

Бакнин М.Д., Е.А. ГантоваЕ.А.

Научный руководитель: д.т.н., профессор О.Р. Кузичкин

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: m.baknin@yandex.ru*

Разновидности геоэлектрического моделирования

В ходе апробации результатов и их предварительному описанию геоэлектрического мониторинга прибегают к эквивалентным схемам замещения ток или иной среды. Но теоретических расчетов не всегда достаточно, что бы полностью оценить поведение физических параметров. В этом случае прибегают к моделированию. Но и тут, основываясь на поведение модели при различных заданных параметрах, результаты могут отличаться.

В ходе эксперимента создали компьютерную модель эквивалентной схемы замещения среды. Где R1-R5 каркас предполагаемой среды исследования, а R3-R6 вмещающая среда, например воздух или водосодержащая субстанция. Комплексное сопротивление будет влиять на тип среды и ее параметры [1].

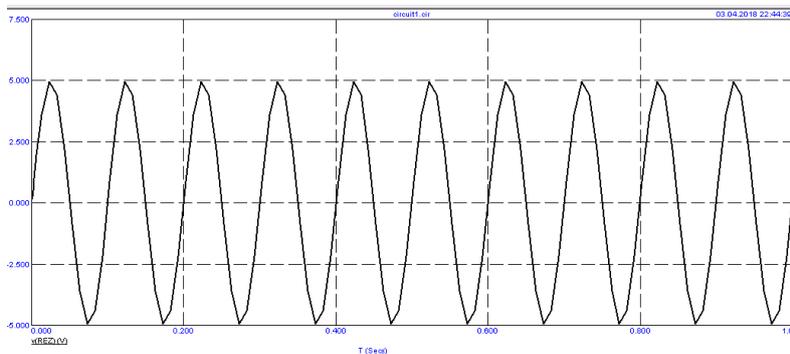


Рис. 1. Результат моделирования на основе компьютерной модели

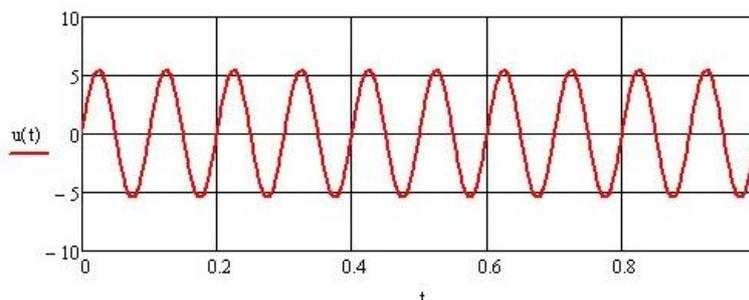


Рис. 2. Результат моделирования на основе математической модели

Таким образом, при различном виде моделировании были получены зависящие характеристики и получена геоэлектрическая модель предполагаемой воссозданной среды. Из графиков Рис.1 и Рис.2 видно, что полученные модели отличаются. В конкретных ситуациях такие отличия могут быть критичны. Поэтому при создании модели тех или иных геологических процессов и их геоэлектрических зависимостей следует учитывать, что результаты одного вида моделирования могут быть недостаточно адекватными, что повлечет за собой неправильную оценку последующих результатов.

Литература

1. Уэйт Дж. Р. Геоэлектромагнетизм: ред. пер. Бердичевского. – М.: Недра, 1987. – 235 с.

Бакнин М.Д., Коваленко А.О.

*Научный руководитель: д.т.н., проф. О.Р. Кузичкин**Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23**e-mail: m.baknin@yandex.ru*

Систематизация процессов при карстово-суффозионных образованиях

Карстово-суффозионное образование является сложным химико-физическим процессом со своими индивидуальными чертами протекания (рис. 1). Так как это явление очень опасно, то стоит острый вопрос в оперативном определении и классификации начала этого процесса и отделение его от других геодинамических явлений. В противном случае промедление при принятии, какого либо решения нацеленного на минимизацию ущерба, может привести к непоправимым последствиям. При этом ущерб будет, ощутим, как и в биосфере, так и в инженерно-технической сфере деятельности [1].

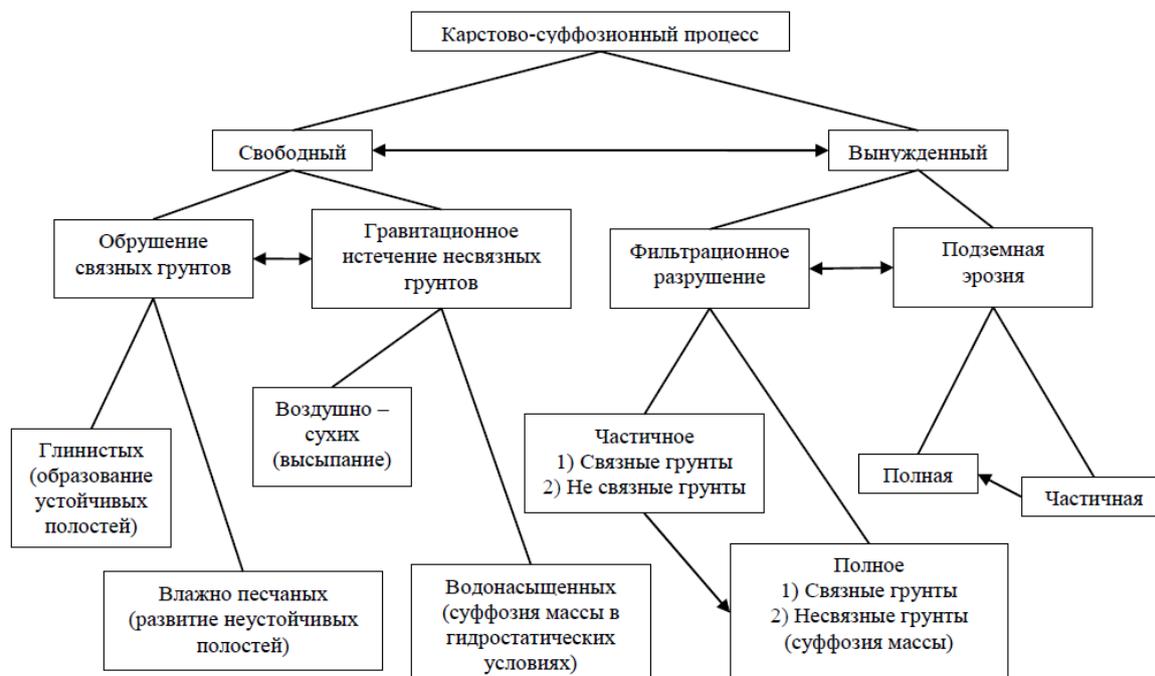


Рис. 1. Систематизированный карстово-суффозионный процесс

Таким образом, упорядоченная систематизация и понимание в какой момент времени происходит тот или иной процесс в ходе карстово-суффозионного образования, позволит заблаговременно обеспечить разработку мероприятий для сведения опасных ситуаций к минимуму.

Литература

1. Анисеев А.В. Провалы и воронки оседания в карстовых районах: механизмы образования, прогноз и оценка риска. Российская академия наук институт геологии им. Е.М. Сергеева (ИГЭ РАН). Москва 2017г., 328 с.

Бакнин М.Д., Орлова А.Р.

Научный руководитель: д.т.н., проф. О.Р. Кузичкин

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: m.baknin@yandex.ru*

Роль метрологического обеспечения в геодинамическом контроле

Роль геологоразведки и геодинамического контроля очень велика. Так, создание любого технического сооружения не проходит без предварительных геологоразведочных работ. Кроме этого к изысканиям прибегают в ходе разработки новых мест добычи полезных ископаемых. А если необходимо контролировать динамическое изменение состояния среды уже построенного технического сооружения, прибегают к использованию геодинамического мониторинга. Его целесообразнее применять в тех случаях, когда необходимо непрерывно наблюдать за процессами, происходящими в исследуемой среде. Для оперативного предотвращения аварийных ситуаций. Так же применение геодинамического контроля целесообразнее и с экономической точки зрения так как, не требует постоянных затрат на прямые методы разведки и на решение обратных задач в геологоразведки [1].

Однако встает вопрос о адекватности получаемой полезной информации при использовании геодинамического мониторинга. И в последствие вынесение вердикта о процессах, происходящих в приповерхностных слоях грунта. Эти проблемы связаны со следующим рядом причин: незнание полной картины исследуемого участка, разрешающая способность используемой аппаратуры, несовершенство алгоритмов обработки полученной информации, ошибки при установки принимающих и излучающих частей установки, резкие перепады влага-теплового фона исследуемой среды.

Основной предпосылкой этих проблем является, что на данный момент нет стандартизированной и сертифицированной метрологической базы на геодинамический контроль. Так как каждая аппаратура создается индивидуально и для калибровки и оценки ее чувствительности используются разные методы оценки. Математическое моделирование, компьютерное, лабораторные эксперименты, даже создание специальных полигонов с заранее известными свойствами среды для апробации полученных результатов при разработки геологоразведочной аппаратуры. При этом каждый разработчик использует свои алгоритмы и базы для разработки и оценки работоспособности будущего комплекса, опираясь на теоретические расчеты [2].

Таким образом, для адекватной оценки разрабатываемых комплексов и уже введённых в эксплуатацию создание метрологического обеспечения, будет являться рациональным. Так как позволит более точно и глубоко изучить поведение различных систем в различных условиях. Вследствие чего будет повышен порог адекватности разработки алгоритмов при тех или иных условиях эксплуатации.

Литература

1. Серебрякова Л. И., Пикалов О. О. Некоторые сведения о геодинамике для геодезистов // Геодезия и картография. 2011. № 8. С. 49–55.
2. Серебрякова Л. И., Пикалов О.О. Некоторые сведения о геодинамике для геодезистов // Геодезия и картография. 2011. № 9. С. 42–48.

Баринов А.Н.

Научный руководитель: к.т.н. Р.В. Романов

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: barinov.king@yandex.ru*

Исследование принципов сопряжения устройств с LabView

Среда LabVIEW способна взаимодействовать с тысячами разнообразными устройств и поэтому является наилучшим выбором для построения системы на базе ПК. Кроме этого, LabVIEW позволяет сократить время разработки, предлагая единую программную архитектуру взаимодействия с оборудованием. Однако следует помнить, что LabVIEW – это не просто программный интерфейс к оборудованию. Среда LabVIEW содержит тысячи функций для анализа данных, обеспечивает удобный интерфейс разработки пользовательских интерфейсов на базе имеющегося и собственных наборов элементов управления, предоставляет удобные инструменты сохранения данных и подготовки отчетов. Таким образом, высочайшая степень интеграции с оборудованием и множество уникальных особенностей делают LabVIEW лучшей программной платформой для решения комплексных инженерных и промышленных задач.

LabVIEW позволяет работать со всем оборудованием в единой среде. Подключение устройств обеспечивается с помощью драйверов LabVIEW, которые образуют промежуточный слой между оборудованием и средой разработки. Таким образом, в единой среде можно работать с различными типами интерфейсов, датчиков и приборов: устройствами сбора данных, модульными приборами, контроллерами управления движения и приводами, системами машинного зрения, беспроводными датчиками и ПЛИС. В редком случае, когда драйвера устройства нет, вы можете импортировать драйвер из других сред разработки или использовать низкоуровневые функции, чтобы разработать собственный.

National Instruments – мировой лидер в области компьютеризированных систем сбора данных. Спектр оборудования очень широк и включает в себя устройства для сбора данных в настольном, портативном, промышленном и встраиваемом исполнении. Используя драйверы NI-DAQmx, можно подключить более 200 устройств сбора данных с различными интерфейсами и конструктивными исполнениями (форм-факторами), включая USB, PCI, PCI Express, PXI, PXI Express, Ethernet и беспроводную связь.

Проекты на Arduino могут быть автономными и могут передавать-получать данные с программного обеспечения в персональном компьютере (для этого часто используют технологии Flash, Processing, MaxMSP). Плату Arduino можно собрать самостоятельно, а можно купить уже собранную, в том числе и у неоригинального (итальянского) производителя. Оболочка для программирования Arduino IDE доступна для скачивания совершенно бесплатно с официального сайта Arduino.

VI Package Manager (VIPM) служит для скачивания и установки нужных библиотек. В данной программе VIPM находятся библиотеки для работы с платой. Также библиотеки можно скачать через FTP: NI LabVIEW Interface for Arduino Toolkit. В память платы зашивается программа, которая позволяет осуществлять обмен данными между «железом» и «софтом» через COM порт. VIEWInterface.ino и LIFA. Первый содержит описания всех функций для работы с Arduino, второй же более компактный и собирает всё воедино для загрузки в контроллер. Библиотека One.Wire для Arduino —содержимое ZIPа в. А в LIFA исходники — привычные для Arduino скетчи. LIFA можно установить непосредственно из LV через интерфейс VI Package Manager (Tools - VI Package Manager).

Arduino - это open-source платформа, которая обеспечивает разработку интерактивных проектов. В этих проектах берутся данные с различных датчиков или элементов управления (джойстики, кнопки и т.п.) и передаются дальше для управления светодиодами, моторами и т.д. Платформа пользуется огромной популярностью во всем мире благодаря удобству и простоте

языка программирования, а также открытой архитектуре и программному коду. Устройство программируется через USB без использования программаторов.

Литература

1. Н.А. Виноградова, Я.И. Листратов, Е.В. Свиридов. « Разработка прикладного программного обеспечения в среде LabVIEW ». Учебное пособие – М.: Издательство МЭИ, 2005.

Бондаренко А.А.

Научный руководитель: к.т.н. Д.И. Суржик

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: anton-bondarenko-2014@mail.ru

Исследование влияние метрологических характеристик АЦП на точность измерения приборов

В настоящее время в мире широко используются различные способы снятия и преобразования сигналов. Для этого используются различные системы и устройства, такие как ЦАП и АЦП.

В данной работе представлено подробное описание, а также способы и сферы применения АЦП (аналогово-цифровых преобразователей).

Аналого-цифровой преобразователь – это устройство, позволяющее выполнить переход от сигнала в аналоговой форме к сигналу в цифровой форме.

Система метрологических характеристик преобразователей, показывающая особенности их функционирования и построения, объединяет десятки параметров, главными из которых являются:

- количество разрядов R – число разрядов кода, связанного с аналоговой величиной, которое может выработать аналого-цифровой преобразователь;
- абсолютная погрешность изменения в конечной точке шкалы отклонения величины для АЦП и выходной для цифро-аналогового преобразователя напряжения от номинального значения, соответствующего конечной точке функции преобразования;
- дифференциальная погрешность измерения – отклонение разности 2 или более аналоговых сигналов, соответствующих 2 соседним кодам, от значения ЕМР;
- время t установления выходного напряжения – диапазон времени от момента заданного преобразования кода на входе АЦП до момента, при котором выходное аналоговое напряжение войдет в зону с шириной, равной одной единице ЕМР, расположенной симметрично относительно установленного значения;
- время T преобразования – интервал времени от момента заданного изменения сигнала на входе аналогово-цифрового преобразователя до появления на выходе соответствующего постоянного (статического) кода.

Метрологические параметры некоторых микроэлектронных ЦАП и АЦП.

Таблица 1. Некоторые метрологические параметры АЦП.

Тип	Число разрядов	ЕМР ($U_m = 10В$), мВ	Дифференциальная нелинейность	Погрешность в конечной точке шкалы	Время установления (преобразования), мкс
К572ПА2А	12	2,5	$\pm 0,0257$,	± 20 ЕМР	15
К1108ПА1А	12	2,5	$\pm 0,024\%$	± 30 ЕМР	0,4
К1118ПА1	8	40	$\pm 0,195\%$	± 5 мА	0,04
К1118ПА3	8	40	$\pm 0,195\%$	± 2 мА	0,01
К572ПВ3	8	40	$\pm 0,75$ ЕМР	± 3 ЕМР	7,5
К1107ПВ1	6	30	$\pm 0,78\%$	$\pm 0,1$ В	0,1
К1108ПВ1А	10	5	$\pm 0,75$ ЕМР	± 4 ЕМР	0,9
К1108ПВ2	12	1,2	± 1 ЕМР	± 10 ЕМР	2

Некоторые аналогово-цифровые преобразователи используются, например, в САГ(системах активного гашения) шума и их в основном используют два вида: параллельные АЦП и σ - Δ АЦП.

Для оценки степени применимости двух более всего известных и распространенных сегодня типов преобразователей (параллельных и сигма-дельта) в САГ рассматриваются их параметры, учитывая предъявляемые требования. Сравнение параметров уместно проводить как с использованием результатов экспериментальных исследований, так и с помощью математических моделей в среде MATLAB.

— параллельные АЦП, входной сигнал которых одновременно сравнивается с эталонными уровнями линейки компараторов, формирующих на выход двоисный код. В таком АЦП число компараторов равно 2^{n-1} , где n — разрядность цифрового кода. Недостатком АЦП данного типа является необходимость увеличения в два раза числа компараторов для каждого следующего разряда точности. Для 4-разрядного АЦП необходимо 16 компараторов, для 12-разрядного - 4096.

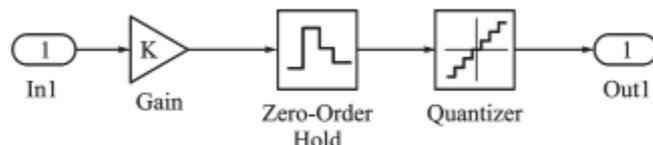


Рис.1. Схема параллельного АЦП в среде MATLAB.

— sigma-delta АЦП как вариант АЦП, работающего на частоте F_s , значительно (в 64 раза и более) превышающей частоту дискретизации F_d выходного цифрового сигнала. Компаратор такого АЦП выдает значения низкой разрядности (обычно однобитные), сумма которых в интервале дискретности F_d прямопропорциональна значению отсчета. Последовательность однобитных значений подвергается цифровой обработке и понижению частоты квантования, по итогу которой получается серия отсчетов с выбранной разрядностью и частотой дискретизации F_d .

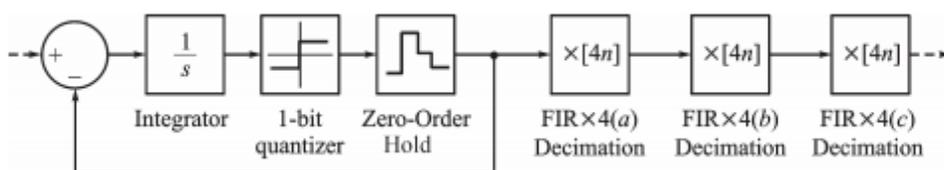


Рис.2. Схема sigma-delta АЦП в среде MATLAB.

Заключение: в ходе проведенного исследования влияние метрологических характеристик АЦП были выделены виды АЦП, также представлены сферы использования АЦП, их схемы в среде MatLab и некоторые характеристики.

Литература

1. [<https://studfiles.net/preview/3006518/>];-БГНИУ/лабораторный практикум.doc, 13.04.2015
2. [<http://vestnikprib.ru/articles/259/259.pdf>];- УДК 534.833.5, С.Г.Семенцов, вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Сер. «Приборостроение», 2008 №4.
3. [<http://do.rulitru.ru/v1672/?download=1#5>].

Бужинский В.С.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Дорощев Н.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: vladin19982014@mail.ru*

Исследование характеристик измерительного тракта регистрации электроактивности мышечных волокон

Электроактивность мышечных волокон измеряется приборами электромиографами, а сама процедура – электромиография.

Электромиография-это метод исследования нервно-мышечной системы путем регистрации электрических потенциалов мышц. Электромиография используется в медицине для прогнозирования, исследования и диагностики заболеваний мышечной системы.

Электромиографы бывают двух типов: поверхностные и игольчатые. Структурно они отличаются лишь способом измерения электроактивности мышц. В поверхностном типе измерение происходит с помощью электродов которые кладутся на кожу, а игольчатом в мышцы вводятся иглы с проводниками.

Сам же прибор в основном состоит из измерительного усилителя, устройства фильтрации, аналого-цифрового преобразователя и микроконтроллера, так же некоторые электромиографы подключаются к ПК через USB. Напряжение биопотенциалов мышц может варьироваться в пределах 20мкВ до 2мВ. Это очень малые напряжения, поэтому для такого устройства необходим усилитель. Он будет усиливать сигнал, до более высокого уровня, чтобы приборы могли с ним работать.

Так же в приборе необходим фильтр, ведь при таких малых напряжениях будет большое количество помех. Так же стоит учесть, что частотный диапазон большинства потенциалов включает и частоту сети 50Гц и ее гармоник, а частота биопотенциалов варьируется от 20мкВ до 2мВ. Эти данные говорят о том, что в современных электромиографов нужно использовать режестронные фильтры. А так как использование таких фильтров очень сильно усложнит аналоговую часть, а используемые операционные усилители создадут дополнительный шум это не лучший вариант. Поэтому в большинстве современных электромиографов фильтрация происходит в цифровой части прибора. Но можно использовать и полосовые фильтры, но они тоже состоят из операционных усилителей, что тоже говорит о возможных помехах.

Так же основным элементом электромиографа является аналого-цифровой преобразователь. Из-за широкого диапазона используют минимум 24-ти разрядный АЦП. Это позволит работать как с высокоамплитудными, так и с низкоамплитудными процессами. А если использовать сигма-дельта преобразователь, то можно будет не применять аналоговые фильтры, так как они уже находятся внутри.

Большинство приборов подключаются по USB к персональному компьютеру, это обусловлено тем, что отдельные процессоры и мониторы дорогие, а использование ПК упрощает этот процесс. А так как минимальная скорость которая должна поддерживаться для 24 разрядного АЦП это 8Мбит/с, то получается, что для подключения к компьютеру подойдут только два интерфейса, это USB и Ethernet, то более целесообразно будет использовать первый, так как таких портов в компьютере намного больше. Но в более современных приборах так же используют и беспроводной интерфейс wi-fi. Это позволяет использовать прибор удаленно от компьютера.

Подводя итоги можно сказать, то что для построения прибора для измерения электрических потенциалов мышц лучше использовать цифровое фильтрование, вместо аналогового, во избежании больших затрат. А АЦП лучше использовать сигма-дельта, так как там внутри есть фильтры.

Бужинский В.С.

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Н.В. Дорофеев
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: vladin19982014@mail.ru*

Методы измерения электроактивности мышечных волокон

Электромиография делается двумя способами: с помощью игольчатых и накожных электродов.

Метод накожных электронов. С помощью поверхностных электродов происходит суммарная регистрация сотен мышечных волокон. При анализе таких ЭМГ можно узнать частоту и максимальную амплитуду.

Юдифь Самойловна Юсевичь (Советский психолог и физиолог) выделяет четыре типа ЭМГ-кривой:

- интерференционная кривая, представляющая собой высокочастотную (50 за 1 с) полиморфную активность, которая возникает во время произвольного сокращения мышцы или при напряжения других мышц. Это кривая здоровой мышцы. Во время сокращений амплитуда достигает 1-2мВ, в зависимости от силы.

- редкая ритмическая активность (6-50 за 1 с). Уменьшение амплитуды бывает при первичных мышечных поражениях. Такая ЭМГ характерна для поражения передних рогов спинного мозга. Амплитуда колеблется от 50мкВ до 5000мкВ, чем больше амплитуда, тем больше поражение.

- усиление частых колебаний в состоянии покоя, группировка их в ритмические разряды, появление вспышек ритмических и неритмических колебаний на фоне произвольного мышечного сокращения. Например: при пирамидном спастическом параличе преобладает активность покоя, при аркинсоническом треморе активность проявляется ритмическими вспышками.

- тип электрическое «молчание» мышц во время попытки произвольного мышечного сокращения. Этот тип говорит о полном параличе мышц.

Локальная электромиография. Чтобы регистрировать потенциалы мышц и отдельных мышечных волокон используется игольчатая эмг. Игольчатые электроды бывают двух типов:

- полые иглы диаметром 0.5 мм со стержнем

- Биполярные электроды с двумя изолированными друг от друга стержнями.

По эмг сделанной таким образом можно определить длительность, амплитуду, форму, а также фазность потенциалов. Чтобы получить корректную информацию о состоянии мышцы нужно получить не менее 20 потенциалов и составить среднюю величину и гистограмму распределения.

Характеристики зависят так же от возраста пациента, так амплитуда может колебаться в пределах 200-600 мкВ, а продолжительность 5-13 мс. При каких-либо патологиях, в состоянии покоя, регистрируется спонтанная активность, она так же бывает нескольких видов.

- 1) Потенциалы фибрилляции, это электроактивность волокна, которая возникает повторно и не вызвана нервным импульсом. В здоровой мышце потенциал фибрилляции это типичный признак денервации мышц. Средняя продолжительность импульсов колеблется в пределах 1-2 мс, амплитуда 50-100 мкВ.

- 2) Еще одним видом являются позитивные острые волны, или острые спайки. Такие виды импульсов говорят о сильной денервации мышц и дегенерации мышечных волокон. Средняя продолжительность от 2 до 15 миллисекунд, а амплитуда от 100 до 4000 мкВ.

- 3) Последний вид это потенциалы фаскуляции, они очень похожи на импульсы мышцы, но возникают во время полного расслабления.

Таким образом, электромиография позволяет определить тип заболевания опорно-двигательного аппарата.

Горохов И.А.
Научный руководитель: к.т.н. Р.В. Романов
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: itpu@mivlgu.ru

Исследование принципов автоматического контроля подшипников автотранспортных средств.

Среди всех видов подшипников основную роль играют подшипники качения. Существует несколько этапов жизненного цикла подшипников. Принцип работы таких подшипников основан на качении всех участвующих частей узла друг относительно друга. Они имеют типичную конструкцию для подшипников качения: наружное, внутреннее кольца, формирующие дорожку качения с заключенными в них телами, разделенными друг от друга сепараторами. Ступичные подшипники различаются по видам в зависимости от места монтажа. Например, на ведомой оси, как правило, монтируют однорядные роликовые подшипники. Таким образом, ступичные и опорные подшипники играют немаловажную роль в обеспечении безопасного движения машины, исправности ее подвески. Поскольку они являются расходными составляющими, необходимо систематически диагностировать их состояние и вовремя заменять на новые.

1. Первый этап. На этом этапе проходит входной контроль подшипников при поступлении на предприятие. Зачастую он основан на методике Всероссийского научного института подшипниковой промышленности. По данной методике контроль подшипников осуществляется на стенде проверки подшипников «ПРОТОН-СПП». Данный стенд, осуществляя тестирование качества подшипников, позволяет выявлять в партии контрафактные изделия. Данный этап является одним из ключевых этапов, так предотвратить установку в оборудование заведомо неисправный подшипник стоит основной задачей всех предприятий.

2. Второй этап. На данном этапе, подшипники прошедшие входной контроль поступают на склад, с которого они уже устанавливаются непосредственно в само оборудование. На данном этапе важно отследить качество работы оборудования при приработке. И для осуществления данного контроля существует довольно таки обширный перечень оборудования. Начиная от обычных виброметров BALTECH VP-3405 или BALTECH VP-3410 и заканчивая продвинутыми анализаторами вибрации и стендовыми системами. Один из лучших вариантов, это на время приработки оборудования установить стендовую систему мониторинга CSI 2600, которая позволит непрерывно писать сигнал работающего оборудования, из которого уже можно будет выявить возникшие проблемы при приработке и исключить аварийный останов.

3. Третий этап. Данный этап подразумевает под собой наработку подшипника до отказа. На данном этапе можно прибегнуть к нескольким видам контроля подшипников. Один из самых простых, использование простейших виброметров BALTECH VP-3405 или BALTECH VP-3410 и осуществлять периодический контроль вибрации в соответствии с ГОСТ 10816. Данный прибор позволит по уровню вибрации увидеть находится ли вибрация в допуске. Как правило, если вибрация завышена, то дефект уже хорошо развит и необходимо предпринимать меры по его устранению.

Так же существует прибор BALTECH VP-3450 основанный на методе ударных импульсов, который в отличие от своего предшественника по импульсу вибрации позволяет определить зарождающийся дефект.

Для осуществления продвинутого мониторинга оборудования чаще всего используют современные анализаторы вибрации. Один из лучших на сегодняшний день это вибродиагностический комплекс CSI 2140, который позволяет на ранней стадии определять развивающиеся дефекты, а так же определять тип дефекта. Помимо этого данный прибор, так же как и стендовая система CSI 2600, может временно устанавливаться на оборудование и писать временной сигнал на протяжении нескольких часов. Так же данные системы позволяют

на профессиональном уровне продлять срок эксплуатации подшипников перед очередным ремонтом, что позволяет экономить не только время на проведение ремонта, но и средства по замене запчастей.

Для повышения ресурса и надежности ответственного оборудования необходима точная система диагностирования текущего технического состояния подшипников качения. Широкое распространение во всем мире получили методы контроля и диагностики, базирующиеся на измерении параметров вибрации. Теория и практика анализа вибросигналов к настоящему времени столь отработана, что можно получить достоверную информацию о текущем техническом состоянии не только подшипника, но и его элементов.

Греченева А.В., Егорова Е.А.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Н.В. Дорофеев
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: itpu@mivlgu.ru

Методика оптимизации процесса реабилитации позвоночника на основании биомеханических и физиологических параметров пациента

Восстановление функций опорно-двигательного аппарата (ОДА), утраченных либо нарушенных вследствие формирования нервномышечной дисфункции является сложной задачей в медицинской реабилитации. Основные трудности реабилитации для категории больных с патологиями ОДА заключаются в адаптации физических упражнений к уровню, соответствующему способностям движения пациента.

В настоящее время одним из наиболее распространенных методов реабилитационных методик является функциональная программируемая электромиостимуляция. Однако в результате произвольных сокращений мышц пациент зачастую не может контролировать точность движения, при выполнении того или иного действия. Кроме того, применяется масса методик реабилитации совместно с механическими программируемыми системами поддержки опоры. Данные системы предназначены для контроля баланса пациентов с нарушениями двигательных функций, а также для повышения эффективности выполнения двигательных действий. Однако, эффективность описанных выше методик невелика, так как они не учитывают индивидуальных особенностей пациента, которые определяются на структурно-анатомическом, и нейрофизиологическом уровнях. При этом, врачебный контроль выполнения реабилитационных программ пациента основан лишь на визуальной оценке норм и отклонений двигательных действий.

Следовательно, актуальной и перспективной является идея создания методики оптимизации процесса реабилитации позвоночника и ОДА пациента, которая будет построена с учетом биомеханических и физиологических параметров пациента и позволит своевременно корректировать нагрузку, исключать перегрузки и риски травмоопасности. Следует отметить, что данная методика предназначена для реабилитации больных с частичной (но не полной) потерей двигательной активности.

Разрабатываемая методика реабилитации содержит следующие этапы:

1. Первостепенным этапом необходимо пройти МРТ/КТ исследования для получения графической информации о габаритах позвоночных сегментов, состоянии хрящевой ткани и структурных особенностях костных тканей.

2. Далее на основании зарегистрированных параметров и обработки графической информации проектируется нейромеханическая модель конкретного пациента.

3. В результате компьютерного напряженно-деформируемого моделирования определяются слабые участки и патологические зоны позвоночника. Это могут быть участки с повышенным трением, либо зоны неравномерного распределения нагрузки. Описанные выше этапы выполняются до начала реабилитационного процесса с целью определить уровень нагрузок и оценить возможные варианты движений, при которых нагрузка является сбалансированной и не превышает допустимых норм. Кроме того это позволит определить ключевые точки гониометрического контроля.

4. Далее в режиме реального времени на пациента размещается система гониометрического контроля, принцип работы которой заключается в регистрации углов поворота, пространственного позиционирования позвоночника, уровня вибраций и шумов при осуществлении движения.

5. Дополнительно также осуществляется регистрация ЭЭГ и ЭМГ активности портативным биосенсорными системами. Данные системы организуют обратную связь, позволяющую оценить наличие болевого синдрома с точки зрения изменения уровня мозговой

и нервно-мышечной активности, выявить причины функциональных двигательных отклонений при оценке уровня нейронных потенциалов.

6. Динамические данные в режиме реального времени заносятся в спроектированную нейромеханическую модель.

7. Далее, в результате применения интеллектуальной обработки данных строится прогнозная модель, позволяющая оценить динамику реабилитационного процесса в ходе выполнения допустимых (рекомендованных с точки зрения уровня нагрузки) движений.

В результате применения предлагаемой методики планируется достичь повышения эффективности процесса реабилитации вследствие адаптации инструментов, подходов и средств реабилитации (комплекса упражнений, режимов работы механических систем поддержки опоры, экзоскелетов и т.д.) под структурно-анатомические, и нейрофизиологические особенности пациента, с дальнейшим прогнозированием динамики параметров путем математического и компьютерного моделирования. Это позволит своевременно корректировать нагрузку, исключить перегрузки и риск травмоопасности.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-08-00992А

Дударев Д.В.

*Научный руководитель: к.т.н, доцент М.Н. Кулигин
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
dmitrij.dudarew@yandex.ru*

Исследование возможностей вейвлет-анализа при обработке акустических сигналов

Вокруг нас есть разные звуки. Естественные и не естественные. К естественным относятся сигналы, создаваемые шумом дождя, речью, стрекочивание кузнечиков. К не естественным относятся сигналы, воспроизводимые электрическими устройствами т. е. акустические сигналы. [2]

Кроме звуков есть вейвлеты. Вейвлет – это волновая форма сигнала эффективно ограниченной длительности, которая имеет среднее значение ноль.

Сравнив вейвлет с синусоидальной волной. Синусоиды не имеют ограниченной длительности – они продолжаются от (-) до (+) бесконечности. И вейвлеты стремятся быть неровными и асимметричными в отличие от синусоидальной волны.

Одно из главных преимуществ, которое предоставляет вейвлет, является возможность представлять локальный анализ, т.е. анализировать локализованную область в большом сигнале. [1]

Благодаря вейвлетам сделали вейвлет анализ. Вейвлет анализ - это разложение сигнала на сдвинутые и масштабируемые версии первоначального вейвлета.[4] В отличие от других методов анализа сигналов может уточнить: резкие нелинейности в высших гармониках и точки разрыва. [3]

Сигналы с внезапными изменениями анализируют лучше с помощью неравномерного вейвлета, чем с помощью гладкой синусоиды, а также отдельные черты сигналов могут быть представлены лучше с помощью вейвлетов, которые имеют локальную протяженность.

Различные методы анализа структуры сигналов, основанные на вейвлет-преобразовании, могут применяться в различных сферах жизни-деятельности. Например для акустической диагностики механизмов, кардио-сигнала, неразрушающего контроля, обработки и распознавания речи и т.д. Конструирование более точных приборов исследования сигналов, позволяющих раскрыть детали более сложной структуры, это является актуальной задачей.

Литература

1. <http://mirznanii.com/a/314255/veyvlet-analiz-signalov-i-ego-primenenie>
2. <http://mir.zavantag.com/kultura/712276/index.html?page=5>
3. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: Основы теории и примеры применения. – Успехи физических наук, 1996, т.166, № 11, стр. 1145-1170.
4. Новиков Л.В. Основы вейвлет-анализа сигналов: Учебное пособие. – СПб, ИАНП РАН, 1999, 152 с.

Егорова Е.А., Биткова М.А

Научный руководитель: к.т.н., доцент Н.В.Дорофеев

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: cartoonfun44@gmail.com*

Проблемы построения суперкомпьютеров

Суперкомпьютером принято называть компьютер, многократно превосходящий по своим характеристикам среднестатистический компьютер. Использование суперкомпьютеров позволяет в некоторой мере или целиком заменить дорогостоящие испытания, визуализировать различные процессы, сократить создание экспериментальных образцов и новых технологий, ощутимо увеличить точность расчетов. Суперкомпьютеры применяются в научных исследованиях, в химии, в биологии, в метеорологии, в аэрокосмической и автомобильной промышленности, в ядерной энергетике, нефтедобывающей и газовой промышленности, а также в военных целях.

Суперкомпьютерные технологии занимают стратегически важное место для стран, которые претендуют на ведущие роли в мировой инфраструктуре. Разработка отечественных суперкомпьютеров, на порядки, превосходящие быстродействие нынешних компьютеров, является задачей национального значения. Одна из важнейших задач построения суперкомпьютеров – создание высокоскоростной коммуникационной сети, которая способна результативно соединить тысячи вычислительных узлов, гарантируя большую пропускную способность и низкую задержку передачи сообщений.

Выделяют следующие проблемы суперкомпьютеров:

Энергопотребление. Высокое потребление энергии современных суперкомпьютеров – сложная проблема, которая стоит на пути их последующего развития. Суперкомпьютеры в среднем потребляют десятки МВт электроэнергии, если дальнейший рост производительности будет идти такими же темпами, то для работы одного суперкомпьютера последующего поколения потребуется примерно 500 МВт.

Оперативная память и системы хранения данных. Нынешние технологии не предоставляют возможности хранения объемов данных, необходимых для проведения экзафлопных вычислений, а также доступа к данным с оптимальной быстротой. На выполнение процессорных операций требуется значительно меньше времени, чем на загрузку и выгрузку обрабатываемых данных.

Параллелизм. Приостановление увеличения тактовой частоты оставило единственный путь роста производительности вычислительных систем в целом – параллельные вычисления. В настоящий момент не существует архитектуры вычислительной системы, способной обеспечить эффективную работу подобного числа ядер.

Прочность. Около двадцати процентов вычислительной мощности высокопроизводительных систем утрачивается по причине возникших повреждений и восстановления после них, характерные значения составляют от восьми до трехсот шестидесяти часов.

Создание суперкомпьютеров может не только разрешить многие затруднения в области вычислений высокой производительности, но и кардинально повлиять на технологический уровень страны, внести свой вклад в развитие национальной экономики.

Литература

1. Проблемы и перспективы применения суперкомпьютерной техники в управлении информационными процессами. ПАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука», 2013–2018.
2. Гергель В.П., Линёв А.В. Проблемы и перспективы достижения экзафлопного уровня производительности суперкомпьютерных систем. Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского

Жидоморова Е.Р.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Н.В. Дорофеев

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail: katy.zhidomorova@mail.ru

Измерение активности нейронов участков нервной системы

Важность данной темы заключается в том, что нервная система играет огромную роль в процессе нормализации функций организма, она обеспечивает согласованную работу клеток, тканей, органов и их систем. При этом организм работает, как единое целое. Нервная система осуществляет взаимосвязь организма с внешней средой. Она собирает информацию, которая поступает из различных рецепторов и посылает организму сигналы.

Основными функциями нервной системы является восприятие изменений внутри тела и окружающего его пространства, объясняется это изменение мышечным сокращением. Нервная система – это большое количество разных, взаимодействующих между собой структур, которые обеспечивают наравне с эндокринной системой организацию работы большей части систем организма, а также отклик на смену условий внешней и внутренней среды. Единицей нервной системы является нейрон. Нейрон представляет собой нервную клетку, проводящую импульсы к другим клеткам организма. Соединяясь в нейронные цепи, нервные клетки образуют целую систему, как соматическую, так и вегетативную.

Соматическая нервная система – это участок нервной системы человека, объединяющая в себе чувствительные и двигательные нервные волокна, которые отвечают за раздражение мышц. Вместе с тем, она отвечает за координацию движений тела, и получение и передачу сторонних сигналов. Эта система осуществляет действия, которыми человек управляет сознательно.

Вегетативную нервную систему разделяют на два вида: симпатическую и парасимпатическую. Симпатическая нервная система управляет ответной реакцией на опасности или стресс, и кроме того, может вызвать увеличение частоты сердечных сокращений, повышение кровяного давления и возбуждение органов чувств, за счет повышения уровня адреналина в крови. Парасимпатическая нервная система, в свою очередь, управляет состоянием покоя, и регулирует сокращение зрачков, замедление сердечного ритма, расширение кровеносных сосудов и стимуляцию пищеварительной и мочеполовой системы.

Нервная клетка является структурной и функциональной единицей центральной нервной системы. Нейроны способны принимать, обрабатывать, кодировать, передавать и хранить информацию, устанавливать контакты с другими клетками. С помощью нейронов формируются ответные реакции организма (рефлексы) на внешние и внутренние раздражения.

Одним из показателей активности нейронов являются потенциалы действия – электрические импульсы длительностью несколько миллисекунд и амплитудой до нескольких милливольт. Новейшие технические возможности позволяют фиксировать импульсную активность нейронов у животных. В некоторых случаях в условиях нейрохирургических операций исследователям удается зафиксировать импульсную активность нейронов у человека. Так как нейроны имеют небольшие размеры, то и регистрация их активности осуществляется с помощью подводимых вплотную к ним специальных отводящих микроэлектродов.

Микроэлектроды бывают в металлическом и стеклянном виде. Микроэлектрод из металла представляет собой стержень из специальной высокоомной изолированной проволоки со специальным заточенным регистрирующим кончиком. Микроэлектрод из стекла – тонкая трубочка из высококачественного изоляционного материала (диаметр около одного миллиметра) с тонким незапаянным кончиком, заполненная раствором, который проводит электрический ток (электролитом). Электрод закрепляется в специальном микроманипуляторе, укрепленном на черепе животного, и соединяется с усилителем. С помощью микроманипулятора электрод через

отверстие в черепе постепенно вводят в мозг. Размер шага содержит в себе некоторое количество микрон, что позволяет подвести регистрирующий кончик электрода очень близко к нейрону, не повредив его. Усиленный сигнал попадает на монитор и записывается на магнитную ленту или в память электронной вычислительной машины. При взаимодействии кончика электрода с активным нейроном исследователь видит на мониторе возникновение импульсов, амплитуда которых при последующем аккуратном продвижении электрода равномерно увеличивается. Когда амплитуда импульсов начинает значительно превышать фоновую активность мозга, электрод больше не подводят, чтобы исключить возможность повреждения мембраны нейрона.

Литература

1. Основы психофизиологии: Учебник / Отв. ред. Ю.И. Александров. - М.: ИНФРА-М, 1997
2. Мозг и нервная система человека – Борисова И.А. – Иллюстрированный справочник. Год выпуска 2009

Кирычев А.С.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Дороеев Н.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: dope.dopee@yandex.ru*

Исследование методов обработки георадарных данных

Георадиолокационное обследование существует в двух вариантах: это георадарное профилирование и георадарное зондирование.

Применение метода георадарного обследования для решения инженерно-геологических и геотехнических задач в настоящее время приобретает все более широкие масштабы. Это объясняется простотой и удобством проведения полевых работ и высокой производительностью метода. Одновременно с этим возникает целый ряд проблем с обработкой больших массивов данных и интерпретацией полученного материала. При использовании георадара для исследования автомобильных дорог и железных дорог, аэродромов, при работе на акваториях протяженность георадарных профилей может составлять десятки и даже сотни километров. В большинстве случаев оперативное получение конечного материала является необходимым условием проведения георадарных работ.

Существующие в настоящее время программные средства обработки георадарных данных, полученных в ходе георадарного обследования, позволяют для ряда стандартных задач использовать готовые графы обработки, улучшающие вид материала, поступающего в интерпретацию. При решении задач выделения в плане локальных областей электрофизических неоднородностей (участки обводнения, линзы глин, пустоты, трещины на асфальтовом или бетонном покрытии и т.п.) автоматизация данного процесса может быть частично решена методами атрибутного анализа. Данная задача аналогична задаче профилирования, применяемого в различных геофизических методах и нашедших применение в обработке данных, полученных с георадара. В качестве атрибутов могут быть использованы амплитудные, частотные, фазовые характеристики записи, затухание и ряд других.

Задача определения пространственного положения электрофизических границ и неоднородностей (задача зондирования) является более сложной в смысле использования средств автоматизации. Это связано с тем, что автоматизированное определение (пикировка) электрофизических границ, в большинстве случаев, требует интерактивное участие интерпретатора или применения сложных самообучающихся алгоритмов. Вполне естественно, что для решения большинства типовых задач, связанных с изучением инженерно-геологических условий, хотелось бы иметь возможность оперативной автоматизированной обработки позволяющий получить удобный для интерпретации материал, хотя бы и с некоторой потерей точности. Задача построение разреза подповерхностной среды, как правило, решается методом визуального анализа волновой картины радарограммы и прослеживания выбранных по тем или иным критериям осей синфазности отражённых сигналов, которые соответствуют границам раздела слоёв с различными электрофизическими параметрами.

Этот способ не вызывает трудностей, если толща состоит из диэлектрически контрастных областей, на границах которых диэлектрическая проницаемость меняется скачкообразно, и эти границы уверенно отыскиваются на радарограмме.

Однако нередко случается так, что характеристики компонент, например, грунта, меняются плавно, без скачка, вследствие диффузного характера контакта соседних слоёв или в силу каких-то других причин. В этом случае оси синфазности, которые соответствовали бы искомым границам, на радарограмме трудно выделяемы, или отсутствуют вовсе.

В подобных условиях единственное решение – вручную, известными в геофизике приёмами, определить скоростные характеристики участков разреза по найденным на радарограмме дифрагированным волнам, которые сформировались в результате отражений от точечных подповерхностных объектов, и объединять области с близкими значениями скорости в слои.

Достоверность построенного подобным образом разреза определяется количеством обнаруженных отражений, равномерностью распределения их по площади радарограммы, степенью подготовки геофизика-интерпретатора и человеческим фактором (невнимательность, усталость при работе с георадаром и т.п.).

Трудоёмкость этого метода не позволяет производить обработку больших объёмов георадиолокационных данных за приемлемое время. Таким образом, сводится на нет преимущество метода георадиолокации в области высокой производительности.

Учитывая существующие особенности метода подповерхностной радиолокации: сравнительно небольшую глубинность исследований, высокую разрешающую способность метода, сложность и неоднородность верхней части разреза, вполне естественно выглядит возможность использования поля обратного рассеяния электромагнитных волн для определения электрофизического строения среды.

Автоматизация процесса распознавания дифрагированных отражений и определения кинематических характеристик волн с последующим построением разреза позволяет расширить возможности георадиолокации применительно к инженерно-геологическим изысканиям.

Литература.

1. Е.Д. Алексанова, А.А. Бобачев, Д.К. Большаков, А.А. Горбунов, С.В. Иванова, В.А. Куликов, И.Н. Модин, П.Ю. Пушкарев, В.К. Хмелевской, Н.Л. Шустов, А.Г. Яковлев «Электроразведка: пособие по электроразведочной практике для студентов геофизических специальностей» - М.: 2005.
2. Разработка и производство георадаров и сейсмостанций <http://www.logsys.ru/>
3. Ю.В. Якубовский «Электроразведка», «Недра» - М.: 1973.

Киселев Д.М.

*Научный руководитель: ассистент каф. УКТС Греченева А.В.
 Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
 учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
 имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
 602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
 602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23 E-mail: vip.DimKis1998@mail.ru*

КТ и МРТ при регистрации болевых ощущений

Боль-это сенсорное и эмоциональное переживание, связанное с истинным или потенциальным повреждением ткани или описываемое в терминах такого повреждения. В отличие от других сенсорных модальностей боль всегда субъективно неприятна и служит не столько источником информации об окружающем мире, сколько сигналом повреждения или болезни. Болевая чувствительность побуждает к прекращению контактов с повреждающими факторами среды. Надо понимать, что у каждого человека свой порог боли. Одни лица при одном и том же импульсе испытывают лишь незначительные неприятные ощущения, другие — чувство жжения, резания, тошноты, трети — непереносимую боль. Порог болевой чувствительности изменяется в зависимости от расы и возраста, от различных физиологических и патологических влияний: например, болевая чувствительность усиливается при беременности, в климактерическом периоде, при повышенной нервной реактивности, при повторении импульсов, при воспалении. Все тело человека покрыто рецепторами, которые с помощью импульсов передают информацию в головной мозг.

Существуют два вида выявления боли у человека: с помощью опроса больного и исследование его с помощью специальных приборов. С помощью опроса проверяется поверхностную чувствительность человека. К примеру к телу человека прикладываются теплые и холодные предметы. Пациент должен определить, какой предмет был приложен к телу. Или пациента колет специальной безопасной иглой, надавливание иглой должно быть достаточно сильным, чтобы вызвать болевое ощущение. В ответ на укол пациент должен сообщить о своём ощущении, а не просто констатировать факт прикосновения. Но этот способ не всегда дает сто процентный результат. Теперь рассмотрим выявление боли с помощью приборов. Так как мозг человека постоянно перерабатывает информацию то легче всего исследовать боль с помощью томографии. Томография — это послойное сканирование определенной области организма человека с целью выявления патологических изменений в структуре органов и тканей. В современной медицине используются компьютерные и магнитно-резонансные томографы, которые различаются принципом действия. Компьютерная томография- это один из самых информативных способов исследования человеческого организма. Сканирование проводится с помощью гамма-лучей, которые воздействуют на мозг с разных сторон и проходят через ткани с разной плотностью. Информация после этого обрабатывается на компьютере, после чего получается трехмерное изображение. Несмотря на то, что во время проведения процедуры человек подвержен воздействию рентгеновского излучения, она считается абсолютно безвредной.

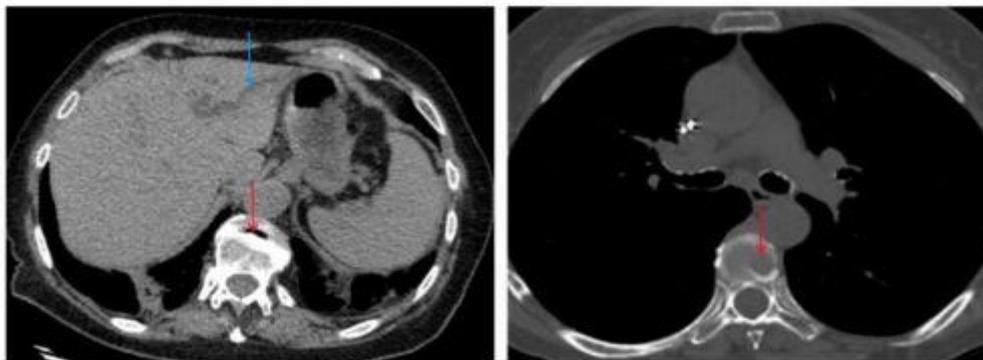


Рис.1. Пример снимка МРТ

Магнитно-резонансная томография- это современный диагностический метод сканирования человеческого организма. Этот метод считается безопасным, так как в нем не используется ионизирующее излучение. В основе этого вида томографии лежит ядерный магнитный резонанс. Во время проведения этого вида томографии положительно заряженные частицы в ядре водорода попадают в магнитное поле и после окончания воздействия они выделяют энергию, которую и фиксирует томограф.

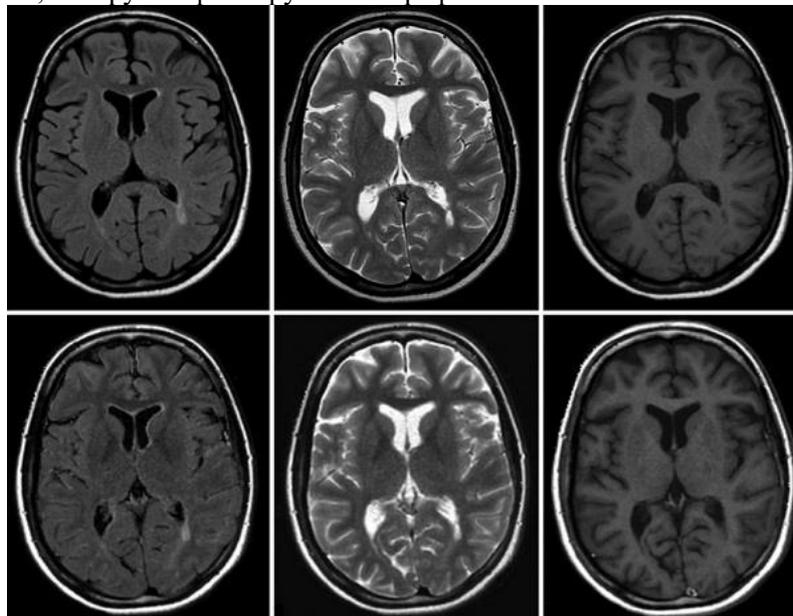


Рис. 2. Компьютерная томограмма

На сегодняшний день как таковой единицы измерения боли не существует. Организм человека слишком индивидуален, и у каждого человека есть свой болевой порог. Подведя итоги можно сказать, то что для исследования боли лучше всего будет применять любой из двух видов томографии, так как компьютерная и магнитно-резонансная томография являются взаимозаменяемыми.

Литература

1. Электронный ресурс <http://mrt-diagnostics.ru/kt/vidy-tomografii/>
2. Электронный ресурс <http://www.medsecret.net/nevrologiya/klinicheskoe-obsledovanie/464-issledovanie-chuvstvitelnosti>
3. Патофизиология боли/ Грицай Александр Николаевич/ Санкт-Петербург, 2013.

Коваленко А.О., Бакнин М.Д.

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Р.В. Романов**Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23**E-mail: itpu@mivlgu.ru***Моделирование вибраций проезжающих транспортных средств и определение по ним основных параметров.**

Задача динамического измерения основных параметров транспортных средств, таких как скорость, тип и вес остается актуальной на сегодняшний день. Наибольшую трудность представляет проблема определения веса транспорта в движении. На данный момент контроль веса осуществляется либо стационарно с использованием автомобильных весов, либо динамически тензорезистивным методом контроля, но его практическая реализация позволяет производить контроль лишь точно на стационарных пунктах, которые не могут быть развернуты более масштабно в короткие сроки из-за сложностей установки и больших финансовых затрат. Поэтому необходимо применение новых методов и алгоритмов для осуществления мониторинга транспорта.[1]

Вибрации формируемые транспортом несут в себе большое количество информации о нем и могут быть использована для определения основных параметров, таких как скорость, вес и тип автомобиля.[2]

При наличии двух датчиков на известном расстоянии скорость определяется путем корреляции данных по соответствующим осям акселерометров.

$$B_s(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t - \tau) \cdot s(t) dt. \quad (1)$$

Диапазон корреляции берется от времени обнаружения до полного проезда транспортного средства. Затем находится смещение максимума корреляционной функции, что соответствует времени задержки сигнала или времени проезда автомобилем расстояния между датчиками. По известному времени и расстоянию вычисляется скорость автомобиля.

Помимо скорости по вибрациям можно определить и вес автомобиля, но для этого необходимо знать не только параметры сигнала, но и характеристики грунта (тип, температура, влажность и т.д.) и дорожного полотна, в которых будет распространяться вибрация. Все эти параметры грунтов учитываются в коэффициенте потерь (k_n):

$$m = \frac{2 \cdot A^2}{k_n \cdot v^2}. \quad (2)$$

Вибрационный сигнал проезда транспортного средства в наиболее простом виде может быть представлен как сумма плоских затухающих гармонических колебаний.

$$x = \sum_{i=1}^n A_i e^{-\beta t} \cos(\omega_i t + \varphi_i) \quad (3)$$

Таким образом, задача моделирования виброакустического сигнала различных типов транспортных средств, сводится к моделированию плоских затухающих гармонических колебаний отдельных автомобильных осей с различными характеристиками частоты и амплитуды, а также различными задержками по времени относительно друг друга.

Литература

1. Коваленко А.О., Котов А.Н., Дорофеев Н.В. Виброакустический метод идентификации параметров автомобилей и транспортного потока // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности 2016 №2 с.20-23

2. Коваленко А.О., Бакнин М.Д., Дорофеев Н.В. Применение виброакустического метода для управления и контроля транспортными потоками // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2017. №1(35). с. 28-35.

Коваленко А.О., Бакнин М.Д.

*Научный руководитель: к.т.н., доц. Р.В. Романов**Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23**E-mail: itpu@mivlgu.ru*

Первичная обработка виброакустических колебаний формируемых транспортными средствами.

В настоящее время с увеличением количества автотранспорта в городах появляется необходимость масштабного мониторинга и контроля транспортных потоков. По сравнению с другими методами контроля, наиболее эффективным, как с экономической, так и с практической точек зрения, является предлагаемый в данной работе виброакустический метод. Он основан на применении акселерометрических датчиков для регистрации транспортных вибраций и последующей их обработкой.[1]

Для непосредственной идентификации параметров транспортных средств, таких как скорость и вес, виброакустическим методом контроля регистрируемые вибрации транспорта должны быть предварительно обработаны. Первичная обработка включает в себя фильтрацию, сглаживание и обнаружение автомобиля рис. 1

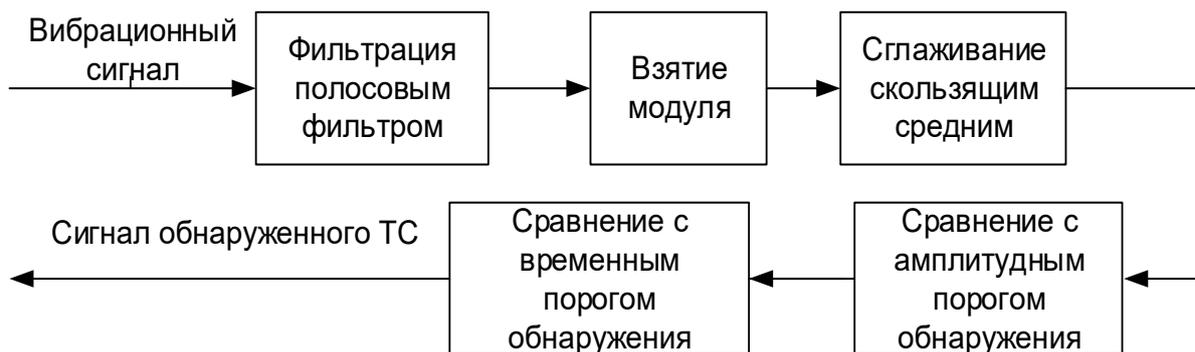


Рис. 1. Алгоритмы первичной обработки виброакустических сигналов для получения характеристик автомобиля.

В первую очередь виброакустические сигналы, получаемые с акселерометра необходимо отфильтровать от низкочастотных и высокочастотных случайных городских шумов, а так же шумов создаваемых близлежащими заводами, железными дорогами или проводимыми ремонтными работами. Таким образом, целесообразнее всего выделить полосу частот, в которой сосредоточено наибольшее количество энергии вибраций создаваемых автотранспортом. Данная полоса была найдена в исследованиях[2] путем проведения спектрального анализа, который выявил наличие в спектре сигнала проезжающего автомобиля частотные составляющих практически от 0 до 4000Гц, но основная часть энергии была сконцентрирована в полосе от 750Гц до 1850Гц. Таким образом, для осуществления первичной фильтрации виброакустического сигнала подойдет полосовой фильтр, имеющий уровень ослабления вне полосы пропускания не ниже 60дБ. Например: полосовой эллиптический (фильтр Кауэра) или фильтр Чебышева первого рода, которые имеют крутой спад АЧХ в области перехода от полосы пропускания к полосе задерживания.

Следующим этапом первичной обработки является избавление от отрицательных значений, путем взятия модуля или возведения массива данных в квадрат, а так же сглаживание скользящим средним.

Обнаружение автомобиля осуществляется путем сравнения данных с амплитудным и временным порогами обнаружения. Таким образом, формируется массив обнаруженных автомобилей по которому определяются непосредственно параметры транспортного средства скорость, вес и тип.

Литература

1. Коваленко А.О., Котов А.Н., Дорофеев Н.В. Виброакустический метод идентификации параметров автомобилей и транспортного потока // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности 2016 №2 с.20-23
2. Обертов Д.Е., Бардов В.М. Алгоритм обнаружения транспортных средств с помощью акселерометров // Информационно-управляющие системы. 2013. № 6 (67). С. 6-13.

Коровин И.Д.

*Научный руководитель: д.т.н., профессор О.Р. Кузичкин
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: yl.ilya2015@yandex.ru*

Исследование принципов построения активно-адаптивных сетей в системах контроля электроэнергии.

Развитие электроэнергетики зависит во многом от качества электроэнергии. С низким качеством электроэнергии снижается эффективность работы электроприемников, быстрое сокращение срока службы, оборудования, изоляций, это приводит в итоге до полного прекращения работы. Последнее время в мире интенсивно развивается концепция Smart Grid (интеллектуальная сеть) или активно-адаптивная сеть, характеристики и параметры которой изменяются в реальном времени, от режимов использования энергосистемы.

Активно-адаптивные сети обеспечивают управляемость, определяя возможность «интеллектуального - анализа» электроэнергии. Это даст возможность к развитию рыночных отношений в электроэнергетической отрасли, функционирования и развития электрической сети, в частности отрасли электроэнергетики в целом. Надежность работы систем производства энергии обеспечит соответственно электроснабжения потребителей. Состояние готовности инфраструктуры электрических сетей для функционирования оптового и розничного рынка электроэнергии, параллельной работы в Единой энергетической системе России и электроэнергетических систем иностранных стран, на подключение новых потребителей, функционирования и развития экономики, безопасности персонала и снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Интеллектуальная система активной-адаптивной сети - это новое поколение системы питания, основанный на интеллектуальном управлении работы и развития. Целью является обеспечение эффективного использования всех видов ресурсов (природных, социальных, производственных и человеческих) для надежного, эффективного и высокого качества энергоснабжения потребителей. Требования для новой электроэнергетике может быть сведена к решению группы задач. Доступность - обеспечение доступа всех типов производства и потребителей на электрические сети инфраструктуры услуг, независимо от времени, территориальных и других факторов. Надежность - способность выдерживать физические и информационные негативных последствий, без крупномасштабных закрытий или высоких затрат на восстановительные работы. Эффективность - обеспечение контроля затрат, снижения потерь электроэнергии вовремя ее передачи и распределения в условиях регулирования нагрузки с максимальным учетом требований (в том числе экономической) потребителей, более эффективное производство электроэнергии и эксплуатации оборудования.

Органические взаимодействия с окружающей средой - снижение воздействия на окружающую среду с помощью инноваций в области производства, транспортировки, распределения, хранения и потребления электроэнергии.

Безопасности - для того, чтобы убедиться, что никакого вреда окружающей среде или обслуживающего персонала при эксплуатации установок для производства энергии.

Принцип создания интеллектуальной сети должна основываться на клиента - социальных направленностей, обеспечивая допустимость в технологической и социально – экологической совместимости системы, достаточности по объему и мощности электроэнергии, доступность предоставления услуг и передач электроэнергии с экономическим спросом. Важным построением адаптивных интеллектуальных систем является открытость. Основанное на их способности к обучению самоорганизации адаптации и использование стандартных и новых протоколов, передачи потоковых данных и получение информационных услуг.

Если внедрить в электрическую сеть Активно-адаптивные элементы, это позволит снизить на строительство объектов. Решение задач для снижения нагрузки на окружающую среду,

уменьшение дефицита в энергии с использованием возобновляющих источников энергии. Это повысит качество и надежность работы энергосистемы адаптивных сетей, Развитие инновационных технологий, расширение масштаба производства, более интенсивного применения электрической энергии в транспортной сфере. Благодаря концепции активно-адаптивных электрических сетей (интеллектуальная сеть) вступим в новую фазу развития электрических сетей, которая будет гармонично оказывать воздействие на окружающую среду, улучшения качества жизни, и экономический подъем.

Литература

1.Кобец Б.Б., Волкова И. Интеллектуальные сети. - Энергорынок. Профессиональный журнал, 2010, март.

2.Алексеев Б.А. Электрические сети противостоят авариям. - Энергоэксперт, 2009, № 5.

3.Скопинцев В.А. Качество электроэнергетических систем: надежность, безопасность, экономичность, живучесть. - М.: Энергоатомиздат, 2009.

4.Абдурахманов А.М., Мисриханов М.Ш., Федоров В.Е., Шунтов А.В. О надежности ячеек элегазовых выключателей 110—750 кВ подстанций. — Материалы Международ, науч. семинара «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики», Ялта (АР Крым. Украина), 13—19 сентября 2010 г.

Кочеткова С.С., Кочеткова Е.С.
Научный руководитель: к.т.н. Р.В. Романов
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: lizochka_kochetkova@mail.ru

Наногрибковые технологии в области измерений

В настоящее время нанотехнологии находятся в стадии интенсивного развития, и основные открытия, предсказываемые в этой области, уже используются в жизни. Плазмонные и наноплазмонные датчики могут с успехом использоваться во многих областях, от электроники до производства продуктов питания и медицины, также с помощью них можно выявить важные сведения о здоровье и функциях клеток и тканей.

Элементы, созданные с помощью нанотехнологий, обладают возможностью изменять поведение материалов. Применение нанотехнологий привело к открытию новых материалов с разнообразнейшими свойствами – исключительной прочностью, износо- и термостойкостью.

Способность плазмонных материалов поглощать и рассеивать свет очень своеобразна, что придает им уникальные чувствительные свойства. Наноплазмонные материалы представляют интерес для биологов, химиков, физиков, ведущих исследования в самых разнообразных областях, таких как биозондирование, хранение данных, генерация света и фотоэлементы.

Наиболее привлекательная особенность материала заключается в том, что он позволяет клетке выживать в течение длительного промежутка времени. Материал выглядит как обычный кусок стекла, однако его поверхность покрыта наноплазмонными грибовидными структурами – наногрибками – со стеблем из двуокиси кремния и золотой шляпкой. Совместно они образуют биосенсор, способный отслеживать взаимодействия на молекулярном уровне. Шляпка наногрибка при работе биосенсора выполняет роль оптической антенны.

Биосенсоры могут быть использованы для:

- измерения пищевой ценности, свежести и безопасности продуктов питания;
- экспресс-анализа крови непосредственно у кровати больного;
- обнаружения и измерения степени загрязнения окружающей среды;
- детекции и определения количества взрывчатых веществ, токсинов и возможного биологического оружия.

Наногрибок поглощает и рассеивает свет, проходящий через наноплазмонную пластину, изменяя его свойства. Поглощение и рассеивание света определяется размером, формой и составом наноматериала, кроме того, что более важно, на него влияет любая среда, находящаяся в непосредственной близости к наногрибку. По изменениям световых характеристик на другой стороне пластины исследователи могут определить и отследить процессы, происходящие на поверхности датчика, такие как деление клетки.

В результате была разработана технология печати для создания крупноформатных наногрибковых биосенсоров. Благодаря этому методу удалось создать материал, состоящий примерно из одного миллиона грибовидных структур, размещенных на пластине из двуокиси кремния размером 2,5 x 7,5 см.

Таким образом, с помощью наногрибковых технологий можно осуществлять важные научные открытия во многих областях, от электроники до производства продуктов питания и медицины.

Литература

1. Электронный ресурс <https://cld.bz/dxiniua/46>.
2. Электронный ресурс <http://mfina.ru/nanotexnologii>.

Кривцов В.О.

Научный руководитель: к.т.н. Романов Р.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail:krivcov.vladik@mail.ru*

Исследование влияния метрологических характеристик ЦАП на точность формирования сигнала

Вопросы, связанные с оптимизацией избыточного кодирования в ЦАП, повышением эффективности способов поверки и коррекции инструментальных погрешностей высокоточных ЦАП, а также вопросы преобразования информации из избыточного кода с двоичными устройствами цифровой вычислительной техники исследованы недостаточно.

Таким образом, необходимость создания высокоточных и метрологически стабильных ЦАП, некритичных к технологической точности изготовления элементной базы, обладающих оптимальной избыточностью и совместимых по форме представления цифровой информации с двоичными устройствами цифровой вычислительной техники обусловили актуальность исследований.

Технологические возможности производства полупроводниковых ЦАП в настоящее время лежат в области 10-12 разрядных преобразователей, поэтому более высокие метрологические параметры получают на основе гибридной и модульной технологии при введении избыточности в разрабатываемые преобразователи. Весьма актуальной является задача разработки высокоточных ЦАП на 14-16 двоичных разрядов с повышенной стабильностью метрологических параметров. Такие высокоточные преобразователи находят применение в автоматизированных системах контроля параметров при производстве и эксплуатации АЦП и ЦАП меньшей разрядности, в устройствах высококачественной цифровой магнитной записи, в системах автоматизации научных экспериментов и других областях науки и техники.

ЦАП подразделяются: 1) по разрядности (чем она выше, тем точнее можно установить значение выходного сигнала); 2) по типу занесения кода: параллельные (с регистром или без него) и последовательные (всегда с регистром); 3) по способу подачи опорного сигнала: обычные и перемножающие.

Одной из метрологических характеристик ЦАП является разрешающая способность определяемая числом разрядов N . Обычно ЦАП преобразует N -разрядные двоичные коды и должен обеспечить 2^N различных значений выходного сигнала с разрешающей способностью: $1/(2^N-1)$. Точность ЦАП определяется значениями абсолютной погрешности, нелинейностью, дифференциальной нелинейностью, нестабильностью опорного источника напряжения, влиянием нагрузки и другими факторами. Абсолютная погрешность $\delta_{ШК}$ – это отклонение значения выходного напряжения (тока) от номинального расчетного, соответствующего конечной точке характеристики преобразования. Эта величина измеряется в единицах младшего значащего разряда (МЗР). Нелинейность $\delta_{Л}$ характеризует идентичность минимальных приращений выходного сигнала во всем диапазоне преобразования и определяется как наибольшее отклонение выходного сигнала от прямой линии абсолютной точности, проведенной через нуль и точку максимального значения выходного сигнала. Значение нелинейности не должно превышать $\pm 0,5$ единицы МЗР, но бывают исключения. Дифференциальная нелинейность $\delta_{Л.ДИФ}$ характеризует идентичность соседних приращений сигнала. Ее определяют как минимальную разность погрешности нелинейности двух соседних квантов в выходном сигнале. В идеале значение $\delta_{Л.ДИФ}$ не должно превышать удвоенное значение погрешности нелинейности. Если значение $\delta_{Л.ДИФ}$ больше единицы МЗР, то преобразователь считается немонотонным, т. е. при равномерном возрастании входного кода на его выходе сигнал растет неравномерно. Немонотонность дает уменьшение в некоторых квантах выходного сигнала при нарастании входного кода. Это можно рассмотреть на примере попытки увеличить разрешающую способность преобразователя путем построения составного

ЦАП, получающегося из двух идентичных преобразователей и суммирующего усилителя. Казалось бы, в такой схеме разрядность ЦАП увеличена в 2 раза. Неидентичность этих ЦАП приводит к немонотонности результирующей характеристики, поэтому такие схемы не следует применять. Из динамических параметров наиболее существенны такие, у которых: 1. Время установления $t_{УСТ}$ – это интервал времени от подачи входного сигнала до вхождения выходного сигнала в заданные пределы. 2. Максимальная частота преобразования $f_{ПРБ}$ – это наибольшая частота дискретизации, при которой параметры ЦАП соответствуют заданным значениям. В отечественной литературе разделяют прецизионные и быстродействующие ЦАП. Прецизионные ЦАП имеют $\delta Л < 0,1 \%$, а быстродействующие $t_{УСТ} < 100$ нс. По разрядности ЦАП достигают 18-20 двоичных разрядов, что соответствует разрешающей способности $U_{MAX} / U_{MIN} = 106$ (отношение максимального выходного напряжения к минимальному). При такой разрядности прецизионным ЦАП следовало называть такой ЦАП, нелинейность которого не превышает относительный вес младшего разряда, то есть для указанного случая желательна $\delta Л < 0,0001 \%$.

В заключение хотелось бы отметить, что для корректного применения ЦАП обязательно требуется соблюдение рекомендуемых технических документаций по схеме включения. Пониженное напряжение питания по сравнению с паспортным может вызвать нечеткую работу ЦАП, что может проявиться только при некоторых комбинациях входных сигналов. Проверка правильности работы должна производиться перебором входных сигналов и контролем выходного состояния.

Петряев П.К.

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Н.В. Дорофеев
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail:petryaewaolga@yandex.ru*

Исследование принципов построения комплексов автоматизированного контроля параметров удалённых движущихся объектов.

Отслеживание Позиции представляет собой комбинацию устройств и программного обеспечения, которое позволяет определить положение объекта в пространстве. Эта технология представляет собой способ получения эффекта погружения в виртуальную реальность. В сочетании с последующей ориентацией, то становится возможным измерить в реальном времени. В рамках работы с технологией виртуальной реальности. Методы и подходы для решения делятся на группы. Акустические, радиочастотные, магнитные, оптические, инерциальные, гибридные. Еще восприятие навязать высокие требования в отношении точности (~1мм) и задержкам (<20 мс) в VR оборудования. Оптические методы являются наиболее требовательными, и чаще всего используются вместе.

Акустический мониторинг использует ультразвуковые волны высокой частоты для измерения ориентации предмета. Определения положения длины звуковой волны от передатчика до приемника, или разность фаз синусоидальной звуковой волны в передаче. Акустический мониторинг имеет низкую скорость, вызванную низкой скоростью звука в воздухе.

Характеристики радиочастотных методов, во многом похожи на акустический мониторинг, имеют разницу только в частоте волны. Лучшее решение в точности достигает нескольких сантиметров. Однако, это решения не относятся к виртуальной реальности.

Устройства магнитных методов основаны на измерении переменного или постоянного магнитного поля. Сила магнитного поля уменьшается с увеличением расстояния между точкой измерения и базовой станцией, чтобы определить местоположение контроллера. Если точка измерения вращения магнитного поля, расположена вдоль осей определяя ее местоположения. Точность может быть высокой, однако магнитное отслеживание подвержено помехам от токопроводящих материалов вблизи излучателя или датчика, генерируя электронными устройствами, и ферромагнитных в последующие места.

Приборы оптических методов представляют совокупность компьютерного зрения и отслеживающих устройств. В зависимости от выбора системы отсчёта выделяют два подхода для отслеживания положения. Outside-in подход подразумевает присутствие неподвижного внешнего наблюдателя на наличие движущемся объекте оптического сенсора, благодаря которому возможно отслеживать движение относительно неподвижных точек в окружающем пространстве. Используется в Microsoft HoloLens, Project Tango (SLAM), SteamVR Lighthouse (гибридный вариант, т.к. есть базовые станции).

Гибридные методы не безупречны, и все они имеют свои слабые места, наиболее разумно сочетать различные методы отслеживания. Таким образом, инерциальное наблюдение может обеспечить высокую частоту обновления данных (до 1000 Гц), а оптические методы могут обеспечить стабильность точности в течение длительных периодов времени.

Литература

1. Глушков В.М. "Основы безбумажной информатики", М. Наука, 1987 г.;
2. "Человек и вычислительные техники" под ред. Глушкова В.М., М. Наука, 1971 г.;

Пронин Н.С.

Научный руководитель: к.т.н. Романов Р.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: nikita-pronin-1998@mail.ru*

Исследование технических средств 3D-печати

3D-печать это же аддитивное производство – процесс при котором создаются цельные трехмерные объекты геометрической формы на основе цифровой модели. Первые 3D-печати появились относительно давно, в 80-х годах, но широкое распространение получила лишь в 2010 году.

3D-принтер представляет собой станок, со своим программным обеспечением, позволяющим выполнять построение детали аддитивным способом.

У таких принтеров есть особые характеристики, такие как:

- область печати
- толщина слоя
- максимальная масса распечатываемой модели
- поддержка цветной печати
- используемое программное обеспечение
- распознавание различных форматов файлов
- размер 3D-принтера
- масса

Аддитивный метод отличается от субтрактивного тем, что подразумевает постройку объектов за счет добавления материала, а не удаления лишнего. Термин «аддитивное производство» подразумевает технологии по созданию объектов за счет нанесения последовательных слоев материала.

Есть несколько методов создания 3D-модели, это метод ручного компьютерного графического дизайна и 3D-сканирования. Ручное моделирование для создания трехмерной компьютерной графики, несколько напоминает скульптуру. 3D-сканирование – это сбор и анализ данных реального объекта, его характеристик (цвета, размера, формы), с последующим преобразованием в цифровую трехмерную модель. Эти технологии как никогда актуальны в наше время. Они используются в строительстве, архитектуре, биоинженерии, автомобильной, военно-промышленной, инженерной, медицинских и многих других отраслях.

Основные методы аддитивного производства представлены на рис 1.

Метод	Технология	Используемые материалы
Экструзионный	<u>Моделирование методом послойного наплавления (FDM или FFF)</u>	Термопластики (такие как полилактид (PLA), акрилонитрилбутадиенстирол (ABS) и др.)
Проволочный	<u>Производство произвольных форм электронно-лучевой плавкой (EBF₃)</u>	Практически любые металлические сплавы
Порошковый	<u>Прямое лазерное спекание металлов (DMLS)</u>	Практически любые металлические сплавы
	<u>Электронно-лучевая плавка (EBM)</u>	Титановые сплавы
	<u>Выборочная лазерная плавка (SLM)</u>	Титановые сплавы, кобальт-хромовые сплавы, нержавеющая сталь, алюминий
	<u>Выборочное тепловое спекание (SHS)</u>	Порошковые термопластики
	<u>Выборочное лазерное спекание (SLS)</u>	Термопластики, металлические порошки, керамические порошки
Струйный	<u>Струйная трехмерная печать(3DP)</u>	Гипс, пластики, металлические порошки, песчаные смеси
Ламинирование	<u>Изготовление объектов методом ламинирования (LOM)</u>	Бумага, металлическая фольга, пластиковая пленка
Полимеризация	<u>Стереолитография (SLA)</u>	Фотополимеры
	<u>Цифровая светодиодная проекция (DLP)</u>	Фотополимеры

Рис.1. Технологии 3D печати

3D-печать продвинула все сферы науки на шаг вперед. Она активно развивается. 3D-печать это одна из прорывных и успешных технологий, которые изменяют сам способ создания продукта. Уже сегодня мелкие предметы, которые состоят из одного или нескольких материалов, могут быть легко напечатаны на недорогом домашнем 3D-принтере. Через несколько лет, раньше, чем большинство из вас думает, вы сможете запросто распечатать полнофункциональные продукты, одежду и даже еду. 3D-печать, в итоге, изменит общество, которое мы знаем.