффекта и требования врача к ультразвуковым инструментам: длительность непрерывной работы, надежность и эффективность, вес, нагрев, удобство в эксплуатации. В медицине применяются чаще всего ультразвуковые волноводы с рабочей частотой от 20 до 44 кГц. Уже существуют технологии расчёта и изготовления ультразвуковых инструментов с различными особенностями применения [8-10]. Существуют два основных способа возбуждения ультразвуковых колебаний: на основе магнестрикционного эффекта [11] и на основе пьезоэффекта [12]. Ультразвуковые волноводы на основе пьезоэлементов, как правило, показывают больший коэффициент полезного действия [12]. Волноводы выполняются в виде тел вращения переменного диаметра со ступенчатыми, коническими или экспоненциальными переходами [8,13-14]. Наиболее выгодными в отношении возможности получения значительных амплитуд смещений при малой нагрузке являются ступенчатые волноводы, у которых коэффициент усиления амплитуды равен отношению площадей входного и выходного сечения. Особенно перспективными являются волноводы с плавными, экспоненциальными или радиальными переходами. Наличие переходного экспоненциального участка уменьшает концентрацию напряжений и обеспечивает более благоприятные условия для распространения ультразвуковых колебаний, улучшает прочностные свойства. Кроме того, наличие экспоненциального участка позволяет трансформировать нагрузку без существенного изменения резонансного режима колебательной системы. Пьезоэлементы собираются в пакеты Ланжевена [15], что позволяет кратно их количеству, увеличить амплитуду колебаний всего пакета. Пакеты Ланжевена соединяются с ультразвуковым резонатором с помощью болтовой стяжки [16] или стакана [15]. Одной из проблем ультразвуковых инструментов на основе волноводов с пакетом Ланжевена является перегрев пакета или его разрушение вследствие деформации. Предлагается принцип построения ультразвукового инструмента на основе волновода и пакета Ланжевена с болтовой стяжкой с оптимизацией точки крепления болта и длины отражателя. Вместе с этим предлагается рассмотреть применение cos переходов в форме волновода.

Была рассмотрена модель ультразвукового волновода (рис. 1), стоящая из отражателя, пьезоэлемента и рабочей части. Для каждого участка было записано уравнение Гельмгольца, а на стыках разнородных материалов были записаны соответствующие граничные условия, сшивающие сдвиги и первые производные сдвига. В результате решения системы дифференциальных уравнений была получена математическая модель ультразвукового инструмента, позволяющая оценить резонансные частоты и подобрать оптимальную длину отражателя для максимизации амплитуды колебаний рабочей части.

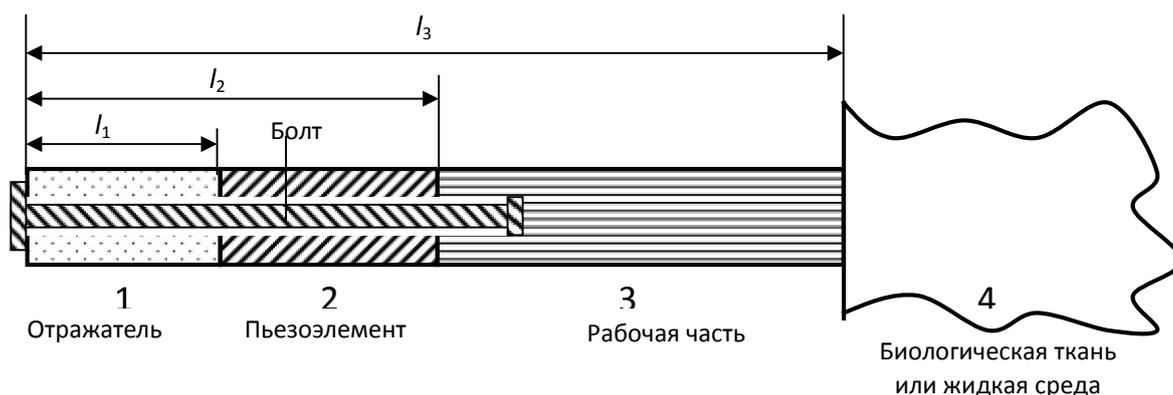


рис.1. Рассматриваемая конструкция составного волновода

Точка крепления болта в рабочей части, была выбрана таким образом, чтобы её смещение относительно внешней границы отражателя было нулевым на рабочей частоте. Таким образом обеспечивается минимальная деформация стягивающего болта в процессе работы инструмента и энергия колебаний преимущественно направляется в рабочую часть.

Было проведено численное моделирование ультразвукового инструмента в системе COMSOL, которое показало близкие резонансные частоты с аналитической моделью. На рис. 2. представлено изображение продольного сдвига алюминиевого волновода на частоте 23750 Гц.

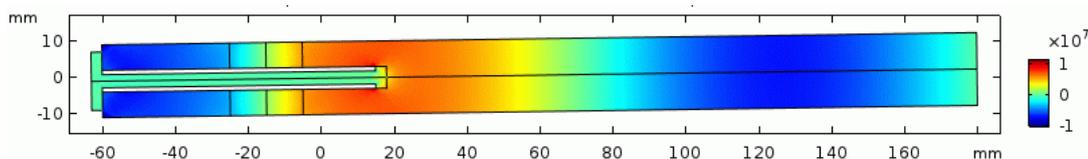


рис.2. Отклонение в продольном направлении на частоте 23750 Гц по результатам численного моделирования волновода в среде COMSOL для цилиндрического волновода

После изменения формы волновода на плавный переход в виде cos функции, произошло незначительное изменение резонансных частот. Рассматриваемая резонансная частота сместилась на 25250 Гц. На рис. 3 показано продольное отклонение алюминиевого волновода на данной частоте.

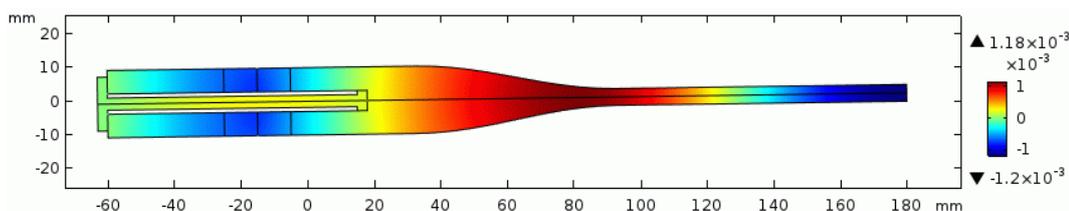


рис.2. Отклонение в продольном направлении на частоте 25250 Гц по результатам численного моделирования волновода в среде COMSOL для волновода с cos(x) переходом

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках проекта «Создание высокотехнологичного комплекса ультразвуковой хирургии» (Уникальный идентификатор проекта RFMEF157517X0163).

Список публикаций:

- [1] Гершгал Д.А., Фридман В.М // Ультразвуковая аппаратура. М: Энергия, 1976. – 320с.
- [2] Донской А.В., Келлер О.К., Кратыш Г.С.// Ультразвуковые электротехнологические установки. Л: Энергия, 1982. – 188с.
- [3] Северденко В.П., Клубович В.В.// Применение ультразвука в промышленности. Минск: Наука и техника, 1967.
- [4] Лебедева Д.А., Новиков А.А. // Определение эффективности использования ультразвука для резания пластмасс и контроль качества поверхности. Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее в 4 т.: Т.1/Томский политехнический университет. – Томск: изд-во Томского политехнического университета. – 2013. – С. 121 – 124.

- [5] Лебедева Д.А., Новиков А.А. // *Определение эффективности использования ультразвука для резания высокопрочного полиэтилена используемого в протезировании. Современные технологии и управление в энергетике и промышленности* : отв. ред. В.Н. Горюнов. – Омск :Изд – во ОмГТУ, 2012. – С. 195–198.
- [6] Graham P. G., Hashmi M.S.J., Finbar Dolan, Garrett B. McGuinness. // *An acoustic fluid-structure simulation of a therapeutic ultrasound wire waveguide apparatus. II International conference on computational bioengineering* p.14-16, 2005.
- [7] Gossot D., Buess G., Cuschieri A., Leporte E., Lirici M. // *Ultrasonic dissection for endoscopic surgery. Surgical Endoscopy* 1999.
- [8] Хмелев В.Н., Левин С.В., Хмелев С.С., Цыганок С.Н. // *Определение оптимальной формы излучающей поверхности многополудолновых рабочих инструментов. Южно-сибирский научный вестник.* 2013. № 2. С.42.
- [9] Амброзевич Е.Г. // *Разработка технологии и оборудования для ультразвуковой сварки и антимикробной обработки брюшины в условиях перитонита: Дисс. канд. техн. наук.– М., 1982.–228с.*
- [10] Квашин С.Е., *О проектировании ультразвуковых низкочастотных колебательных систем для хирургии. Актуальные вопросы создания биотехнических систем.* М., изд–во АМТН. 1997. №2. С. 160–168.
- [11] Кикучи Е., // *Ультразвуковые преобразователи.* М: МИР. 1972. – 424с.
- [12] Квашин С.Е. // *Исследования амплитудно–частотных характеристик медицинских ультразвуковых пьезопреобразователей продольных колебаний. Конверсия.*1997. №10.С. 30–31.
- [13] Stepanenko D. A., Minchenya V. T. // *Modeling of flexible waveguides for ultrasonic vibrations transmission: Longitudinal and flexural vibrations of non-deformed waveguide. Ultrasonics.* 2010. №50. P. 424 – 430.
- [14] Новик А. А. // *Применение метода конечных элементов для расчета составных осесимметричных ультразвуковых волноводов. Известия сбгэту « Лэти ».* 2007. С.25-31.
- [15] Квашин С.Е. // *Ультразвуковые электроакустические преобразователи и волноводы-инструменты для медицины.* М.: МГТУ, 1999.С.51
- [16] Хмелев В.Н., Цыганок С.Н., Демьяненко М.В., Левин С.В. // *Влияние стягивающих и соединительных шпилек на параметры преобразователя Ланжевена. Южно-сибирский научный вестник.*2003.№3.С.67-71.

Антенная система сверхширокополосного скважинного радара на основе электрического диполя с резистивными нагрузками

Балзовский Евгений Владимирович

Буянов Юрий Иннокентьевич, Кошелев Владимир Ильич

Институт сильноточной электроники СО РАН

koshelev@lhfe.hcei.tsc.ru

При бурении разведочных скважин важной задачей является определение диэлектрических свойств насыщенных нефтью пластов или положения заполненных водой полостей. Также необходимо определять границы пород повышенной твердости для предотвращения соприкосновения с ними бурового инструмента. Благодаря высокой разрешающей способности применение сверхширокополосных (СШП) электромагнитных импульсов позволяет измерять параметры среды, через которую проходит буровой инструмент, и определять наличие и положение неоднородностей вблизи скважины. Известны конструкции СШП скважинных радаров, в которых передатчик и приемник находятся в одном диэлектрическом корпусе-зонде и при зондировании среды на отражение перемещается на заданное расстояние [1]. Приемник и передатчик могут находиться также в разных скважинах, что позволяет осуществлять исследование среды «на просвет» [2].

Для увеличения дальности зондирования СШП скважинного радара перспективным является использование полупроводниковых генераторов импульсов нано- и субнаносекундной длительности с амплитудой несколько киловольт. При таких напряжениях антенны приемника и передатчика должны быть разнесены в пространстве и должны быть приняты меры по защите приемного тракта от попадания мощного импульса излучения. Благодаря минимуму в диаграмме направленности дипольных антенн в осевом направлении, выбор соосных диполей в качестве антенн такого радара уменьшает влияние высоковольтного импульса излучения на приемный тракт. В данной работе рассматривается антенная система макета СШП скважинного радара, предназначенного для работы в среде с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 4$ при зондировании короткими импульсами с частотным спектром 0,25-1 ГГц. В качестве источника импульсов применен генератор импульсов с длительностью на полувывоте 0,8 нс амплитудой 2,5 кВ и частотой повторения до 10 кГц. Нагрузка для данного генератора должна иметь сопротивление 50 Ом на низких частотах и по постоянному току, что определило особенности построения антенной системы скважинного радара.

Антенна скважинного радара представляет собой диполь с расширенной полосой пропускания. Плечи диполя 1 и 2 (рис. 1) имеют цилиндрическую форму с конической центральной частью. Длина диполя 135 мм. Внутренняя жила питающего коаксиального кабеля типа RG213 присоединена к плечу 1, оплетка кабеля присоединена к плечу 2. Для уменьшения частотной зависимости входного импеданса диполя его поперечные размеры увеличены за счет металлических ребер 3. Все пространство между торцевыми пластинами 4 и 5 заполнено диэлектриком с $\epsilon = 3,5$. Для расширения полосы согласования в область низких частот торцевые пластины 4 и 5 диполя соединены друг с другом четырьмя металлическими стержнями 6 с последовательно включенными резисторами 7 и 8 номиналом 100 Ом. Стержни и ребра образуют отрезки полосковых линий, выбор диаметра стержней и расстояния до ребер и цилиндрической поверхности плеч диполя позволил улучшить согласование антенны в диапазоне 0,5-1 ГГц.

Для уменьшения влияния токов, наводимых на внешней поверхности трубки 9, в которой размещен коаксиальный кабель, применены запирающие стаканы 10 в виде короткозамкнутых отрезков коаксиальных линий длиной 125 мм с волновым сопротивлением 95 Ом, расположенных на расстоянии 30 мм друг от друга и от торца 4 диполя. Внешний диаметр антенны равен 64,5 мм, длина с учетом трех запирающих стаканов составляет 620 мм. Антенны размещаются в стеклопластиковой трубе 11 с $\epsilon = 4,6$ и толщиной стенки 27 мм.

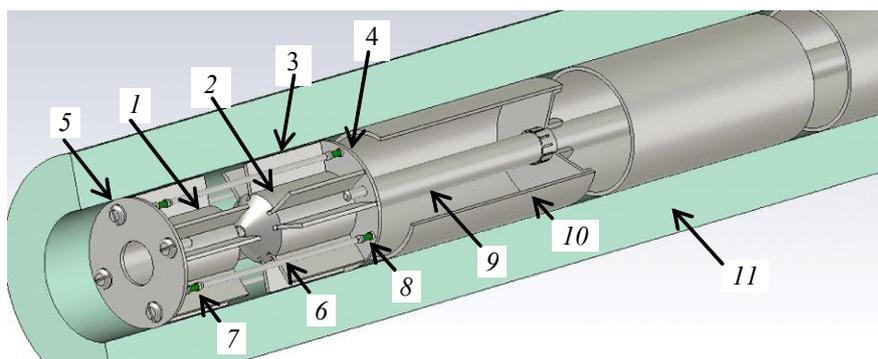


рис.1. Конструкция антенной системы скважинного радара

Характеристики антенной системы измерены с помощью стенда, моделирующего скважину. Антенны располагались горизонтально в стеклопластиковой трубе по оси деревянной емкости, заполненной увлажненным песком. Внутренние размеры емкости: длина 2 м, высота и ширина 1,2 м. По изменению задержки распространения импульсов излучения определена диэлектрическая проницаемость $\epsilon = 3,9$ модельной среды. На рис. 2 приведен коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) помещенной в среду антенны, который был измерен как в частотной области с помощью векторного анализатора цепей (кривая 1), так и во временной области по соотношению спектров отраженного от антенны импульса и подаваемого низковольтного импульса генератора (кривая 2). Там же приведен расчетный КСВН антенны (кривая 3).

Форма импульса на выходе генератора приведена на рис. 3 (кривая 1). Временная зависимость напряженности электрического поля, создаваемого передающей антенной на боковой поверхности емкости со средой, измеренная с помощью СШП резистивного диполя [3] приведена на рис. 3 (кривая 2), там же (кривая 3) приведен результат моделирования поля в безграничной среде с $\epsilon = 4$ на расстоянии 0,6 м от антенны. Действующая длина резистивного диполя равна 0,3 см в диапазоне 0,2-1,8 ГГц, искажения формы регистрируемых импульсов не превышают 24% по сравнению с эталонной ТЕМ-антенной. Расчетные диаграммы направленности (ДН) антенны в среде приведены на рис. 4. Максимум ДН перпендикулярен оси антенны в диапазоне частот 0,25 – 0,9 ГГц, на более высоких частотах ДН искажается.

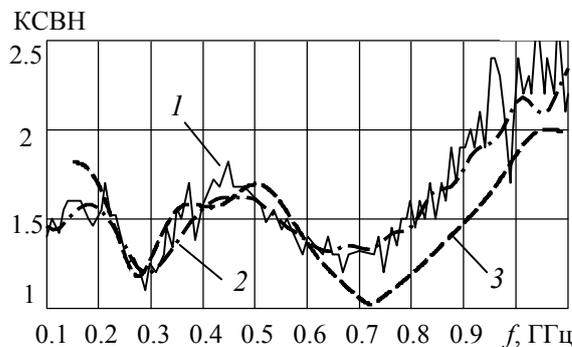


рис. 2. КСВН антенны. 1 – измерения в частотной области, 2 – измерения во временной области, 3 – расчет

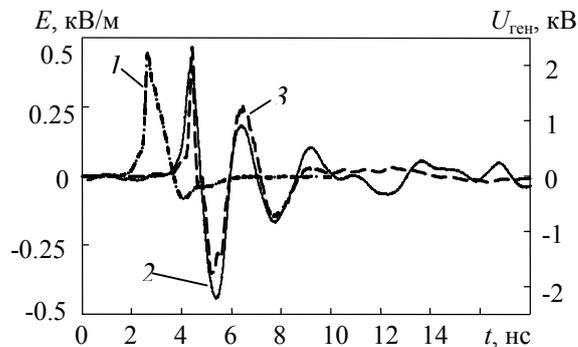


рис. 3. Импульс генератора (1); измеренное (2) и расчетное (3) поле излучения антенны

Расчетные диаграммы направленности (ДН) антенны в среде приведены на рис. 4. Максимум ДН перпендикулярен оси антенны в диапазоне частот 0,25 – 0,9 ГГц, на более высоких частотах ДН искажается.

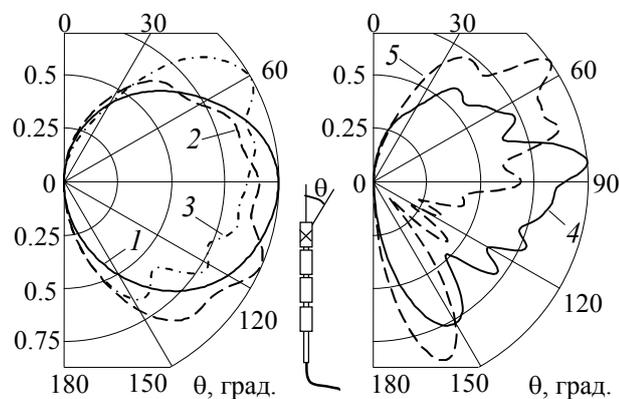


рис. 4. Расчетные ДН антенны. 1 – 0,25 ГГц; 2 – 0,4 ГГц; 3 – 0,6 ГГц; 4 – 0,9 ГГц; 5 – 1 ГГц

Разработана и исследована антенная система сверхширокополосного скважинного радара на основе диполя с резистивными нагрузками, предназначенная для зондирования среды импульсами наносекундной длительности. При возбуждении антенны монополярным импульсом напряжения длительностью 0,8 нс на полувысоте и амплитудой 2,5 кВ пиковая напряженность поля на расстоянии 60 см от оси диполя составила 450 В/м.

Список публикаций:

[1] Boger M., Glasmachers A. // Proc. IWAGPR. 2013.

[2] Zhou H., Sato M. // IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing. 2004. V. 42, № 2. P. 335.

[3] Балзовский Е. В., Буянов Ю. И., Кошелев В. И. // РЭ. 2004. Т. 49. №4. С. 460.

Ближнее поле: что ты таишь в своём названии?

Беличенко Виктор Петрович

Якубов Владимир Петрович, Запасной Андрей Сергеевич

Национальный исследовательский Томский государственный университет

E-mail: bvp@mail.tsu.ru

Быстрое развитие технологий оптического и сверхвысокочастотного ближнепольного зондирования [1], локализации различных объектов в реальном масштабе времени на основе многокурсного приема достаточно низкочастотного электромагнитного излучения [2], а также технологии индукционной связи и идентификации [3], стимулировали значительный интерес к исследованиям структуры распределения и динамики движения электромагнитной энергии в ближней зоне излучателей различного вида. Уже это обстоятельство подчёркивает известную родственность проблем, свойственную перечисленным выше технологиям.

Следует отметить, что само понятие «ближнее поле» зачастую трактуется по-разному. Так, например, в [4] отмечается наличие порядка 20 определений ближней зоны. Тем не менее, с точки зрения электродинамики наиболее обоснованными следует признать, по-видимому, оценки для размеров ближней зоны источника монохроматического электромагнитного излучения, приводимые в [2, 4, 5]. Вместе с тем, следует и подчеркнуть, что указанные оценки тесно увязываются с направленностью осуществляемых исследований.

С общей точки зрения, наиболее содержательная оценка структуры ближней зоны может быть дана с использованием концепции K – пространства [6]. Авторы работы предприняли попытку выяснения роли таких факторов, как размеры и геометрия излучателя, вид поляризации тока возбуждения, тип возбуждения в формировании основных электродинамических характеристик излучателя. Отдельно была затронута проблема согласования излучателей при их объединении в коллективные структуры, в частности, фазированные антенные решетки. К числу наиболее важных результатов следует отнести полученное спектральное разложение поля произвольного распределения электрических и магнитных токов. Оно позволило установить, что в пространстве волновых векторов (K -пространстве) возможно совершенно точное, в отличие от обычного физического пространства, разделение электромагнитного поля на ближнее и дальнее.

Оказалось, что вклад в поле излучения дает только спектральная плотность поперечного тока, определенная на сфере Эвальда (сфера радиуса ω/c в K -пространстве); интегрирование с соответствующим весом спектральной плотности поперечного тока по объему внутри сферы Эвальда дает положительный вклад в реактивную мощность, а внешняя по отношению к этому объему область K -пространства вносит отрицательный вклад в реактивную мощность. Спектральной плотностью продольных токовых распределений всего K -пространства формируется отрицательная реактивная мощность, которая связана с потенциальным кулоновским полем. В силу зависимости радиуса сферы Эвальда от частоты и вида спектральной плотности токового распределения может преобладать одна, либо другая часть реактивной мощности, влекущая за собой изменение знака этой мощности.

Помимо затронутых вопросов в докладе обсуждаются концепция каузальной поверхности, аномально малое затухание, фазовое замедление и фазовая скорость в ближней зоне излучателя. Проводится анализ поведения фазы поля в пределах ближней зоны излучателя. При этом отмечается наличие фазового перехода в фазовом состоянии поля, который имеет черты фазового перехода второго рода. Доклад завершается изложением новой (отличной от традиционной) трактовки понятия скин-слой вблизи границы хорошо проводящей среды.

Список публикаций:

- [1] Новотный Л., Хехт Б. Основы нанооптики. Пер. с англ / Под ред В. В. Самарцева. М.: Физматлит, 2009. 484 с.
- [2] Schantz H., Fluhler J. // *Proceedings of The European Conference on Antennas and Propagation: EuCAP 2006 (ESA SP-626). 6-10 November 2006. Nice. France.*
- [3] Электронный ресурс [https://ru.wikipedia.org/wiki/Near_Field_Communication] (дата обращения 15.11.2018).
- [4] Carps C. // *EDN. 2001. August 16. P. 95-102.* (Доступно по ссылке: <http://www.edn.com/contents/images/150828.pdf>).
- [5] Электронный ресурс [<https://www.nsi-mi.com>] (дата обращения 15.11.2018).
- [6] Коняшенко Е. А., Шмыков В. Н. *Спектральные представления в задачах возбуждения плоских взаимодействующих излучателей.* Иркутск: Изд - во Иркутского ун - та, 1989. 248 с.

Исследование систем технического зрения для распознавания антропогенных объектов

Боровик Василий Сергеевич

Национальный исследовательский томский государственный университет
borovik_vasiliy@mail.ru

В настоящее время благодаря развитию информационных технологий работа с изображениями прочно вошла во все сферы человеческой жизни, начиная с банального получения и обработки изображения фотоаппаратом и заканчивая высокоточной системой технического зрения для роботизированных манипуляторов, применяемых на производстве.

Основной задачей любой системы технического зрения является процесс получения полезной информации с изображения путем распознавания отдельных его элементов. В большинстве случаев такая информация является определяющей для координирования действий робота или роботизированного комплекса при выполнении поставленной задачи, что является причиной высоких требований, предъявляемых к функциональности и производительности систем такого рода.

Одной из наиболее сложных задач в техническом зрении является задача распознавания. Во-первых, такая задача требует тщательного изучения условий и требований работы системы, а также возможностей, входящих в ее состав технических и программных средств, так как разработка программы ведется под конкретную систему. Во-вторых, универсальных алгоритмов распознавания нет, поэтому при изменении целевой задачи системы или ее модернизации потребуются совершенствование или перестройка и программы поиска объекта.

Данная сфера является одним из наиболее быстроразвивающихся методов автоматизации с применением компьютерных технологий и робототехники. Понятие «техническое зрение» является довольно обширным, и включает технологии, методы и алгоритмы, связанных с задачами анализа и обработки изображений, а также практическая реализация таких процессов. Техническое зрение – одна из немногих сред, где технологии уже практически достигли возможностей человека. Здесь речь идет о сенсорных устройствах получения изображения, по сложности которые можно сравнить с сетчаткой человеческого глаза, а также о проектировании интеллектуальных систем, способных на принятие взвешенных решений и способных к самообучению [1].

Функционирование технического зрения обусловлено рядом проблем, основная из которых – сложность описания и предварительной оценки обрабатываемого материала. Дело в том, что изображение может представлять собой бесконечное разнообразие яркостно-геометрических структур, формальные описания которых возможно будут отсутствовать. Из этого также вытекает еще одна сложная задача – задача обнаружения и идентификации объектов. К примеру, если человек можно четко определить на изображении здание или машину, используя собственную базу контурных, текстурных или цветных признаков, то для компьютера эти объекты будут являться не более чем набором пикселей разного цвета. Это привело к постоянному росту исследовательских направлений в областях компьютерного зрения [2,3,4].

В настоящее время обработку изображений принято рассматривать с точки зрения модульной парадигмы [5]. Данная парадигма была предложена Д. Марром, который утверждал, что работа с изображением должна соответствовать последовательным уровням восходящей информационной линии, начинающейся с представления изображения в виде неструктурированной информации (растровое изображение) и заканчивающейся символическим представлением в виде структур векторных или атрибутивных данных.

Таким образом машинное зрение содержит следующие этапы обработки изображения (рис.1):

1. Предобработка изображений;

2. Сегментация;
3. Выделение геометрической структуры;
4. Определение относительной структуры и семантики [6].

Процессы работы с изображениями в техническом зрении имеют четкую структуру, которая определяется рядом факторов, учитывающихся на начальном этапе проектирования. К таким факторам можно отнести технические и программные средства, входящие в состав разрабатываемой системы, априорную информацию об объекте, характер решаемых задачи и др. Таким образом одна из задачи при проектировании системы – выбор оптимальной структуры алгоритмов [1].

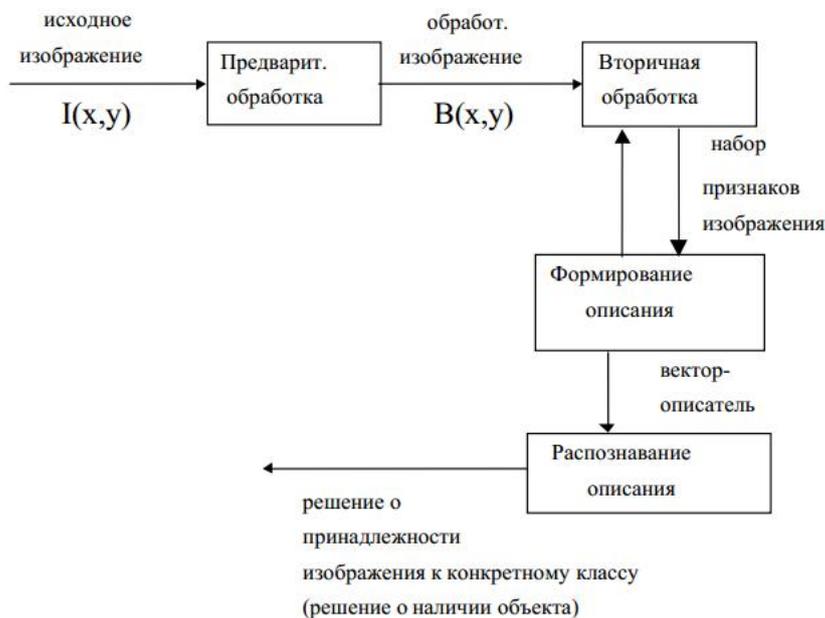


Рис. 1. Основные этапы обработки изображений

В работе исследована возможность реализации системы распознавания антропогенных объектов с помощью алгоритма распознавания, основанным на нахождении ключевых точек *SURF*, а также на основе оценки гистограмм направленных градиентов *HOG* с использованием системы технического зрения в составе тепловизионной камеры.

Список публикаций:

- [1] Визильтер Ю. В., Желтов С. Ю., Князь В. А., Ходарев А. Н., Моржин А. В. // *Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW IMAQ Vision*. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 464 с.
- [2] Forstner W. // *Midlevel vision processes for automatic building extraction, Automatic Extraction of Man'Made Objects from Aerial and Space Images*. / Birkhauser Verlag, Basel. – 1995.
- [3] Huertas A., Nevatia R. // *Detecting buildings in aerial images*. / *Computer Vision, Graphics and image processing*. – 1988.
- [4] Zheltov S. Yu., Blochinov Yu. B., Stepanov A. A., Sibiriyakov A. V. // *Computer 3D Site Model Generation Based On Aerial Images*. / *SPIE Proceedings*. – 1997. – Vol.3084.
- [5] Март Д. // *Зрение. Информационный подход к изучению представления и обработки зрительных образов*. – М.: Радио и связь, 1987. – 400 с.
- [6] Бабич А.М. // *Методы и алгоритмы определения пространственных характеристик стационарных объектов при навигации мобильного робота с монокулярной системой технического зрения: автореферат дис. канд. тех. наук. Пенза. 2013. 19 с.*
- [7] Шидловский С.В. // *Логическая система с перестраиваемой структурой в задачах управления технологическими процессами – Автометрия. 2005. Т. 41. №4. с.104-113.*
- [8] Шидловский С.В., Сырякин В.И., Шидловский В.С. // *Перестраиваемые вычислительные среды в многосвязных системах автоматического управления – Телекоммуникации. 2010. № 10. с.28-32.*

Ближнепольная интерференционная СВЧ микроскопия в условиях нарушенного полного внутреннего отражения

Запасной Андрей Сергеевич
Беличенко Виктор Петрович, Мироньчев Александр Сергеевич, Клоков Андрей
Владимирович,
Матвиевский Ефим Владимирович
Национальный исследовательский Томский государственный университет
E-mail: bvp@mail.tsu.ru

«Нарушенное полное внутреннее отражение (НПВО) – частичное проникновение электромагнитного излучения (в частности, света или радиоволн) из оптически плотной среды 1 с показателем преломления n_1 в слой конечной толщины D граничащей с ней менее плотной среды 2 с показателем преломления n_2 в условиях полного внутреннего отражения (ПВО) на границе сред ($n_1 > n_2$). Если показатели преломления сред не зависят от длины волны излучения, то необходимое условие ПВО выполняется при наклонном падении излучения под достаточно большим углом γ к нормали к границе сред: $\gamma > \gamma_{кр}$ (критический угол $\gamma_{кр}$ определяется из условия $\sin \gamma_{кр} = n_2 / n_1$) [1].

Особенно широкое распространение технологии, основанные на НПВО, получили при решении разнообразных задач оптической спектроскопии: структура тонких слоёв материалов, абсорбционные явления и т.д. [2]. Существенное значение имеет то обстоятельство, что именно эффект НПВО в микроскопии ближнего поля позволяет понять, как информация о субволнах передается в дальнее поле [1].

В СВЧ диапазоне достаточно подробное теоретическое и экспериментальное изучение особенностей НПВО было проведено в работе [3]. При этом роль объекта исследования выполняли две прямоугольные равнобедренные призмы ($45^\circ-45^\circ-90^\circ$) большие грани которых были разделены узким воздушным зазором. В этих условиях электромагнитное излучение, падающее на одну из граней первой призмы, частично передаётся во вторую призму, а частично отражается от большой грани первой призмы внутрь этой призмы.

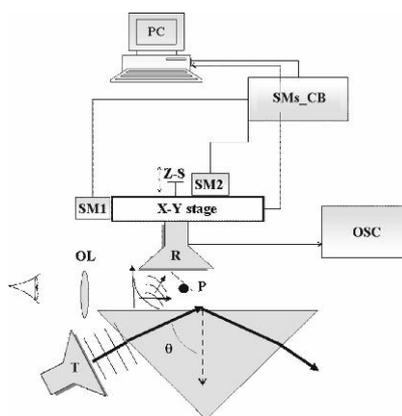


рис.1. Схема сканирующего ближнепольного микроволнового микроскопа для отображения распределения интенсивности эванесцентных мод

Для целей ближнепольной микроволновой микроскопии НПВО было предложено использовать в [4]. В этой работе было проведено экспериментальное исследование на установке, схематически изображенной на рисунке 1. Это сканирующий ближнепольный микроволновый микроскоп для отображения распределения интенсивности эванесцентных мод, генерируемых на длине волны $\lambda = 2,85$ см. Элементы схемы: T – передатчик; θ – угол падения; OL – оптическая линза; P – сигнальный зонд; R – приемник; OSC – цифровой осциллограф; SMs CB – контрольная панель шаговых двигателей; PC – персональный компьютер; SM1, SM2 – шаговые двигатели 1,2; Z-S – винт для перемещения в направлении оси z; X-Y stage – X-Y платформа.

В представленном докладе частично использованы конструктивные решения, примененные в [3, 4] при разработке макета ближнепольного интерференционного СВЧ микроскопа, в котором исследуемый объект помещается в промежуток между примыкающими друг к другу большими гранями двух прямоугольных призм. При падении на грани призм электромагнитного излучения под углом полного внутреннего отражения (см. рис. 1) согласно результатам работ [5–8] в указанном промежутке между призмами будет иметь место наложение встречных эванесцентных волн интерференция которых приведет к образованию действительного потока электромагнитной энергии. В докладе будут представлены две схемы регистрации этого потока. Помещение в промежутке исследуемого объекта сказывается на параметрах интерференционного потока энергии. И это обстоятельство положено в основу методики определения свойств объекта.

Список публикаций:

[1] Большая Российская энциклопедия / Электронный ресурс [<https://bigenc.ru/physics/text/2250199>] (дата обращения 15.11.2018).

- [2] Харрик Н. Спектроскопия внутреннего отражения // М.: Мир, 1970. 336 с.
 [3] Brady J. J., Brick R. O., Pearson M. D. // J. Optical Society America. 1960. Vol. 50(11). P. 1080-1084.
 [4] Martínez C., Coello V., Cortés R., Villagómez R. // J. Korean Phys. Society. 2005. V. 47. P. 152-156.
 [5] Колоколов А. А., Скоцкий Г. В. // Успехи физических наук. 1992. Т. 162(12). С. 152-156.
 [6] Афанасьев С. А., Семенов Д. И. // Успехи физических наук. 2008. Т. 178(4). С. 377-384.
 [7] Сидоренков В. В., Толмачев В. В. Эффект туннельной интерференции полей произвольной физической природы и его технические приложения / Электронный ресурс [http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog pages/9021.html/] (дата обращения 15.11.2018).
 [8] Шварцбург А. Б. // Успехи физических наук. 2007. Т. 177(1). С. 43-58.

Применение цифрового рентгеновского 3D микротомографа для диагностики материалов и элементов РЭА

Клестов Семен Александрович

Сырякин Владимир Иванович

Сунцов Сергей Борисович

Национальный исследовательский Томский государственный университет

Klestov_simon@mail.ru

Современной науке доступны методы анализа внутренней микроструктуры объекта различными способами. Одним из лучших методов неразрушающей визуализации является метод рентгеновской микротомографии. Рентгеновская микротомография дает возможность получать изображение внутренней структуры непрозрачных объектов в трехмерном виде с высоким пространственным разрешением. Существует необходимость изучения внутренней структуры объектов и материалов, непрозрачных в видимом диапазоне электромагнитного излучения, особенно элементов РЭА, с микронным разрешением. Развитие методов рентгеновской микроскопии позволило заглянуть внутрь непрозрачных объектов с разрешением, превышающим возможности оптической микроскопии. Сегодня компьютерная микротомография – это основной метод визуализации трехмерной внутренней микроструктуры органических и неорганических объектов с использованием рентгеновского излучения. Метод аналогичен медицинской томографии, но обладает значительно более высоким пространственным разрешением. Сканирование визуализирует всю внутреннюю трехмерную структуру объекта и полностью сохраняет образец для других видов исследований[1,2].

Используя методы цифровой рентгеновской томографии, можно проводить исследования как органических, так и неорганических объектов, и материалов, выявляя статистические особенности состава и структуры исследуемых образцов.

В статье описывается работа цифрового рентгеновского 3D микротомографа, структурная схема которого представлена на рисунке 1[1].

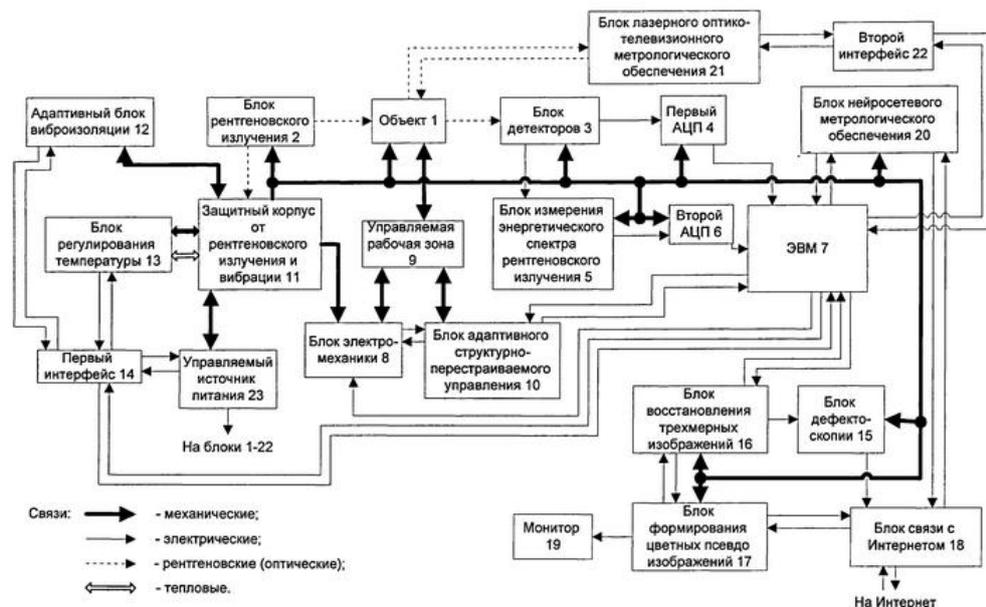


Рис. 1 – структурная схема цифрового рентгеновского 3D микротомографа

Цифровой рентгеновский 3D микротомограф работает следующим образом.

Блок рентгеновского излучения облучает объект, который размещается на управляемой рабочей зоне. Рентгеновские лучи, проникая через объект, поступают на блок детекторов, воспринимающий поэлементно полный кадр изображения внутренней структуры объекта.

Аналоговый сигнал от блока детекторов оцифровывается АЦП и поступает на ЭВМ, на второй вход которой приходит цифровой сигнал от второго АЦП, преобразующий сигнал от блока измерения энергетического спектра рентгеновского излучения. Этот блок измеряет составляющие спектра сигнала, снимаемого с блока детекторов.

Считывание изображения блоком детекторов осуществляется при вращении объекта вокруг вертикальной оси и смещении объекта вдоль вертикальной, горизонтальной и поперечной осей. Такие манипуляции с объектом производятся блоком электромеханики через управляемую рабочую зону, куда устанавливается объект. Уточнение (корректировка) перемещений осуществляется блоком адаптивного структурно-перестраиваемого управления. Цифровые сигналы от первого АЦП и второго АЦП поступают на ЭВМ, которая преобразует сигналы в цифровой массив, отображающий кадр энергетического спектра рентгеновского изображения [1].

Метод рентгеновской томографии пространственной микроструктуры и морфометрии материалов, живых объектов или тканей не требует подготовки образцов и изготовления тонких срезов с последующим совмещением. Сканирование объектов исследования позволяет получить полные сведения о внутренней пространственной микроструктуре образца с микронным и субмикронным пространственным разрешением, сохраняя структуру образца или жизнь подопытному животному.

Характеристики ИРМТ:

Различимость деталей 1-13 мкм

Источник рентгеновского излучения: плавно-настраиваемый от 20 до 160 кВ, ток анода 0 – 250 мкА, 10 Ватт, размер фокального пятна <5 мкм (\cong 4 Ватт), с воздушным охлаждением.

Датчик рентгеновского излучения: 2048 x 2048 12-bit цифровая рентгеновская камера с 27,6 x 27,6 мм полем обзора.

Время восстановления трехмерных изображений: 10(мин/ [(см)]³)

Анализа трехмерных изображений 60(мин/ [(см)]³)

Заключение

На основе описанных данных авторским коллективом разработан первый отечественный интеллектуальный цифровой рентгеновский микротомограф для диагностики материалов и элементов РЭА. Разработанный прибор имеет следующие отличительные достоинства:

полная автоматизация работы рентгеновского микротомографа, не требующая вмешательства пользователя в процесс построения 3D-модели исследуемого объекта;

встроенные алгоритмы анализа и классификация внутренней структуры и дефектов объекта;

встроенные алгоритмы предобработки исходных данных неискажающего сжатия с целью экономии вычислительных ресурсов системы;

быстродействие работы как аппаратного, так и программного обеспечения обусловленное использованием в составе программного обеспечения, как аппаратной, так и программной частей рентгеновского микротомографа структурно-перестраиваемых алгоритмов управления, обеспечивающих значительно повысить точность и скорость работы рентгеновского микротомографа.

При анализе аналогичных устройств на рынке было выявлено, что разработанный микротомограф превосходит аналоги. Преимуществами является мобильность, компактность, возможность диагностировать материалы (органические, не органические, конструкционные) и элементов радиоэлектронной аппаратуры. Возможность работать в комплекте с другим оборудованием, очень низкая цена при качествах, не уступающих конкурентам[3].

Список публикаций:

[1] Патент на изобретение RU 2505800 Способ рентгеновской томографии и устройство для его осуществления. Сырямкин В. И. и др. 27.01.2014 Бюл. №3

[2] Горелик С. С., Расторгуев Л. Н., Скаков Ю. А. Рентгенографический и электроннооптический анализ. Изд-во «Металлургия», 1970, 2-е изд., с. 366.

[3] Обзор рентгеновских микротомографов [электронный ресурс], 2017 . <http://www.bruker.com/ru/products/x-ray-diffraction-and-elemental-analysis/x-ray-micro-ct/skyscan-1173/overview.html>

Использование данных глобальной сети пеленгации грозových разрядов WWLLN для прогноза лесной пожарной опасности

Барановский Николай Викторович

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

fredanger@yandex.ru

Грозовая активность является основной естественной причиной возникновения лесных пожаров [1]. Зажигание во время грозы вызвано наземным грозovým разрядом. Иницирование зажигания лесных горючих материалов определяется химическими и физическими процессами во время удара грозového разряда. Существуют различия в проводимости электрического тока в стволе дерева для хвойных и лиственных пород. Основная часть пожарных происшествий встречается в хвойных лесных насаждениях. Необходимо смоделировать воспламенение деревьев путем воздействия разряда класса облако-земля.

Данные по грозовой активности получены из глобальной сети пеленгации грозových разрядов World Wide Lightning Location Network (WWLLN) со станции в городе Горно-Алтайск [2]. Область исследования представлена Тимирязевским участковым лесничеством Тимирязевского лесничества Томской области. Простая математическая модель теплопереноса используется для моделирования воспламенения хвойных деревьев [3]. Вероятностный критерий используется для оценки уровня опасности лесных пожаров, вызванных грозовой активностью с учетом лесорастительных условий [4]. В общем, опасность пожара в лесу зависит от грозовой активности, метеорологических условий и растительности на лесной территории. Метеорологические параметры, такие как температура окружающей среды, используются в математической модели зажигания деревьев. Модель зажигания деревьев учитывает структуру ствола дерева и теплофизические параметры хвойной древесины. Также модель использует параметры электрического тока разряда облако-земля. В принципе, математическая модель может учитывать многократный грозовой разряд. Предлагается использовать специализированную геоинформационную систему, разработанную для оценки опасности пожаров в лесах. Использование программного обеспечения ArcGIS или QGIS не подходит для реализации программных инструментов зажигания деревьев и вероятностной оценки [1]. Предлагается использовать язык программирования высокого уровня для программной реализации математических моделей инициирования лесного пожара при грозовой активности. Диалоговый режим используется в разработанном программном обеспечении для организации взаимодействия с пользователями. Программное обеспечение Origin Pro используется для визуализации прогностической информации об уровне опасности лесных пожаров [5]. Инструменты построения контуров могут использоваться для отображения данных по грозовой активности, лесорастительных условий и уровня опасности лесных пожаров с использованием вероятностной оценки. Программное обеспечение Origin Pro применяется вместе с исполняемыми файлами разработанного программного обеспечения для оценки опасности лесных пожаров. Этот программный пакет может использоваться в лесном хозяйстве для реализации функции принятия решений во время пожароопасного сезона.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований и администрации Томской области. Научный проект № 16-41-700831

Список публикаций:

- [1] Baranovskiy N.V., Kuznetsov G.V. *Forest fire occurrences and ecological impact prediction: monograph*. Novosibirsk: Publishing House of Siberian Branch of Russian Academy of Science, 2017. 259 P.
- [2] Karanina S.Y., Kocheeva N.A., Belikova M.Y., Baranovskiy N.V. *Analysis of a thunderstorm activity according to WWLLN: A case study // International Review of Electrical Engineering*. 2018. Vol. 13. P. 69-79.
- [3] Baranovskiy N.V., Kuznetsov G.V. *Coniferous tree ignition by cloud-to-ground lightning discharge using approximation of "ideal" crack in bark // JP Journal of Heat and Mass Transfer*. 2017. Vol. 14. P. 173-186.
- [4] Baranovskiy N.V. *Forest fire danger assessment using SPMD-model of computation for massive parallel system // International Review on Modelling and Simulations*. 2017. Vol. 10. P. 193-201.
- [5] Origin Software. Access: <https://www.originlab.com/> (Available 06 November 2018)

Особенности систем общего резонансного контура железнодорожных опор , контролируемых в реальных условиях эксплуатации

Беличенко Виктор Петрович,

Юрченко Василий Иванович,

Якубов Владимир Петрович

Томский государственный университет

jur_med@mail.ru

С 1958 г. применяются предварительно напряженные железнодорожные опоры (ЖО), контактной сети, которым свойственно хрупкое разрушение, подтверждается случаями падений ЖО по причине электрокоррозии арматуры в подземной части. Имеются случаи излома ЖО по причине снижения прочности бетона в надземной части в Дальневосточном и Сибирском регионах. Общим для всех этих случаев является разрушение, происшедшее без каких-либо предварительных внешних признаков. Анализ отказов ЖО, выполненных рядом исследователей показывает, что разрушения ЖО в надземной части вызваны снижением прочности бетона, при этом геометрические и механические параметры арматуры в надземной части находятся в пределах существующих норм, стабильным является диаметр опоры во всех сечениях.

Целью работы является разработка аппаратно-программного комплекса контроля прочности ЖО и построение на его основе системы технической диагностики по параметрам измеряемым в надземной части ЖО.

Известные исследования в области разработки способов и устройств контроля состояния ЖО изучают проблемы коррозии арматуры подземной части опор и оценки состояния надземной части ДО по

результатам визуальных обследований. Существующие методы контроля прочности бетона, применяемые можно объединить в три группы: механические, ультразвуковые и физические.

Механические методы неразрушающегося контроля прочности характеризуются достаточной трудоемкостью и большой погрешностью. В соответствии со способом [1], с ударом слесарного молотка по опоре возбуждают в ней колебания, записывают колебания на магнитную ленту через приставленный к опоре микрофон и если колебания имеют форму биений, то считают опору дефектной. Способ является недостаточно достоверным и распространения не получил. В соответствии со способом [2] в ЖО возбуждают низкочастотные колебания и вычисляют логарифмический декремент колебаний, по величине которого судят о состоянии подземной части опоры. Достоверность способа недостаточна, поскольку логарифмический декремент колебаний опоры определяется не только наличием трещин в подземной части опоры, но и качеством бетона, условиями заделки стойки в фундамент, ее жесткостью и качеством самого фундамента

Ультразвуковые методы просты в эксплуатации, но также имеет большую погрешность. Способ [3], заключается в том, что на опору устанавливают акустический датчик, регистрируют акустическую эмиссию (АЭ), сравнивают ее с ранее полученной, по результатам сравнения судят о физическом состоянии опоры. На первоначальном этапе определяют резонансную частоту опоры, на данной резонансной частоте регистрируют амплитуду колебаний опоры, суммарную энергию АЭ, количество импульсов АЭ, скорость счета импульсов АЭ от возникающих и развивающихся дефектов, образующихся под воздействием колебаний опоры на резонансной частоте за определенный период времени. На последующих этапах контроля строят графики изменения амплитуды колебаний опоры и параметров АЭ на ранее установленной резонансной частоте. По характеру изменения значений регистрируемых параметров судят о физическом состоянии опоры и фундамента, о жесткости закрепления опоры в фундаменте или грунте и принимают решение об устранении выявленных дефектов, или замене опоры, или усилении крепления оборудования на опоре.

К физическим методам можно отнести методы ударного импульса, электромагнитных излучений и т.д. Сущность способа [4]: на железобетонную опору воздействуют переменным электромагнитным полем, создаваемым тяговыми токами движущегося электровоза. Одновременно регистрируют множество сигналов взаимодействия переменного электромагнитного поля с материалами железобетонной опоры системой датчиков, установленных на самом электровозе или на прицепной платформе. Формируют из них комбинированный сигнал, подсчитывают текущую функцию взаимной корреляции комбинированного сигнала с набором эталонных сигналов. Максимальное значение функции соответствует известному состоянию опоры, определяемому эталонным сигналом. Можно регистрировать сигнал от единичного датчика и подсчитывать функцию взаимной корреляции с соответствующим эталонным сигналом. Для более четкой фиксации главного пика корреляционной функции изменяют комбинированный сигнал, усложняя его. Таким образом, предлагаемый способ позволяет контролировать состояние железобетонной опоры контактной сети в реальном времени, без задержек на измерения и обработку результатов в момент прохождения электровоза мимо опоры

Суть предлагаемого способа состоит в том, что ЖО рассматривается как многопараметровый нелинейный резонансный контур, состоящий из десяти преобладающих систем, ответственных как за внутреннее, так и внешнее взаимодействие, и двух главных лидирующих систем. Данные системы должны быть сбалансированными, что в итоге и определяет нормальное функционирование всего контура как интегральной структуры. Ряд факторов приводит к разбалансу контура и его спектральной характеристики на основной и других составляющих спектра. Для базового контроля ЖО функционирующих в реальных условиях, служат точки, расположенные на открытых участках ЖО. Важно, что все эти точки необходимо исследовать сверхширокополосными спектральными методами.

Если длина ЖО определяет длину волны, резонансно-волнового контура, то хвост ЖО в земле и участок с проводами, являясь четвертьволновыми отрезками могут вести себя как автономные колебательные системы, дающие свои составляющие в общем спектре. Вдоль ЖО проходит бетон основа опоры, на который все другие арматурины и, соответственно, части ЖО вывели свои так называемые контрольные точки. Необходимо разработать алгоритм совместной работы точек, просчитать все связи, включая и временные, и создать методику контроля спектра резонансно-волновых контуров. Важно гармоническое и субгармоническое окружение основных базовых частот. Именно их динамика определяет устойчивость ЖО к неблагоприятным внешним факторам и реальный срок эксплуатации.

Формально для этого следует изучить зависимость изучаемой ЖО от внешних параметров в математических моделях, однако на практике встречаются случаи, когда у исследователя нет моделей о том, каким эволюционным уравнением описывается деградация ЖО. Тем не менее, даже в этих ситуациях можно указать некоторые признаки того, что изучаемая ЖО находится вблизи точки катастрофы.

Дело в том, что та или иная негативная ситуация действует на огромное количество ЖО, но лишь некоторые из них испытывают ее в полной мере, в основном те, чьи слабые преобладающие участки неустойчивы в данный момент. У остальных, как правило, происходит небольшая встряска ЖО. На основании разработанной методики составляется так называемая резонансно-волновая карта ЖО, которая в дальнейшем анализируется, и только после этого даются те или иные рекомендации.

Список публикаций:

1. *Сергеев Н.А. Современный метод обследования контактной сети. Локомотив, 1997, №4, стр.36-37*
2. *Указания по техническому обслуживанию и ремонту железобетонных опорных конструкций контактной сети. М.: Транспорт, 1984, стр.43-47*
3. *Патент на изобретение №2521748 Способ контроля физического состояния железобетонных опор со стрежневой напрягаемой арматурой*
4. *Патент на изобретения №2347231 Способ неразрушающего контроля железобетонных опор контактной сети железнодорожного транспорта*