№1 2013
январь

Научно-практический журнал для специалистов

Республика Беларусь, г. Минск

электроника инфо

ПОДПИСКА В БЕЛАРУСИ: «Белпочта» – 00822

ПОДПИСКА В РОССИИ: «Роспечать» – 00822

«АРЗИ – Почта России» – 91654

ISSN 1999-7515

РАДИОАПТЕКА
электронные компоненты

220113, РБ, г. Минск, ул. Мележа, 1, оф. 212
Тел./факс: +375 (17) 268-43-31, +375 (17) 268-43-35, +375 (17) 268-43-34
моб.: +375 (29) 174-50-51, +375 (29) 556-60-70
e-mail: info@radioapteka.by

СВЕТОДИОДНАЯ ПРОДУКЦИЯ

Светодиодные экраны • Светодиодные табло • Светодиодные вывески
Табло "бегущая строка" • Информационные табло
Светодиодная продукция для освещения

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПОД ЗАКАЗ
ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ И УЛИЧНОГО ИСПОЛНЕНИЯ
СОБСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО • ГАРАНТИЯ КАЧЕСТВА
ДОСТУПНОСТЬ • НАДЕЖНОСТЬ • ОПЕРАТИВНОСТЬ

ЭЛЕКТРОКОНТИНЕНТ
КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО
ЭЛЕКТРОНИКИ

www.elcontinent.by
Республика Беларусь, 220026, г. Минск, пер. Бехтерева, 8, офис 35
тел. (+375 17) 205 06 94, 296 31 61, Velcom (+375 29) 115 35 75
e-mail: info@elcontinent.com

ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ ПРИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКЕ НИИ ПРИКЛАДНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ИМ. А. Н. СЕВЧЕНКО И ФАКУЛЬТЕТА РАДИОФИЗИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БЕЛГОСУНИВЕРСИТЕТА. ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН В СПИСОК НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ ВАК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

электроника инфо

International magine of amateur and professional electronics

№1 (91) январь 2013

Зарегистрирован Министерством информации Республики Беларусь

Регистрационный №71 от 05 марта 2009 года

Главный редактор:
Раковец Леонид Иванович
e-mail: electronica@nsys.by

Заместитель главного редактора
Асмоловская Ирина Михайловна
i.asmalouskaya@electronica.by

Технический редактор:
Бензарь Валентин Кузьмич, д.т.н.

Редакционная коллегия:

Председатель:
Чернявский Александр Федорович
академик НАН Беларуси, д.т.н.

Секретарь:
Садов Василий Сергеевич, к.т.н.
e-mail: sadov@bsu.by

Члены редакционной коллегии:
Беляев Борис Илларионович, д.ф.-м.н.
Борздов Владимир Михайлович, д.ф.-м.н.
Голенков Владимир Васильевич, д.т.н.
Гончаров Виктор Константинович, д.ф.-м.н.
Есман Александр Константинович, д.ф.-м.н.
Ильин Виктор Николаевич, д.т.н.
Кугейко Михаил Михайлович, д.ф.-м.н.
Кучинский Петр Васильевич, д.ф.-м.н.
Мулярчик Степан Григорьевич, д.т.н.
Петровский Александр Александрович, д.т.н.
Попечиц Владимир Иванович, д.ф.-м.н.
Рудницкий Антон Сергеевич, д.ф.-м.н.

Отдел рекламы и распространения:
Антоневич Светлана Геннадьевна
тел./факс. +375 (17) 204-40-00
e-mail: asg@nsys.by

Учредитель:
ТЧУП «Белэлектронконтракт»
220015, Республика Беларусь,
г. Минск, пр. Пушкина, 29 Б,
тел./факс: +375 (17) 210-21-89,
+ 375 (17) 204-40-00
www.electronica.by

© Перепечатка материалов, опубликованных в журнале «Электроника инфо», допускается с разрешения редакции

За содержание рекламных материалов редакция ответственности не несет

Подписной индекс в РБ:
00822 (индивидуальная),
008222 (ведомственная)

Цена свободная

Подготовка, печать:
299 экз. отпечатано
тип. ООО «Поликрафт»
г. Минск, ул. Кнорина, 50/4-401А
Лицензия №02330/0494199 от 03.04.2009 г.
Подписано в печать 25.01.2013 г.
Заказ №

СЛАВНЫЕ ИМЕНА
ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ....2

СЕМИНАРЫ
TE CONNECTIVITY: ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ КОММЕРЧЕСКОЙ АВТОТЕХНИКИ....4

НАШИ ИНТЕРВЬЮ
АНДЖЕЙ ЖУБКА: «МЫ ГАРАНТИРУЕМ КЛИЕНТАМ ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО И НАДЕЖНОСТЬ»
Алексей Безвесельный....7

ВЯЧЕСЛАВ БЕРЕЗИН: «НАШ ПРИНЦИП: ВИДЕТЬ ВСЕХ, РАБОТАТЬ С КАЖДЫМ!»
Алексей Безвесельный....8

СВЕТОТЕХНИКА
СВЕТОДИОДНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ....10

КОММЕРЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ
Кеван Шоу....11

АВТОМАТИЗАЦИЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЦИЛИНДР DNCE
Дмитрий Васильев....14

РЕЦЕНЗИРУЕМЫЕ СТАТЬИ....18-31

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ДИНАМИКА РЕАКЦИИ ЧАСТОТЫ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА НА ВНЕШНЮЮ ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ: ЛИНЕЙНЫЕ МОДЕЛИ
В.В. Кикинев, И.И. Забеньков.... 18

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЧЕТЧИКА ПОСЕТИТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИБЛИОТЕКИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ OPENCV 2.4
Е.А. Краснобаев 22

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕКСТОВ УЧЕБНЫХ ИЗДАНИЙ ПО ИЗДАТЕЛЬСКОМУ ДЕЛУ
М.А. Зильберглейт, А.С. Малюкевич....25

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ
ОПТИЧЕСКАЯ РАЗВЯЗКА В СХЕМЕ СИНХРОНИЗАЦИИ МОЩНЫХ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ
К.В. Козадаев, В.В. Макаров, Д.В. Щегрикович 29

ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ
ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЛАМПЫ С ЭЛЕКТРОННЫМ БАЛЛАСТОМ....32

МАСТЕР КИТ
УМЗЧ D-КЛАССА 2 Х 20 ВТ ДЛЯ БЮДЖЕТНОГО МУЛЬТИМЕДИЙНОГО ПЛЕЕРА
Юрий Садиков 35

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА....37

ВЫСТАВКИ
CES 2013: ИТОГИ И ТЕНДЕНЦИИ 38

НАУКА
МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ
Д.В. Пекарь.... 41

ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА
АПЕРИОДИЧЕСКИЕ АНАЛОГОВЫЕ ФИЛЬТРЫ
В. Голуб 53

НАУКА
УЧЕНЫЕ СОЗДАЛИ «РАСТВОРИМУЮ» ЭЛЕКТРОНИКУ, ПРИГОДНУЮ ДЛЯ ИМПЛАНТАЦИИ....63

ПРАЙС-ЛИСТ.... 64

СПИСОК РЕКЛАМОДАТЕЛЕЙ

«Адвик-Строй»....34
«Алнар»....64
«Альфалидер групп»....64
«БелПлата»....9
«Вектор Технологий»....6
«ГорнТрейд»....34
«Минский часовой завод»....13
«Нанотех»....28
«Приборостроительная компания»....64
«Промтехсервисснаб»....24
«Стелла Монтис»....21
«Тиком»....31
«Фесто»....17
«ФЭК»....64
«Чип электроникс»....64
«ЭкоСнабГрупп»....37
«Экнис»....40, 52
«ЭлектроКонтинент»....9

Обложки, цветные вставки
Advantech Co., Ltd....III обл.
Microchip....V вст.
«Альфасофт»....II вст.
«Минск Экспо»....IV вст.
«Радиоаптека».... II обл.
«Рейнбоу Электроникс».... VI вст.
«Светоприбор»....III вст.
«ФЭК».... I обл., I, IV вст.
«Электроконтинент».... II, IV обл.
«Элтикон».... IV обл.

ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Александр Алексеевич Чернышев (1882 – 1940). Талантливый инженер, изобретатель и ученый-практик.

Александр появился на свет в родовом имении Чернышевых. После рождения первенца молодые родители вернулись в Оренбург, где Алексей Маркович занимал должность товарища губернского прокурора. Спустя семь лет ему представилась возможность стать участковым мировым судьей в селе Вороновицы под Винницей, и Чернышевы вернулись на Украину.

Семья выросла. У Чернышевых было шесть сыновей и две дочери. А в 1891 году старшего – Александра – определили в начальное училище села Вороновицы. После двух лет обучения и серьезной дополнительной подготовки дома мальчик поступил в первый класс Немировской мужской гимназии в Каменец-Подольской губернии. Там же, в Немирове, в женской прогимназии училась Марина Подгорецкая, будущая жена Александра. Они были знакомы и дружили с детства.

В гимназии Шура (так его звали дома) проявил способности к точным наукам и к химии. Младший брат Александра Алексеевича Георгий вспоминал, что в доме была «лаборатория», в которой постоянно что-то взрывалось и горело. Родители опасались настоящего большого пожара, а Шура радовал детей самодельными бенгальскими огнями и даже фейерверками.

Во время выпускного экзамена по математике произошел удивительный случай. Задание по алгебре было прислано в запечатанном конверте из учебного округа Киева. Никто из выпускников не смог решить одну из задач. И только Чернышев разобрался, в чем дело. Оказалось, что в одном из чисел была пропущена запятая. Александр обнаружил ошибку и сообщил об этом экзаменационной комиссии.

В 1902 году Чернышев с золотой медалью окончил гимназию и по конкурсу аттестатов поступил в только что открывшийся в Санкт-Петербурге Политехнический институт, на электромеханическое отделение.

Учился он увлеченно. Помимо изучения теоретических курсов, за годы учебы Александр Чернышев выполнил 28 курсовых проектов по различным инженерным дисциплинам. Возможно, такая практика и предопределила широту его интересов: современникам казалось, что он разбирается во всем – от фарфоровых изоляторов до диодных ламп.

Весной он рвался поскорее сдать экзамены и уехать на каникулы. Летом 1904 года состоялась помолвка Александра и Марины, а в 1906 году, во время зимних каникул, молодые люди поженились. Чернышев был первым студентом нового института, вступившим в брак. Как и полагалось, он испросил разрешения у директора института, которое, конечно же, было ему дано. Более того, Александру предоставили должность «заведующего кабинетом фотографирования с окладом 50 рублей».

На последнем курсе института Александр Чернышев уже проводил самостоятельные научные исследования. В конце 1907 года он получил диплом об окончании Политехнического института. Ему присвоена квалификация инженера-электрика.

Как одного из способнейших студентов, Чернышева оставили в институте для подготовки к профессорскому званию. Первая научная работа молодого ученого называлась «Методы испытания изолирующих веществ». Доклад под таким названием Александр Алексеевич прочел в 1908 году на V Всероссийском электротехническом съезде.

Параллельно Чернышев исследовал вопросы точного измерения очень высоких напряжений. Электротехника того времени не позволяла измерить напряжение порядка 100 000 Вольт и выше. Александр Алексеевич изобрел электрометр для измерения напряжений от 10 000 до 180 000 Вольт, а следом за ним – высоковольтный ваттметр. Создание этих приборов поставило высоковольтную технику на прочную измерительную базу.

В 1909 году Чернышева командировали в Швейцарию и Германию, где он посетил электротехнические предприятия, познакомился с установками высокого напряжения, а также с организацией научной работы и методикой лабораторных занятий в знаменитом Геттингенском университете. Вернувшись на родину, Александр Алексеевич приступил к проектированию и строительству исследовательской высоковольтной лаборатории Политехнического института.

В конце 1911 года Александр Чернышев посетил Всемирную выставку в Италии. По впечатлениям от этой поездки он написал статью с ненаучным названием «Выставка в Турине». В ней говорится: «Расположенная по обоим берегам реки По, в парке, выставка производила чрезвычайно выгодное впечатление, как по своему красивому месторасположению, так и по редкой художественности построек. Это была одна из наиболее красивых с внешней стороны выставок, когда-либо бывших, может быть, даже самая красивая из всех… Главная цель выставки: обратить внимание на успешное развитие промышленности в Италии, может считаться достигнутой». Далее романтичный путешественник подробно характеризовал двигатель Р. Дизеля, паровые машины, турбогенераторы и другие аппараты. Все описанное сопровождалось схемами и техническими данными.

Неизгладимое впечатление на молодого инженера-электрика произвел павильон «Электричество», в котором была устроена галерея, носившая название Дворца чудес, где 2-3 раза в неделю читались небольшие лекции с демонстрациями. Среди тем этих лекций были, например: «Беспроводный телеграф и телефон с дугой Паульсена», «Передача изображений на расстоянии по системе проф. Корна», «Катодные лучи и лучи Рентгена». Очевидно, выставка своим «невидимым лучом» на долгие годы осветила путь Александра Алексеевича в технике.

В 1912 году Чернышев был удостоен медали Русского технического общества и премии К. Сименса за выдающиеся работы в области высоковольтной электротехники, а спустя год в качестве стипендиата Министерства торговли и промышленности его на два года командировали в США, где Александр Алексеевич должен был изучить высоковольтную технику и ознакомиться с производством электротехнического оборудования на «Дженерал электрик».

Поскольку командировка предстояла длительная, Чернышев взял с собой семью: супругу, пятилетнего сына и полуторагодовалую дочь. Когда семейство прибыло в Америку, их встретили не слишком радушно. Фирма

«Дженерал электрик», приняв рекомендательные письма, не дала прямого отказа Александру Алексеевичу, но и не приняла его на работу: под разными предлогами его трудоустройство затягивалось. Возможно, это было связано с общей наэлектризованной политической обстановкой перед Первой мировой войной.

Чернышев не растерялся. По примеру эмигрантов он устроился «по вольному найму» на завод фирмы «Вестингауз электрик» рядовым рабочим.

Через шесть месяцев «выдающийся рабочий» был переведен администрацией в технический отдел, а еще через полгода ему предоставили должность инженера в научно-исследовательской лаборатории, которая открывала достаточно широкий доступ на заводы не только фирмы «Вестингауз электрик», но и «Дженерал электрик». Пройдя «вертикальный» путь от рабочего до инженера, Александр Алексеевич не только всесторонне изучил работу электрических приборов, вопросы их конструирования и производства, но даже внес несколько рационализаторских предложений. Сохранились материалы одного из полученных им в фирме «Вестингауз электрик» патентов – на «гаситель дуги». Особенно интересовал Чернышева опыт передачи энергии на дальние расстояния, который мог быть полезен на родине.

Так прошли два года. Когда русский инженер засобирался домой, обе фирмы стали наперебой предлагать ему остаться у них на постоянную работу. Когда Чернышев категорически отказался, «Дженерал электрик» предложила обеспечить полное содержание ему и его семейству, если он согласится работать полгода в России и полгода в фирме. Жить в режиме перелетной птицы Чернышев не захотел.

Он возвращается в Петроград. Одна за другой выходят из печати его статьи: «Сравнение методов испытания фарфора на пробой», «Гидроэлектрические установки Южных Штатов Северной Америки», «Исследование трансформаторов тока», «Однофазная тяга в Соединенных Штатах»... Практика в жизни Чернышева на время уступила место теории. Но вскоре началась война, и перед инженером встали совсем другие задачи.

Родиной радио или, как тогда называли, беспроволочного телеграфа является Россия, где жил изобретатель А. Попов. Но, как ни странно, а может быть, даже очень по-русски, к началу Первой мировой войны Россия не имела не только своей радиотехнической промышленности, но даже радиотелеграфистов. Подавляющее большинство грузовых и пассажирских судов обслуживалось радистами-иностранцами. Когда началась война, радисты были интернированы, и российский торговый флот остался без радиосвязи. Чтобы както выправить положение, при Политехническом институте были созданы курсы для подготовки радистов-операторов из числа студентов-выпускников. Занятия по радиотелеграфии на курсах вел профессор Чернышев.

Эта педагогическая работа заставила Александра Алексеевича глубоко вникнуть в теорию, и в 1916 году он опубликовал работу «Роль земли и верхних слоев атмосферы в распространении электромагнитных волн вокруг земной поверхности». Ученый, обобщив весь имевшийся в мире опыт, изложил в этой статье идеи-рекомендации, которые следовало принимать за основу при расчетах дальности действия радиотелеграфных станций.

Еще одна сторона интересов Чернышева – совсем молодая и тогда еще безымянная электроника. Для катодных реле (так называли тогда радиолампы) он изобрел два типа эквипотенциальных подогревных катодов: первый – в виде пластины, нагреваемой вспомогательным электронным потоком (1918), и второй, получивший распространение во всем мире, – в виде цилиндра, нагреваемого изнутри специальной раскаленной нитью (1921).

Осенью 1918 года совместно с А. Иоффе Чернышев приступил к созданию знаменитого Физико-технического института. Одновременно Александр Алексеевич руководил кафедрой радиотехники Политехнического института, а с 1920 года координировал работы по восстановлению разрушенной Детскосельской радиостанции. При его непосредственном участии был создан Ленинградский электрофизический институт (ЛЭФИ).

В 1929 году Чернышев снова посетил США. Теперь уже в ранге члена-корреспондента АН СССР.

В 1932 году он стал академиком. Вот, что писал по этому поводу академик Иоффе, характеризуя его вклад в науку: «Александр Алексеевич Чернышев – один из наиболее широкообразованных инженеров-электронщиков. Обладая обширными и разносторонними знаниями, практическим чутьем инженера и поразительной трудоспособностью, А.А. Чернышев за 25 лет своей деятельности опубликовал около 50 работ и получил столько же патентов. Ему принадлежит первая и лучшая система передачи изображения на расстоянии (осуществленная за 1,5 года до немецкого патента Каролюса). Ему вместе с группой его учеников удалось создать и наиболее совершенную систему телевидения...».

Телевидение, или «электрическая телескопия» (по тогдашнему названию), в «исполнении» Чернышева – это 13 патентов, в том числе, «Передатчик в аппарате для электрической телескопии», «Устройство для электрического видения на расстоянии», «Устройство для передачи изображений на расстояние...».

Начало работ в области телевидения можно отнести к 1922 году. Именно тогда Александр Алексеевич предложил метод модуляции света при помощи воздействия электрического поля на специальные жидкости с резко выраженными явлениями Керра. Он начал эти работы раньше, чем инженер Каролюс в Германии приступил к аналогичным исследованиям. Был создан ряд аппаратов, позволявших при сравнительно хорошей четкости передавать изображения не только при искусственном освещении, но и на открытом воздухе. Система синхронизации давала устойчивое положение изображения при затрате небольшой мощности и сравнительно простом конструктивном решении. Чернышев даже получил дальновидение при освещении передаваемой картины невидимыми глазу инфракрасными лучами.

В конце 1932 года из ЛЭФИ был выделен Институт телемеханики (НИИТ). Создание этого научного центра курировал академик Чернышев. С деятельностью НИИТ, в 1935 году переименованного во Всесоюзный НИИ телевидения, были связаны практически все советские довоенные достижения в области «электрической телескопии».

Последние годы жизни Александр Алексеевич посвятил высоким напряжениям. Он решил задачу энергетической связи отдаленных районов, значительно продвинулся в создании единой высоковольтной сети огромной державы. Его технические решения открывали реальную возможность для создания линий электропередач в 400 000 Вольт, причем мировых аналогов его разработкам не было.

http://iomn.net

TE CONNECTIVITY: ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ КОММЕРЧЕСКОЙ АВТОТЕХНИКИ

В Минске прошел двухдневный технический семинар-презентация передовых разработок электронных компонентов от компании TE Connectivity (TE) для коммерческой автотехники. Мероприятие организовало представительство TE Connectivity в Беларуси совместно с компанией «ФЭК».

– Подобный семинар мы организуем в Минске уже в третий раз, – сказал консалтинг-менеджер белорусского представительства компании TE Connectivity Антон Дыновский. – Четыре года назад провели презентацию своей продукции для представителей автомобильной промышленности на МАЗе, а для сельскохозяйственного машиностроения на Минском моторном заводе. Сегодня вновь, как и во время второго семинара в октябре 2010 года, решили пригласить технических специалистов и руководителей белорусского автопрома на общее мероприятие.

– Аналогичные семинары мы проводим каждые два года во всех странах, где есть наши заказчики, – отметил, приветствуя присутствующих, директор автомобильного направления TE Connectivity в России, Беларуси и Украине Вячеслав Березин. – Беларусь в этом смысле для нас является давним партнером, а в продвижении продукции нам активно помогает официальный дистрибьютор TE Connectivity в вашей стране – компания «ФЭК» во главе с генеральным директором Николаем Фоминым. В своей презентации он отметил, что компания TE Connectivity (до 10 марта 2011 года – Tyco Electronics) сегодня по праву считается одним из крупнейших мировых производителей пассивных электронных компонентов и лидером передовых беспроводных систем с годовым оборотом 14,3 млд долл. США. Она разрабатывает и поставляет более полумиллиона номеров своей продукции, которые применяются почти во всех отраслях нашей жизни. Производственные мощности компании с персоналом почти 100 тысяч чело-

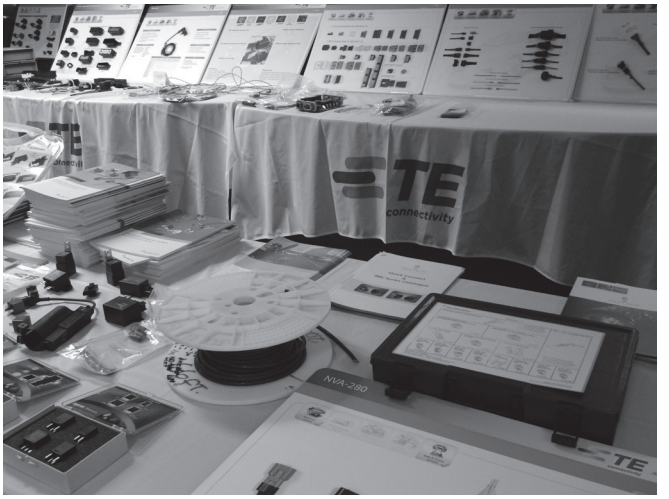
век расположены более, чем в 50 странах мира, обслуживая потребителей аэрокосмической, автомобильной, компьютерной, телекоммуникационной, энергетической промышленности и производства бытовой электроники в 150 государствах.

Директор ICT TE Connectivity в странах EMEA (Europe, Middle East, Africa and India) Анджей Жубка проинформировал участников семинара о перспективах развития большегрузной коммерческой техники, поделился успешным опытом сотрудничества с такими известными фирмами, как Daimler AG, MAN, Volvo и многими другими.

Директор по продажам для производителей вседорожной техники Кевин Пиерпойнт рассказал о более, чем 70-летней истории и тенденциях развития компании Deutsch, которая недавно структурно вошла в состав TE Connectivity. Сегодня Deutsch является крупнейшим производителем разъемов для электрических и оптоволоконных соединений, датчиков, которые широко применяются в экстремальных условиях (высокие температура, давление и вибрации (в воздухе и на морской глубине) в автомобильной, оборонной и аэрокосмической отраслях. В компании работают более 3500 сотрудников по всему миру, при этом основные производственные заводы Deutsch находятся в США и Европе. Затем Кевин Пиерпойнт подробно рассказал об основных семействах и мировом опыте применения контактов и разъемов Deutsch/TE, например, семейств DT, HD, которые эффективно работают при низких температурах до -55^{0}C.

Директор по маркетингу Йенс Плегер проинформировал собравшихся о реле TE Connectivity, современных решениях для коммерческой автотехники. TE серийно производит большинство типов реле, используемых как в легковых, так и в грузовых автомобилях, в том числе и для электрических и гибридных транспортных средств.

Завершающим в первый день семинара стало выступление директора автомобильного подразделения Raychem



(Райхем) компании TE Connectivity Паоло Сарачино. Он подробно рассказал о термостойких проводах, кабелях для передачи данных и разновидностях термоусаживаемой трубки, применяемых в автомобильной промышленности.

Второй день семинара начался со знакомства с разнообразными образцами продукции TE Connectivity для автопрома, в ходе которого собравшиеся почерпнули немало полезного для своей практической работы. Логическим продолжением семинара стало выступление директора по продажам для производителей грузовых автомобилей и автобусов TE Connectivity Роба Мегенса, который рассказал белорусским коллегам о современных решениях по разводке жгутов в кабине тягачей Mercedes-Benz, Volvo, DAF, Iveco и др.

Эту актуальную тему органично дополнил консалтинг-менеджер представительства компании TE Connectivity в Беларуси Антон Дыновский, который подробно остановился на современных решениях по применению новых семейств контактов и разъемов компании TE ICT, используемых в грузовиках, комбайнах и тракторах. Например, 39-, 62- и 120-контактные герметичные разъемы Leavyseal сегодня с успехом применяются в электронных блоках управления, разъемы AMP MCP – в разводочных соединениях кабин, а разъемы HDSCS – в соединениях «кабель-кабель» в рамах таких большегрузных автомобилей, как Mercedes-Benz, Volvo, DAF, Iveco, КАМАЗ и др.

С презентацией на тему «Миниатюризация в жгутовых соединениях: новые контакты и разъемы NanoMQS» выступил менеджер Роман Рыбаков, о новых блоках реле и предохранителей, разработанных TE Connectivity, рассказал Александр Родин.

Опытом применения компонентов TE Connectivity на украинском рынке и современных решениях для гибридных и электрических транспортных средств HEMS поделились украинские представители автомобильного направления компании Тарас Станчик и Александр Жеглов. А представители TE Connectivity из Варшавы и Вильнюса Марчин Пазиомек и Томаш Кошевски подробно рассказали о применении специализированного инструмента и оборудования для производства жгутов для автотранспорта.

Организаторы семинара подчеркнули, что новые экологические стандарты, предъявляемые к большегрузной технике, требуют дальнейшего развития электронных и интеллектуальных устройств управления различными системами автомобиля. Эффективные решения для таких систем предлагает сегодня компания TE Connectivity и своим заказчикам в Беларуси.

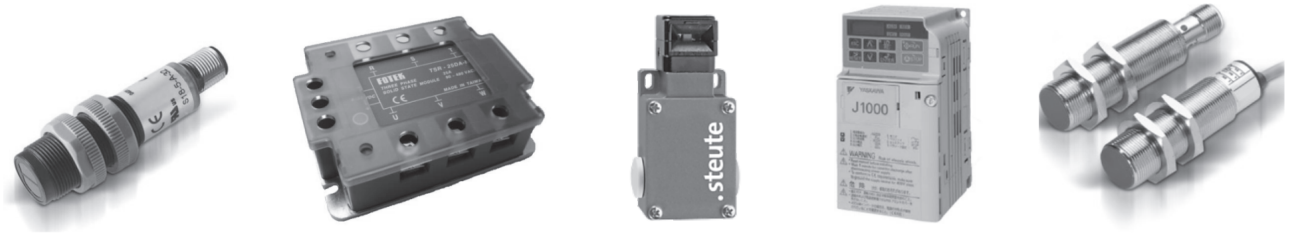
В завершение директор автомобильного направления TE Connectivity в России, Беларуси и Украине Вячеслав Березин рассказал о перспективах развития российского автопрома, специфике деятельности белорусского представительства и подробно ответил на заданные вопросы.

В течение всего семинара представителями TE Connectivity была организована презентация новых разъемов и контактов, блоков реле и предохранителей производимых компанией. К слову, фирма предлагает заказчикам самый широкий спектр высококачественных разъемов для соединений типов «кабель-кабель» и «кабель-агрегат» Deutsch/TE, применяемых в автомобильной промышленности.

Алексей Безвесельный.

VECTOR OF TECHNOLOGIES

Предлагаем поставки со склада и под заказ:
частотных преобразователей, серводвигателей,
электродвигателей, индуктивных датчиков, фотодатчиков,
твердотельных реле и другого оборудования
от ведущих мировых производителей.



Компания «Вектор Технологий»
является официальным дистрибьютором
на территории Республики Беларусь компаний
YASKAWA, DATALOGIC, STEUTE, FDTEK и WEG.

Наши специалисты с радостью помогут решить ваши задачи.
Тел. +375 (29) 285-14-86, факс +375 (17) 210-58-83
info@vec-tech.by, www.vec-tech.by

АНДЖЕЙ ЖУБКА: «МЫ ГАРАНТИРУЕМ КЛИЕНТАМ ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО И НАДЕЖНОСТЬ»

В техническом семинаре в Минске, посвященном передовым разработкам электронных компонентов компании TE Connectivity для коммерческой автотехники, принял активное участие директор по продажам региона EMEA Анджей Жубка, который после завершения мероприятия согласился ответить на наши вопросы.

Визитная карточка

Анджей Жубка родился в 1972 году в Польше. После окончания факультета физики Варшавского университета в 1995-м поступил на работу инженером по продажам в компанию AMP, которая позже была переименована в Tyco Electronics. Через три года стал менеджером «автомотив» польского направления компании. С 2001 года стал работать в Восточно-Европейском регионе (Польша, Румыния, Болгария, Литва, Латвия, Беларусь и Украина, в 2003-м к ним добавилась Россия). В 2006-2011 годах А. Жубка – менеджер и директор Tyco Electronics по большегрузной технике региона EMEA. В начале 2012 года после присоединения к Tyco Electronics компании Deutsch он стал работать в новом бизнесе – директором по продажам региона EMEA.

– Анджей, позвольте поздравить вас с новым назначением. Как оцениваете перспективы развития вашего бизнеса, ориентированного на выпуск коммерческой автотехники в России, Беларуси и Украине?

– Во-первых, они в основном зависят от общего состояния рынка и конечных клиентов TE Connectivity. Если же ориентироваться на объемы продаж, то они сильно зависят от объемов выпуска грузовых автомобилей и сельскохозяйственной техники (комбайнов, тракторов и др.) в этих странах. Во-вторых, следует учитывать долю продукции TE Connectivity, входящую в состав изделий наших клиентов. Правда, к примеру, сравнивать рынки России, Беларуси, Украины и Западной Европы по данному показателю сложно. В европейских странах наша компания работает уже давно и технический уровень конечных клиентов там другой. Если основные европейские производители коммерческой автотехники уже много лет применяют реле и разъемы TE Connectivity, то в ваших странах при сборке в основном применяют простые и дешевые решения – продукцию собственного производства или привезенную из Китая. И это обстоятельство открывает для нас большие перспективы для работы на рынках России, Беларуси и Украины.

– Но ведь ваша продукция дороже, чем местного или китайского производства...

– Согласен, но ведь дело не только в более низкой цене. Не случайно у вас говорят: скупой платит дважды... Всем производителям в первую очередь нужен качественный товар, который готова поставлять клиентам наша компания! А все необходимое для обеспечения автопрома у TE Connectivity есть, начиная от современных технологий выпуска разъемов, реле, контактов и жгутов до качественной технической и сервисной поддержки. Главное убедить в этом своих потенциальных клиентов. Чтобы они поняли, что им нужна не более дешевая, а надежная и качественная продукция.

– И как вам это удается?

– Вполне. Сегодня многие производители автотехники поняли, что под капотом собираемых автомобилей необходимо применять в основном только герметичные разъемы, которые им в широком ассортименте предлагает TE Connectivity.

К сожалению, нередко при выборе поставщика определяющим фактором для заказчика остается низкая цена на предлагаемую заказчиком продукцию. На наш взгляд, это не самый лучший выбор. Почему? К слову, мы даже делали соответствующие расчеты, чтобы выяснить, насколько выгодна для клиента дешевая продукция.

– И что выяснили? Действительно выгоднее покупать дешевые комплектующие?

– Так вот, выяснилось, что партии дешевых разъемов для автопрома (не буду называть конкретные фирмы-изготовители, чтобы не упрекнули в недобросовестной конкуренции) имеют до 5-10% брака! В итоге, цена такого товара почти не отличается от предлагаемой нами продукции, с соответствующим высоким качеством и гарантией, хорошей технической и сервисной поддержкой. Так что, скажите, выгоднее в конечном итоге? Низкая цена или надежность и качество от мирового производителя с солидной репутацией? Однако каждый производитель решает данную проблему по-своему...

– Как вы оцениваете уровень прошедшего в Минске технического семинара?

– О высоком уровне данного мероприятия, несомненно, свидетельствует участие, кроме сотрудников автомобильного направления TE Connectivity в России, Беларуси и Украине во главе с Вячеславом Березиным, сразу четырех моих коллег из Западной Европы. Это отличные специалисты и менеджеры Роб Мегенс из Нидерландов, Кевин Пиерпойнт из Великобритании, Йенс Плегер из ФРГ и Паоло Сарачино из Италии.

Лично для меня это уже не первое подобное мероприятие в Беларуси, на рынке которой я работаю более десяти лет. Кроме того, я испытываю особые чувства к вашей стране, в Западной Беларуси нашлись мои исторические корни. Как выяснилось, мои предки несколько веков назад жили в деревне Конюхи Пружанского района. Несколько лет назад вместе с консалтинг-менеджером белорусского представительства компании TE Connectivity Антоном Дыновским я разыскал родные места в Брестской области. Передал в дар местной библиотеке (к сожалению, музея в поселке нет) книги на русском и польском языках, старые фотографии и публикации на белорусском и русском языках об истории нашей семьи. Правда, родовое гнездо семьи Брониц (откуда происходит Анджей по материнской линии) в Конюхах не сохранилось, так как дом моих прадедов разобрали еще после Великой Отечественной войны...

Алексей Безвесельный.

ВЯЧЕСЛАВ БЕРЕЗИН: «НАШ ПРИНЦИП: ВИДЕТЬ ВСЕХ, РАБОТАТЬ С КАЖДЫМ!»

Автомобильная электроника прочно вошла в нашу жизнь, выполняя самые различные задачи. Это убедительно подтвердил двухдневный технический семинар в Минске, посвященный передовым разработкам электронных компонентов компании TE Connectivity для коммерческой автотехники. О перспективах дальнейшего развития автомобильного направления TE Connectivity в России, Беларуси и Украине по просьбе редакции рассказал его директор Вячеслав Березин.

– Согласно статистике, сегодня автопром занимает лидирующие позиции, развиваясь стремительными темпами. Так, на его долю в нашей компании приходятся 36% общего годового оборота, в прошлом году объем производства в автомобильном направлении увеличился на 10% и составил 4,4 млрд. долл.

По нашим прогнозам, к 2015 году численность транспортных средств в мире достигнет 97 млн штук. Общий объем рынка автомобильных соединений достигнет 12 млрд. дол., а доля автокомпонентов вырастет на 20%. При этом прогнозируется ежегодный рост этого перспективного рынка на 7-9%.

Сегодня TE Connectivity разрабатывает и производит самую широкую гамму компонентов для любых систем автомобиля (двигателя, шасси, салона и др.).

– Ваша компания заслуженно считается мировым лидером в области разработки и производства автомобильных разъемов и контактов. Назовите, пожалуйста, основные направления увеличения количества автомобильных соединителей?

– Во-первых, это надежность соединителей, направленная на развитие систем помощи водителю (активная и пассивная) и защиты пешеходов. Во-вторых, экологичность, применение альтернативных источников энергии, снижение объемов выбросов отработанных газов и потребления топлива. В-третьих, дальнейшее развитие систем передачи данных (навигация, беспроводная связь, интерфейсы управления).

Известно, что сегодня очень перспективным направлением является внедрение системы ГЛОНАСС. К слову, за последнее время наша компания достигла определенных успехов в этой сфере. Нами предложены для применения компоненты TE Connectivity, которые включены в перечень рекомедованных для применения. Так, сегодня нашей компанией поставляются кабельные сборки на ОАО «АвтоВАЗ» для моделей «Лада», «Гранта» «Приора» и «Калина», которые будут комплектоваться системами навигации.

Надеюсь, что со временем наш опыт в данной сфере найдет свое применение в Беларуси и Украине.

– Вячеслав Константинович, а как обстоит дело с участием TE Connectivity в развитии гибридных и электромобилей?

– Прогнозируется, что к 2015 году в мире будет 150 моделей электромобилей общей численностью 4 млн. штук, что приведет к увеличению количества применяемых при их сборке компонентов в два раза. В частности, в России разработкой электромобилей активно занимается АвтоВАЗ. Существуют уже и образцы отечественных автобусов-гибридов.

Тесно сотрудничаем в этом направлении мы и с Беларусью, где находится конструкторский центр по разработке легковых гибридных автомобилей е-Авто.

– Современные тенденции развития сельскохозяйственной и дорожной техники определяются в США, грузовых автомобилей – в Европе. А какая роль, по-вашему, при этом отводится России?

– В течение 6 лет, без сомнения, значительно вырастут объемы выпускаемой автотехники. По прогнозам экспертов, объем производства легковых автомобилей иностранных марок к 2015 году в России должен достичь 1 млн. 300 тысяч штук, а к 2020-му – более 3 млн. автомобилей. Локализация компонентов для их сборки в России должна составить до 60%. Существуют экспертные расчеты по росту выпуска грузовых автомобилей и грузовиков малой тонажности (КамАЗ, Урал, ГАЗ, УАЗ и локализации производства грузовых автомобилей иностранного производства): 2013 год – 200 тыс., 2015-й – 235, в 2020-м – 257 тыс. (погрешность составляет 5-7%). А это значит, что для TE Connectivity в этом плане открываются самые широкие перспективы!

Еще один важный элемент – необходимость установки тахографов, причем не только на коммерческой автотехнике. В частности, в России с января 2013 года на всех автомобилях, находящихся в движении или сошедших с конвейера, должны быть установлены тахографы. А ведь это касается 18 млн единиц техники! Думаю, что этот вопрос сегодня весьма актуален и для Беларуси.

– Вы считаете, что это реально? Тем более, в столь сжатые сроки?

– Сложно сказать. Мало того, что установить в короткий срок такое количество тахографов по всей стране сложно, существует еще и проблема их унификации и кодификации. Разработкой тахографов сегодня занимаются многие российские фирмы, а также уже имеются приборы иностранных фирм, например, компании «Континенталь».

– Откройте секрет: как вам удается добиваться таких стабильных результатов?

– Секрет успеха кроется в правильно выбранной нами стратегии развития бизнеса и коллективе автомобильного направления TE Connectivity в России, Беларуси и Украине. Центральный офис автомобильного направления находится в Нижнем Новгороде. К слову, на долю обслуживания трех моих коллег в России приходится территория в 17 тыс. квадратных километров! Хотя понимаем, что сегодня этого уже явно недостаточно, поэтому в перспективе будем увеличить количество своих сотрудников в России. В Украине работают двое и один сотрудник представляет интересы автомобильного направления TE Connectivity в Беларуси. Так что коллектив у нас немногочисленный, но самый стабильный и активный. Для сравнения могу при-

вести такой пример: штат автомобильного направления TE Connectivity в Индии насчитывает 17 сейлс-инженеров и 10 сейлс-корреспондентов. Однако по эффективности работы наше направление им не уступает.

– Скажите, а почему ваш центральный офис находится именно в Нижнем Новгороде, а не скажем, в Москве или Санкт-Петербурге?

– Автомобильное направление TE Connectivity в России создано в 2006 году, так как местный автопром был и остается самым перспективным и объемным. А вот Беларусь и Украина в сферу наших интересов были включены позже. Считаю, что данный шаг был вполне обоснованным. При выборе места для нашей «штаб-квартиры» руководство в первую очередь, исходило из экономической целесообразности и стремления быть ближе к конечным клиентам. Ведь если вокруг Нижнего Новгорода провести окружность радиусом 650 километров, то в ней окажутся основные российские автозаводы, заводы, выпускающие блочные части и жгуты проводов. А значит, так проще работать с заказчиками. Помните, в советское время был модным такой лозунг: «Видеть всех, работать с каждым!» Думаю, он вполне подходит для стратегии нашего сегодняшнего бизнеса, ориентированного на всех в целом и каждого клиента в отдельности.

– Откройте, пожалуйста, коммерческую тайну: какова структура ваших продаж?

– У TE Connectivity прямые продажи достигают 20%, а остальные поставки продукции выполняются через наших дистрибьюторов. Например, в Беларуси это компания «ФЭК», с которой нас связывают давние партнерские отношения. К слову, белорусский автопром занимает стабильное второе место по объему наших продаж, значительно опережая в этом плане Украину. Когда в 2008-2009 годах в мире произошел экономический кризис, от него сильно пострадал и автопром. Например, многие российские производители снизили выпуск автомобилей и даже на время приостановили свои заводы, а вот Беларусь сумела выстоять. Ваши предприятия продолжили закупку комплектующих у TE Connectivity. И мы это очень ценим и всегда стремимся поставить заказчику нужный продукт и в нужное время!

– Вячеслав Константинович, как вы оцениваете перспективы развития автопрома в России, Беларуси и Украине?

– Мои прогнозы самые позитивные. К 2015 году мы планируем увеличение объема продаж продукции TE Connectivity автопрому трех стран (без учета локализации производства в России) на 40%.

– Это очень высокая цифра.

– Она подкреплена реальными расчетами и перспективами развития рынка на ближайшие годы. В заключение хочу сказать: «Несмотря на все объективные трудности, автопром России, Беларуси и Украины жив и будет жить!»

Алексей Безвесельный.

БелПлата
тел. +375 17 287 85 66
факс +375 17 287 85 65
тел.моб. +375 29 684 43 09
220068, г. Минск, ул.Некрасова, 114,
оф.238, 2 этаж, e-mail: info@belplata.by

Разработка и поставка печатных плат:
любой класс точности, широкий спектр покрытий, изготовление образцов от 5 дней.

Поставка фотошаблонов

Поставка трафаретов:
из нержавеющей стали и латуни.

Материалы для печатных плат:
защитные маски, маркировочные краски, фоторезисты, паяльные пасты.

Поставка изделий из феррита:
любые виды сердечников CI, EE, EEM, EP, EER, ETD, EC, EF, ED, EFD, EI, EPO, EPX, EPC и т.д.

Поставка электронных компонентов:
STMicroelectronics, NXP Semiconductors, Vishay, Holtek Semiconductor.

www.belplata.by

БЕЛОРУССКИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ЭЛЕКТРОНИКИ

ЭЛЕКТРОКОНТИНЕНТ

Республика Беларусь, 220026, г. Минск, пер. Бехтерева, 8, офис 35
тел. (+375 17) 205 06 94, 296 31 61, Velcom (+375 29) 115 35 75
e-mail: info@elcontinent.com
www.elcontinent.by

• КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ
• АВТОМАТИЧЕСКИЙ И РУЧНОЙ МОНТАЖ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ
• ПОСТАВКА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ
• ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ
• ПОСТАВКА ТРАФАРЕТОВ ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ
• РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОНИКИ НА ЗАКАЗ
• СВЕТОДИОДНАЯ ПРОДУКЦИЯ :
СВЕТОДИОДНЫЕ ЭКРАНЫ, СВЕТОДИОДНЫЕ ТАБЛО,
СВЕТОДИОДНЫЕ ВЫВЕСКИ,
ТАБЛО "БЕГУЩАЯ СТРОКА", ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТАБЛО,
СВЕТОДИОДНАЯ ПРОДУКЦИЯ ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ

• Современное оборудование
• Передовые технологии
• Большой положительный опыт – позволяет обеспечить высокое качество нашей продукции
• Оптимальные сроки
• Приемлемые цены

СВЕТОДИОДНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Светодиодное освещение – это осветительное оборудование нового поколения, помимо своей новизны и инновационности, очень практичное и удобное в использовании. Установив светодиодный светильник, можно значительно снизить затраты на электроэнергию, легко произвести замену обычных ламп накаливания, ламп «дневного света» и галогенных ламп, а также быстро сократить расходы на оплату электроэнергии. Светодиодные светильники уже применяются, как на производстве, так и в быту, и отлично зарекомендовали себя при эксплуатации. При использовании светодиодного освещения совершенно не чувствуется дискомфорта для глаз, создается уютная, приятная атмосфера дома или на рабочем месте.

Компания «Светоприбор» видит огромную перспективность развития светодиодного освещения. Поэтому именно они стали одними из первых производителей энергосберегающих светильников в Республике Беларусь. Компания представила энергосберегающие светильники несколько видов: светодиодные светильники потолочные (IP20 и IP44), светодиодные светильники потолочные со встроенным датчиком движения и со встроенным акустическим выключателем. Светильники отлично подходят для освещения общественных зданий и жилых (бытовых) помещений вне жилых зон, таких, как главные коридоры и проходы, поэтажные коридоры жилых зданий, лифтовые холлы, лестницы, лестничные площадки и клетки, вестибюли.

Элементы светильника очень прочны и долговечны. Срок службы до 50 000 часов. Сверхвысокая экономичность энергопотребления. Общий уровень снижения энергорасходов по сравнению со светильниками, где применяются традиционные неэффективные лампы, составляет 70%. Помимо высокой экономичности светодиодные светильники очень надежны, механически прочны, виброустойчивы, а также полностью экологически безопасны, что позволяет сохранять окружающую среду, не требуя особых условий по утилизации.

Светодиодные прожекторы

Светодиодные прожекторы применяются для освещения территорий, промышленных помещений, архитектурной, декоративной и рекламной подсветки. Если сравнивать с натриевыми лампами высокого давления, которые в настоящее время повсеместно применяются при подсветке объектов, светодиодные прожекторы имеют гораздо больший срок эксплуатации, виброустойчивы, механически прочные и, самое главное, потребляют в разы меньше электроэнергии. При приобретении светодиодного прожектора можно легко и быстро его окупить из-за минимального энергопотребления.

Компания «Светоприбор» производит светодиодные прожекторы 4 видов, отличающиеся углами свечения, которые могут быть 9°, 19°, 35° и прожектор рассеивающего света. В светодиодных прожекторах компания применяет светодиоды фирмы Philips Lumileds с гарантийным сроком службы 50 000 часов, и светоотдачей > 100 лм/Вт. Низкое энергопотребление, потребляемая мощность всего 16 Вт позволяют устанавливать уличные светодиодные прожекторы там, где установленные лимиты мощности не позволяют создавать вечернее освещение. Прожекторы хорошо защищены от воздействия агрессивной окружающей среды и имеют степень защиты IP 66. Отсутствует необходимость в обслуживании, что снижает эксплуатационные расходы, особенно при установке в труднодоступных местах.

Светодиодные офисные светильники

Современное помещение нельзя представить без хорошего освещения. Качественные офисные светильники — это залог хорошей работы. Офисные светильники должны способствовать многочасовой работе сотрудников в помещениях компании. Плохое освещение, мерцание ламп значительно снижают работоспособность людей, офисные светодиодные светильники лишены этих недостатков, они не вызывают усталости и создают комфортные условия на рабочем месте.

Офисные светодиодные светильники – это способ значительно снизить затраты и высвободить дополнительные мощности. Светильники позволяют экономить до 90% по сравнению с лампами накаливания и до 60% электроэнергии по сравнению с люминесцентными лампами. Затраты на обслуживание также снизятся, так как не требуется замена ламп, а срок службы таких светильников более 50 000 часов.

Офисные светодиодные светильники применяются для освещения внутренних помещений, таких как:

- офисы, переговорные, конференц-залы, холлы и другие общественные помещения;
- дошкольные и школьные учреждения;
- медицинские учреждения;
- различные учебные заведения;
- магазины, торговые центры и т.п.

BYLECTRICA

ЧУП «Светоприбор» ОО «БелТИЗ», 220018, г. Минск, ул. Якубовского, 52.
Факс: +375 (17) 258-85-35; тел.: +375 (17) 258-69-21, 258-85-32, 258-85-44.
E-mail: sbyt@bylectrica.by, www.bylectrica.by

КОММЕРЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

(Продолжение статьи «Практические методы организации освещения в музеях», № 4, 2012 г.)

Кеван Шоу, Великобритания.

Основанная в 1989 году компания Кевана Шоу Kevan Shaw Lighting Design (KSLD) завоевала репутацию подрядчика сложных проектов осветительного дизайна и по праву является лауреатом многочисленных премий в этой области. Штаб-квартира компании находится в Эдинбурге (Шотландия), однако, интернациональная команда KSLD работает по всему миру.

Сегодня компания Кевана Шоу реализует проекты по освещению многоцелевых небоскребов в Кувейте, больниц в Великобритании и США, музеев и исторических зданий в Великобритании. Последние премии компания KSLD получила за реконструкцию музея Ашмола в Оксфорде (Великобритания) и проект наружного освещения для башни Аль-Тихария в Кувейте.

Кеван Шоу активно участвует в развитии профессии дизайнера-осветителя, читая лекции в качестве приглашенного профессора и являясь действительным членом международных профессиональных ассоциаций PLDA, IALD, MSLL и ILP. В 2009-2011 годах он занимал пост директора по развитию Ассоциации профессиональных дизайнеров-осветителей (PLDA).

Господин Шоу оказывает консультационные услуги по изменению законодательства Евросоюза в сфере освещения, а также возглавляет рабочую группу, ответственную за пересмотр официальных стандартов музейного и галерейного освещения Великобритании. Кроме того, он широко известен благодаря своим лекциям и докладам.

Свою карьеру Кеван Шоу начал сценическим осветителем и до основания KSLD работал в театре, на телевидении и рок-концертах. Он до сих пор не теряет связи с этой отраслью, разработав в 2011 году проект освещения для постановки «Стокгольм» на Международном фестивале искусств в Эдинбурге.

В предыдущей статье мы, главным образом, рассказывали об освещении в музеях и галереях. Сейчас же попытаемся взглянуть на экспозиционное освещение немного шире – в применении к коммерческим проектам. В основном, в коммерческом освещении применяются те же подходы, что были рассмотрены в предыдущих статьях. Целью всегда будет презентация продуктов, и необходимо лишь позаботиться о том, чтобы продуктам не был причинен ущерб или же они не пришли в негодность из-за неверно выстроенного освещения. В коммерческом освещении мы свободны от жестких ограничений уровня освещения и времени оптического экспонирования, установленных в музеях и галереях, что обеспечивает возможности раздвинуть границы немного шире и достичь действительно прекрасных результатов.

Коммерческой средой движет мода. В основном, схемы освещения и соответствующее оборудование имеют относительно короткий срок эксплуатации по сравнению с музейным освещением. Как правило, высококлассный магазин будет обновляться, по крайней мере, каждые пять лет, и даже супермаркеты будут выполнять в те же сроки хотя бы некоторую модернизацию освещения. Поскольку собственный фирменный стиль для розничных сетей является важнейшим приоритетом, обычно дизайн флагманского магазина становится прототипом. Затем этот дизайн распространяется на остальную сеть с некоторыми вариациями в зависимости от размера и расположения магазина, потому как совершенно разные подходы будут применяться для розничной точки в торговом центре и магазина с фасадом на улице.

Как мы уже упоминали, основным фактором при выборе освещения будет внешний вид экспонируемых продуктов. К выбору подходящих источников света и оптимальной цветопередачи для определенных видов продуктов необходимо подходить с большим вниманием, тщательностью и проводить их тестирование. Большие сети супермаркетов очень хорошо это осознали, и большинство из них применяют освещение очень точно. Показательный пример – это освещение фруктов и овощей. Необходимо, чтобы они выглядели свежими и яркими, для чего обычно применяются металогалогенные лампы с высоким индексом цветопередачи. Такой точечный источник света обычно добавляет едва уловимое значение яркости к общему люминесцентному освещению всего торгового зала.

Когда мы переходим к рыбному отделу, освещение должно принять более холодные тона, иногда даже с флуоресцентным навесом над рыбой или прожекторным точечным освещением. Холодный свет дает впечатление чистоты и свежести. Мясной отдел и кулинария требуют теплого света. В прошлом использовались специальные люминесцентные трубки выразительно розового цвета. Однако с изобретением ламп с лучшей цветопередачей, теперь преобладают теплые люминесцентные или металлогалогенные лампы. Белые светодиоды обычно имеют недостатки в красной части спектра, поэтому производители светодиодов создают специальные продукты, которые содержат дополнительные красные светодиоды именно для использования внутри мясных прилавков и холодильников. Следуя той же логике, выпечка и хлеб требуют теплой подсветки для улучшения их внешнего вида.

Упакованные товары освещаются общим освещением с потолка при сравнительно высоких уровнях освещения. Магазины отличаются друг от друга в вопросах того, каким образом они это реализуют: некоторые довольны равномерным освещением, однако, бренды, которые хотят создать себе имидж более престижных, обеспечивают направленное освещение избранных экспозиционных площадей (например,

края рядов с товарами) и монтирование дополнительного экспозиционного освещения наиболее значимых товаров на полках. Данный подход стал почти повсеместным, однако, с ростом озабоченности затратами на электроэнергию некоторые компании начинают экспериментировать с акцентированным освещением продуктов и общим уменьшением уровня освещенности для общего освещения. Сейчас в моде менее рассеянный свет в сочетании со светодиодными светильниками, которые используются для того, чтобы просигнализировать покупателю о заботе об окружающей среде или же демонстрации торгового предложения.

Когда мы имеем дело с продажей товаров с высокой стоимостью, освещение играет важную роль в дизайне интерьера, создавая ощущение качества и комфорта в зависимости от подхода, предпринятого брендом. Освещение самих продуктов остается приоритетом, но используемые методы становятся более разнообразными. Развитие светодиодов сделало более доступным внедрение светильников в выставочные конструкции. Существует множество удобных продуктов, основанных на платовых лентах и даже гибкой самоклеющейся светодиодной ленте, которая может быть размещена в полках, витринах и иных конструкциях.

Для выбора подходящего цвета применяются стандартные принципы. Важно убедиться, что используемое светодиодное решение имеет подходящий цвет и цветопередачу освещаемых продуктов, и эти характеристики не должны вступать в противоречие с общим освещением в магазине. Также существуют светодиодные продукты, которые позволяют изменять цвет. Лишь некоторые из них могут обеспечить хороший внешний вид освещаемых продуктов. Однако они дают интересные возможности смены акцентов и элементов брендирования, таких как обеспечение сезонной смены модных товаров.

Изменение цвета может быть использовано для улучшения узнаваемости бренда и помощи покупателям в нахождении и узнавании определенных стендов с товаром в магазинах, которые продают целый спектр товаров различных брендов. Изменения цвета необходимо применять лимитировано и с большой осторожностью. Стенды с быстрой сменой цвета способствуют быстрому привлечению внимания, но такой эффект быстро приедается, и очень легко может создать впечатление дешевизны торгового объекта. С другой стороны, мягкие цвета с медленной их сменой могут обеспечить интересный ракурс освещения товаров. Подобный прием может создавать чувство технической «продвинутости» объекта, и по этой причине он успешно применяется в магазинах, продающих высокотехнологичные товары и услуги, такие как мобильные телефоны и подписки на пакеты телевизионных каналов.

Приемы организации общего освещения могут значительно отличаться и варьироваться, начиная от самого простого освещения товара до пространств, заполненных светом от вертикальных и горизонтальных светящихся конструкций. Выбор светодиодного решения в значительной степени обусловлен текущими трендами и меняется с течением времени. С развитием светодиодного освещения и других технологий средств управления можно предвидеть появление магазинов со светодиодными потолками, которые будут давать возможность изменять цвет и интенсивность освещения в разных частях одного и того же помещения. При этом изменение светового решения в таких магазинах будет осуществляться при помощи программного обеспечения и не потребует полного демонтажа системы и переустановки схем освещения каждые несколько лет. Впрочем, стоимость подобной системы и невысокие сроки аренды розничных площадей ограничивают возможности внедрения таких систем в настоящее время.

Так на какой же ступени развития находятся технологии освещения в реальной жизни? На сегодня, светодиодное освещение широко применяется на практике для решения задач компаний, специализирующихся на розничной или оптовой торговле. Светодиоды могут обеспечить эффективность и цветовые характеристики надлежащего качества для замены компактных люминесцентных ламп в качестве точечных светильников и – с некоторыми ограничениями – низковольтных рефлекторных ламп в экспозиционном освещении. Ожидается, что в следующем году на рынок будут выпущены светодиодные продукты с большей мощностью, которые смогут соперничать с низковольтными металлогалогенными лампами в направленном и экспозиционном освещении. При этом, есть некоторые аспекты, с которыми светодиодное освещение справляется лучше, чем традиционное, включая ненаправленное освещение стен близкого расстояния. Это качество очень полезно при освещении изображений большого формата и больших площадей. Как упоминалось ранее в статье, светодиоды обеспечивают достаточно вариантов для цветовых и динамических эффектов, труднодостижимых при использовании иных технологий. Сегодня первоначальные затраты по внедрению светодиодных решений выше, чем при внедрении традиционных технологий. Однако в дальнейшем они компенсируются за счет уменьшения энергопотребления и затрат на обслуживание. Многие поставщики светодиодных светильников предлагают расчет планируемой окупаемости высокой стоимости покупки за счет экономии энергии и затрат на обслуживание. Тем не менее, к этим расчетам необходимо относиться очень осторожно, сверяя их с текущими операциями и стоимостью рассматриваемого магазина.

Из-за наличия большого количества различных светодиодных продуктов на рынке, необходимо уделить особое внимание техническим характеристикам продуктов. Существует несколько общих правил, которые необходимо упомянуть:

– во-первых, светильники с диодами теплых цветов, более широко используемые в розничной торговле, значительно менее эффективны, чем светодиодные светильники холодных цветов;

– во-вторых, свет светодиодных продуктов определенной цветовой температуры на глаз кажется значительно холоднее, чем у иных источников света с такой же цветовой температурой. Это особенно заметно при сравнении светодиодных ламп и низковольтных металлогалогенных ламп. Обычно светодиодная лампа с цветовой температурой 2700 К по зрительному восприятию будет ближе к вольфрамовой галогенной лампе или металогалогенной лампе с цветовой температурой в 3000 К, чем к светодиодной лампе с 3000 К;

– в-третьих, достичь узкой направленности света с углом освещения до 12 градусов может быть сложно. Существуют два подхода для решения подобной задачи. Первый – это использование маленьких светодиодов с отдельными фокусирующими линзами для каждого из них, что, впрочем, может привести к появлению портящих впечатление множественных теней. Другой подход подразумевает ис-

пользование более громоздких удаленных люминесцентных источников света, которые требуют существенно больших отражателей и, соответственно, большего размера и более тяжелых светильников.

Единственным действенным способом решения данных проблем является проведение тестирования образцов светильников от предлагаемых поставщиков. Это занимает много времени, но является неотъемлемым мероприятием при выборе светодиодных источников света, учитывая огромный их выбор на рынке.

Рынок также полон светодиодных продуктов прямой замены. По моему мнению, их следует избегать. Светодиоды настолько отличаются от существующих источников света по технологии работы, передачи света, по тому, какие требования они предъявляют к электричеству и охлаждению, что они просто не подходят для существующих светильников, сделанных для ламп других типов. Множество компаний, продающих лампы прямой замены, делают экстравагантные заявления по поводу эксплуатационных качеств и окупаемости оборудования. Но эти заявления в итоге приведут к большому разочарованию. Если вы принимаете решение о том, что вы хотите использовать светодиодные лампы, просто необходимо использовать светильники, в которые светодиоды интегрированы уже при разработке.

При обсуждении доводов в пользу светодиодных продуктов необходимо убедиться, что вам предложена надлежащая гарантия на весь срок службы ламп или, по крайней мере, на ожидаемый период окупаемости дополнительных средств, потраченных на приобретение светодиодных продуктов. При этом, надо обращать внимание на то, что гарантия покрывает весь светильник и сопутствующие приспособления, а не только светодиодный чип сам по себе. Гарантия на эксплуатацию должна распространяться не только непосредственно на работу и включение, но и на значительное уменьшение светового потока и неприемлемые изменения цвета в гарантийный период.

При существующем положении вещей традиционные источники света все еще занимают большую часть любого коммерческого проекта освещения. Люминесцентные трубки T5 остаются более эффективными, чем светодиоды при решении многих осветительных задач: освещение больших помещений с соответствующим требованиям уровнем освещения все еще лучше реализуется именно так. Бесшовная трубка T5 – новейшая разработка в люминесцентном освещении, позволяет обеспечить контурное освещение с высокой четкостью линейных элементов, что позволяет решать задачи по освещению архитектурных объектов, которые раньше решались при помощи ламп с холодным катодом.

Металлогалогенные лампы малой мощности также остаются серьезным игроком на арене экспозиционного освещения, хотя разница в уровне цен между ними и светодиодными лампами уменьшилась.

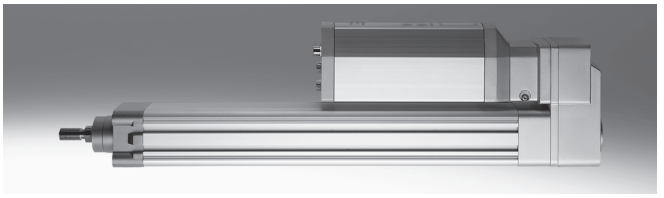
В сфере моды использование металлогалогенных ламп остается актуальным. В последнее время можно увидеть, как некоторые сети магазинов модной одежды решили оживить известный подход к освещению: «темный потолок, яркое направленное освещение продукта». Некоторые также применяют системы освещения, в которых используются лишь голый бетон и люминесцентные лампы. На рынке ресторанного и отельного освещения самой последней модой считается повторное использование старых промышленных и театральных светильников, что отдает дань идеям утилизации и охраны окружающей среды и, возможно, открывает новые возможности на будущее, когда повторное использование и перепрофилирование станет более уместным в условиях доминирования светодиодных продуктов с большим сроком службы. Как упоминалось выше, использование светодиодных светильников популярно среди магазинов, которые акцентируют внимание на своем участии в движении по защите окружающей среды. С этой целью они используют светодиодные лампы и светильники с холодным синеватым светом, которые могут вызывать дискомфорт из-за чрезмерного блеска. На данный момент многие из подобных систем освещения демонстрируют намного меньший уровень освещения, чем тот, что достигается посредством традиционных технологий.

Создается впечатление, что световой дизайн в розничных сетях требует переосмысления и движения по направлению к менее рассеянному и более сфокусированному на продуктах освещению. Поскольку мы внедряем светодиодные технологии, это позволит уменьшить удельную мощность освещения и, соответственно, энергопотребления. Это является определенным вызовом для дизайнеров и операторов розничной торговли, которые ранее склонялись к простому применению большего количества света для привлечения покупателей. Теперь цель состоит в том, чтобы создавать заманивающие витрины и уделять больше внимания созданию световых маршрутов в магазине, позволяющих получить увлекательный опыт покупок.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЦИЛИНДР DNCE

Дмитрий Васильев, компания Festo

Мехатроника FESTO

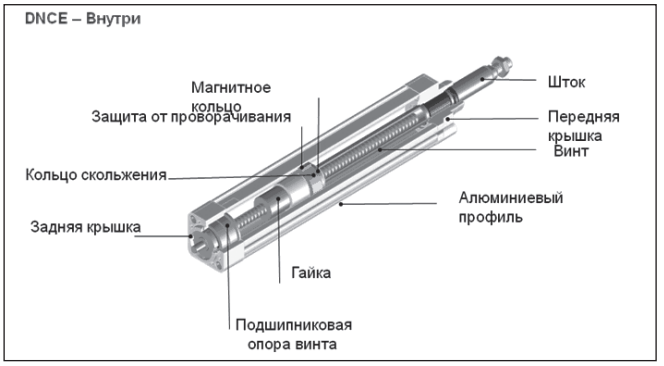


Тенденции современного информационного общества, стремительное развитие техники и сплетение различных областей знаний воедино дают мощный толчок для использования системного подхода в разработке средств автоматизации вообще и систем управления движением в частности. Таким системным подходом для FESTO является концепция Мехатроники, в рамках которой разработан оптимизированный набор компонентов (пневматических, механических, электрических и электронных), программные средства для расчета и выбора элементов системы перемещения, а также для конфигурирования, настройки и программирования. Все механические, электрические и электронные интерфейсы стандартизованы, благодаря чему можно гибко подбирать состав системы перемещения под конкретную задачу. Базовые компоненты системы дополнены исчерпывающим набором опций и переходных элементов, что позволяет решать задачи построения мехатронных систем в комплексе.

Совершенное дополнение пневматических компонентов

Становление и развитие концепции Мехатроники на FESTO началось с создания электрических приводов, совместимых по конструкции с пневматическими. Продукт, который хотелось бы рассмотреть в первую очередь, это электрический цилиндр DNCE. Идея разместить жесткую электромеханическую систему с возможностью гибкого управления в корпус пневмоцилиндра витала в воздухе – сам рынок стал требовать этого. Даже самые простые машины и механизмы стали выходить на новый уровень автоматизации и требовать все большей производительности и гибкости от систем перемещения. Таким образом, получая в распоряжение систему перемещения с идентичным механическим интерфейсом, но с лучшими характеристиками и функциональностью, стало возможным усовершенствовать машину не меняя коренным образом конструкцию.

Конструкция и комплектация DNCE



Принцип действия

Как же устроен электрический цилиндр DNCE? Электрический цилиндр состоит из механической приводной системы (передача винт-гайка скольжения или качения, шток, и корпус), электродвигателя с монтажным комплектом (фланец и соединительная муфта) и электронного устройства управления двигателем. Принцип действия прост: электродвигатель, управляемый электроникой, жестко соединен с винтовой передачей. Передача винт-гайка преобразует вращательное движение в поступательное и передает его через гайку штоку. Таким образом, получаем управляемое поступательное перемещение.

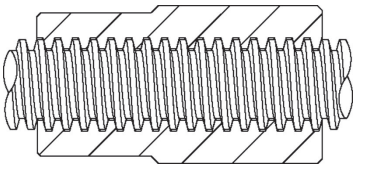
Внутреннее устройство

Конструкция механической системы представлена на рисунке. Внешние габариты и присоединительные размеры передней и задней крышек, алюминиевого профиля и самого штока соответствуют габаритам пневмоцилиндра DNC и стандарту ISO 6431. В корпусе задней крышки расположена подшипниковая опора, в которую жестко установлен приводной конец винта. Гайка, установленная на винте, жестко связана с движущимся поступательно штоком. Кроме того, на гайке установлено кольцо скольжения из полимерного материала с защитой от проворачивания, а также магнитное кольцо для обеспечения срабатывания бесконтактных концевых выключателей. В передней крышке установлен линейный подшипник для удержания направления движения штока.

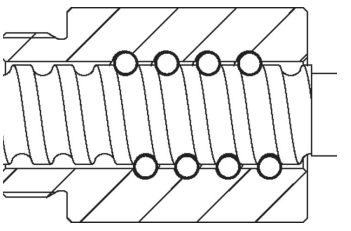
Типы привода

Линейная ось DNCE может быть укомплектована двумя типами винтовых передач: скольжения – винт-гайка с трапециедальной резьбой, качения – шарико-винтовая передача (ШВП) с рециркуляцией шариков.

Электроцилиндр DNCE-LS (LS = Lead screw/винт-гайка скольжения) – экономичное решение с простой передачей винт-гайка скольжения. Линейная ось DNCE-LS предназначена для медленных перемещений с высокими усилиями подачи. Одной из основных характеристик данного типа привода является наличие свойства самоторможения, что нередко является очень полезным, например, при вертикальном перемещении. Электрический цилиндр с таким типом привода оптимизирован для комбинации с интегрированными сервоприводами постоянного тока MTR-DCI и шаговыми приводами FESTO.



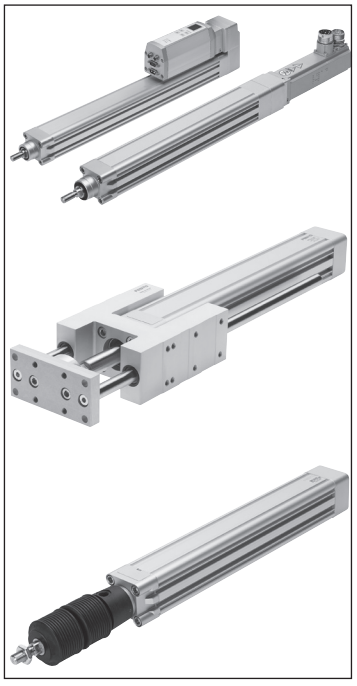
Электроцилиндр DNCE-BS (BS = Ballscrew/ШВП) – это производительное и функциональное решение. Линейная ось DNCE-BS предназначена для длительных возвратно поступательных движений с высокой динамикой. Привод



на базе ШВП – это точная и надежная система перемещения, рассчитанная на длительную эксплуатацию. Комплектация электрического цилиндра с ШВП оптимизирована для использования совместно с шаговыми и сервоприводами FESTO.

Типы двигателей. Монтаж двигателей

- Сама механическая система DNCE без приводящего ее в движения механизма представляет собой красивый и приятный на ощупь кусок металла. Уже упоминалось, что с электрическим цилиндром возможно агрегатировать три типа сервоприводов;



- интегрированный сервопривод постоянного тока MTR-DCI. Это комплектное решение, которое сочетает в одном корпусе электродвигатель, энкодер и управляющую электронику. Необходимо только подать питание и управляющий сигнал;

- комплектный шаговый привод: двигатели EMMS-ST и сервоусилители CMMS-ST. Может быть использован как разомкнутый шаговый привод без датчика положения или как сервопривод с относительным энкодером и полным контролем над позицией, скоростью и моментом, а как следствие и контролем над потреблением энергии;

- комплектный синхронный сервопривод: серводвигатели EMMS-AS и сервоусилители CMMx-AS. Полноценные сервоприводы с двигателями на постоянных магнитах, абсолютными энодерами на валу и богатым набором функций.

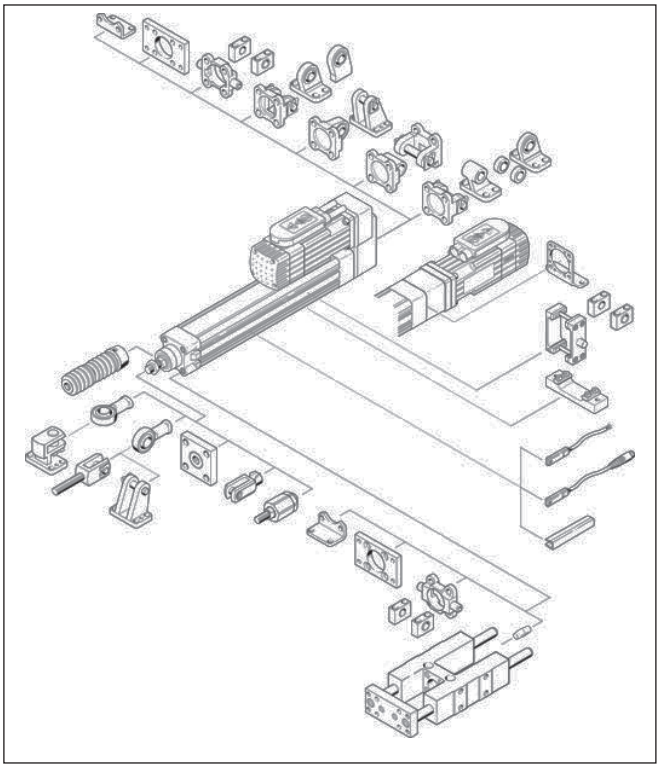
Для удобства использования возможно крепить любой из приведенных типов двигателей соосно электроцилиндру или параллельно. Существуют стандартные соосные и параллельные монтажные комплекты для любого из трех типов двигателей. Соосный монтаж выстраивает всю систему в линейку и является наиболее простым и стандартным. Параллельный монтаж позволяет сократить линейный габарит системы перемещения.

Опции

Для закрепления на установке и максимальной адаптации электрического цилиндра к требованиям задачи существует возможность укомплектовать его дополнительными элементами и аксессуарами.

Весьма часто для компенсации радиальных составляющих нагрузки или просто для использования цилиндра, как консольную ось, добавляют в комплектацию системы перемещения стандартный узел внешних линейных направляющих – FENG. Линейные подшипники в данном случае могут быть как скольжения, так и качения.

Для использования линейной оси в агрессивных средах,



средах с повышенной влажностью или запыленностью предусмотрен комплект гофрозащиты штока цилиндра EADB. Благодаря этой опции степень защиты может быть увеличена до IP65, что позволяет использовать DNCE в тяжелых условиях эксплуатации, в том числе и на пищевом производстве, где оборудование необходимо мыть.

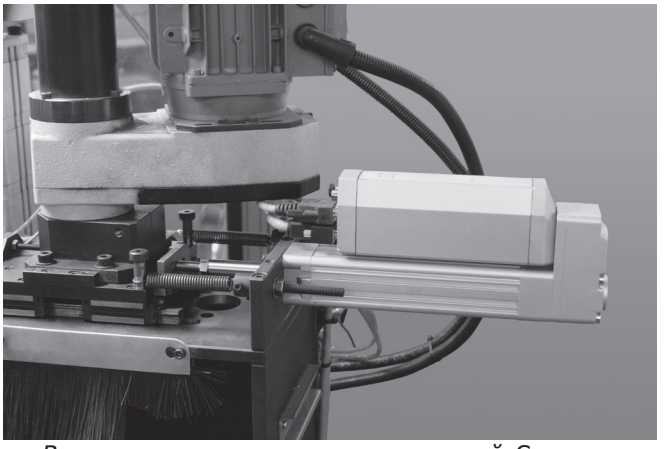
Максимальной близостью крепежных и габаритных размеров пневматического и электрического цилиндра можно в полной мере воспользоваться при осуществлении крепежа на установке, а также при установке концевых выключателей (см. рис.). Такое богатство опций позволяет легко и быстро подобрать нужный вариант крепежа и дополнительной комплектации, исходя из требований задачи.

Технические характеристики

Тип	DNCE-LS (винт-гайка)	DNCE-BS (ШВП)
Типоразмеры	32, 40, 63	
Макс. ход, [мм]	800	
Макс. скорость, [м/с]	0.07	1
Макс. ускорение, [м/с^2]	1	6
Повторяемость, [мм]	0,07	0,02
Осевой люфт, [мм]	0,2	0,05
Макс. осевая сила, [Н]	1000	2500
Смазка	На весь срок службы	

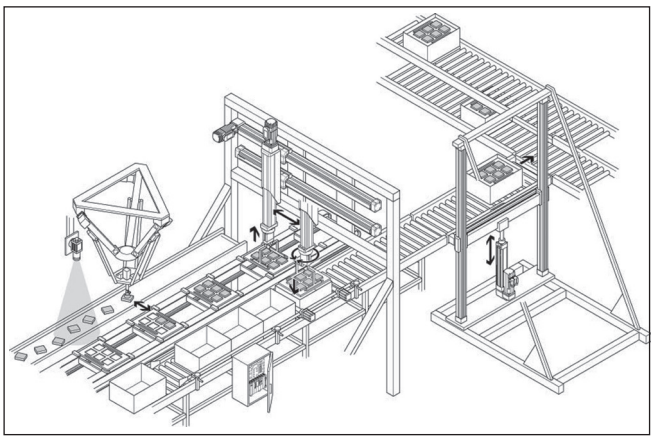
Применения

Наличие свободно программируемых точек позиционирования, мягкий разгон и торможение, а также возможность создания уникальных профилей движения позволяет использовать электрический цилиндр DNCE в широком диапазоне применений. Рассмотрим наиболее характерные из них.



Выполнение подстроечных перемещений. Стандартная задача для комплекта DNCE-LS+MTR-DCI – установка формата изделия с помощью перемещаемого упора. Задачи локальной автоматизации, решаемые с минимальными доработками, готовым к установке законченным блоком.

Объемное дозирование жидких продуктов. С помощью DNCE-BS с шаговым или серводвигателем получаем систему с возможностью гибкого изменения скорости и объема дозирования, с контролем за профилем движения, что исключает возможность расплескивания продукта, а также позволяет совершать сложные волнообразные движения, например, при упаковке мороженого в прозрачный стаканчик.



Весьма часто электрический цилиндр используется в составе сложных автоматических линий. На рисунке представлена линия упаковки и распределения готовой продукции. Манипулятор трипод EXPT FESTO, оснащенный машинным зрением, укладывает изделия на поддон, Y-Z манипулятор FESTO перекладывает поддоны в коробки, а лифт на базе DNCE распреляет коробки по рольгангам.

Расчет и ввод в эксплуатацию

Для получения полной картины мехатронной концепции FESTO рассмотрим специализированные программные продукты для расчета и подбора элементов систем перемещения и программные средства для конфигурирования и ввода в эксплуатацию.

Подбор и расчет

PositioningDrives простая и одновременно мощная программа для расчета и подбора систем электропривода позволяет исключить ошибки, сократить время и оптимизировать решение.

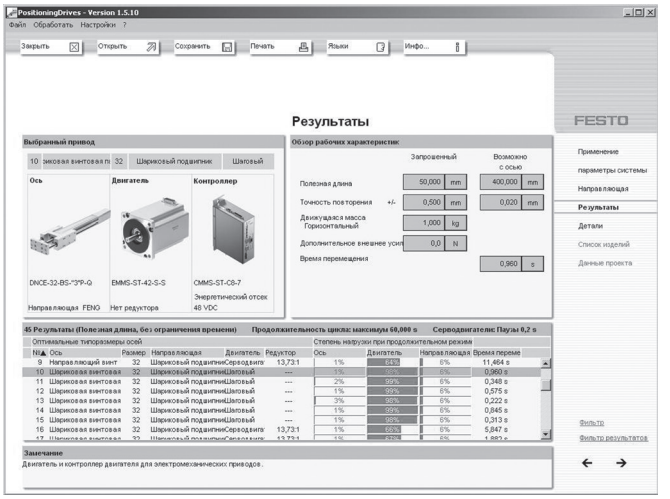
Исходные данные: ход, масса, повторяемость, направление перемещения необходимо ввести в программу. Предусмотрено ограничение требуемого времени перемещения, а также предварительный выбор типа привода и вариантов комплектации.

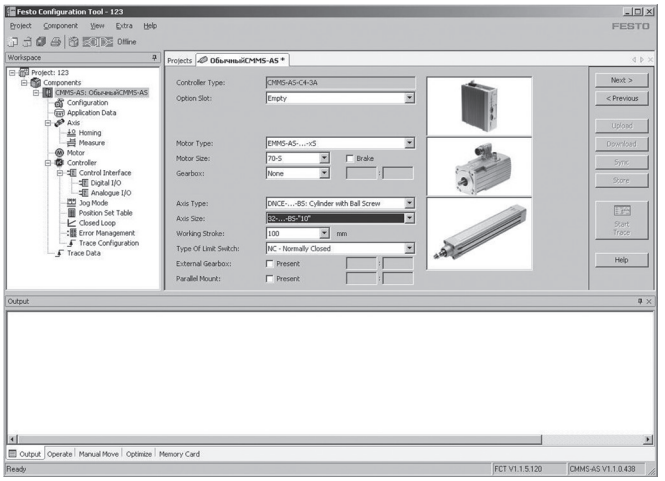
Для удобства выбора подобранные варианты можно отсортировать по типам двигателя и привода, функции компонентов, продолжительности цикла или стоимости.

Программа также выдает подробные результаты, такие как: графики движения, результаты расчета динамики, параметры системы, характеристики и список компонентов.

Ввод в эксплуатацию

Программа конфигурирования FCT FESTO для ввода в эксплуатацию. Управление и сохранение всех параметров приводной системы можно осуществлять в одном общем проекте. Управление проектом и данными для всех типов поддерживаемых устройств. Простота в использовании благодаря графически поддерживаемому вводу параметров. Универсальный режим работы для всех приводов. Работа в автономном режиме, сидя за компьютером, или в оперативном режиме находясь непосредственно рядом со станком.





Яркий пример Мехатроники

Электрический цилиндр DNCE представляет собой яркую иллюстрацию концепции Мехатроники FESTO:

• Единый конструктивный стандарт с пневматикой позволяет гибко выбирать технические решения и использовать единый набор аксессуаров.

• Разные варианты комплектации (тип передачи: винт-гайка/ШВП, тип сервопривода: интегрированный или комплектный) позволяет использовать электроцилиндр, как в задачах локальной автоматизации с невысокими требованиями, так и в высокодинамичных задачах в сложных системах и комплексах.

• Наличие мощного набора программного обеспечения позволяет быстро и безошибочно произвести расчет, выбор и ввод в эксплуатацию системы перемещения.

ПОДПИСКА-2013
Подписку на журнал «Электроника инфо» можно оформить в отделении связи по месту жительства с любого месяца.

ПОДПИСКА В БЕЛАРУСИ: «Белпочта» (подписной индекс – 00822).

ПОДПИСКА В РОССИИ: «Роспечать» (подписной индекс – 00822),
«АРЗИ – Почта России» (подписной индекс – 91654).
Читатели также могут подписаться по национальным каталогам: агентств «МК-Периодика», «Информнаука», «Интерпочта-2003» и «Урал-Пресс»; «Пресса» (Украина»).

ДИНАМИКА РЕАКЦИИ ЧАСТОТЫ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА НА ВНЕШНЮЮ ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ: ЛИНЕЙНЫЕ МОДЕЛИ

УДК 616.1

В.В. Кикинев, ГУО «Гомельский инженерный институт» МЧС РБ, г. Гомель;
И.И. Забеньков, УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск.

Аннотация

Дан обзор исследований динамики реакции частоты сердечных сокращений человека на внешнюю физическую нагрузку, представляющую собой работу на велоэргометре. К рассмотрению принимались только линейные модели. Результаты исследований, выполненных различными учеными или научными коллективами, систематизированы и представлены в форме, удобной для сравнительного анализа. Особое внимание уделено техническим аспектам экспериментов, таким, как использованные испытательные воздействия, нагрузочное и измерительное оборудование.

Введение

Частота сердечных сокращений человека (ЧСС) регулируется in vivo посредством сложной многопетлевой обратной связи и зависит от целого ряда внутренних и внешних факторов. В силу того, что физическая нагрузка является наиболее сильным из факторов такого рода, ее часто используют в качестве «входа» (тестового воздействия) при исследовании динамики данной физиологической системы.

В настоящей статье мы дадим обзор наиболее важных (по крайней мере, с нашей точки зрения) результатов, полученных зарубежными исследователями в рассматриваемой области. При этом мы ограничимся классом линейных стационарных моделей, а также исследованиями, где в качестве входа использовалась нагрузка в виде вращения вала с педалями с преодолением усилия торможения, иными словами, представляющая собой работу на велоэргометре. Также мы сделаем упор на описании технических аспектов выполненных исследований (тестовое воздействие, нагрузочное устройство и т.д.) и представим их результаты в форме, удобной для анализа и сравнения – без необходимости обращения к первоисточникам.

Настоящая статья призвана восполнить явный недостаток работ на русском языке на данную тему, безусловно интересную с научной и прикладной точки зрения.

Модели динамики, полученные с использованием метода частотных характеристик.

Модель, полученная О. Вигерцом в результате исследования, выполненного в Каролин-ском институте (Стокгольм, Швеция) [11; 12], имеет вид передаточной функции:

$$G_{\mathrm{mod1}}(s) = G_0 e^{-\tau_D s} \cdot \left(\frac{\alpha}{T_1 s + 1} + \frac{1-\alpha}{T_2 s + 1} \right), \qquad (1)$$

где значения параметров G_0, уд/(мин.·Вт); α; τ_D, с; T_1, с; T_2, с определены индивидуально для 11 мужчин в возрасте от 21 до 26 лет, здоровых, тренированных, соответственно: (0,397; 0,63; 2,1; 18,9; 132,5), (0,397; 0,5; 1,6; 19,3; 120,2), (0,323; 0,75; 1,4; 19,6; 940), (0,42; 0,55; 1,2; 13,4; 118,3), (0,299; 0,47; –0,5; 17,6; 107,4), (0,311; 0,65; –0,3; 18,5; 173,1), (0,386; 0,27; 2,4; 5,5; 61,9), (0,36; 0,42; 1,7; 24,8; 101,7), (0,295; 0,82; 4,7; 22,6; 383), (0,312; 0,64; 1,7; 18; 135,9), (0,409; 0,61; 1,7; 23,4; 178,8).

В процессе выполнения процедуры исследования испытуемые вращали вал с педалями велоэргометра с постоянной частотой 60 об/мин. в положении лежа на спине.

В качестве испытательных использовались следующие воздействия:

- гармоническое: с амплитудой нагрузочной мощности 65 Вт, изменяющееся относительно среднего значения, равного 106 Вт, с периодом, последовательно устанавливаемым из ряда: 0,75; 1,5; 3,0; 4,5; 7,0; 10,0; 15,0 мин. в двух сериях [12, рис. 1];

- ступенчатое для исследования статических характеристик: с длительностью ступени 6 мин. и нагрузочной мощностью, устанавливаемой последовательно из ряда: 41; 171; 106 Вт.

Погрешность задания нагрузочной мощности не превышала ±4 % в диапазоне частот вращения вала с педалями от 45 до 75 об/мин.

Функция времени, представляющая ЧСС испытуемого, регистрировалась с помощью измерителя ЧСС, имеющего аналоговый выход, и аналогового 14-канального магнитофона путем непрерывного измерения и записи на магнитную ленту величины, обратной текущему значению интервала времени между двумя соседними зубцами R электрокардиограммы (ЭКГ).

При исследовании статических характеристик измерение производилось на шестой минуте с начала соответствующей ступени.

Анализ полученных функций времени производился после окончания экспериментальной части с помощью аналоговой ЭВМ; при этом для улучшения отношения сигнал/ помеха применялось усреднение данных.

Идентификация экспериментальных кривых производилась в ходе минимизации функции потерь специального вида.

Гармонический анализ функций времени, представляющих ЧСС испытуемых, показал, что сумма амплитуд второй и третьей гармоник в них не превышает 0,15 от амплитуды основной гармоники при периоде испытательного воздействия, равном 0,75 с, и 0,1 – при всех остальных; пиковое значение суммы амплитуд гармоник более высокого порядка и шумов не превышает 2 уд/мин.

Отмечается, что положение испытуемого (в данном случае – лежа на спине) существенно влияет на динамику адаптации его сердечно-сосудистой системы к физической нагрузке [2; 7].

Модели, полученные Н. Тидтом с соавторами в результате исследования, выполненного в ГДР [4; 9; 10], имеют вид:

– передаточной функции второго порядка с запаздыванием Gmod1(s) (1), где значения параметров G_0, уд/(мин.·Вт); α; τ_D, с; T_1, с; T_2, с определены как средние для каждой из двух групп испытуемых (восемь мужчин в возрасте от 22 до 30 лет и три женщины в возрасте от 23 до 26 лет, все здоровые, нетренированные), соответственно: (0,512; 0,8; 1,33; 27,8; 572), (0,717; 0,84; 0,9; 29,6; 3375);

– передаточной функции третьего порядка:

$$G_{\mathrm{mod}2}(s) = G_0 \cdot \left(\frac{\alpha}{T_0^2 s^2 + 2DT_0 s + 1} + \frac{1-\alpha}{T_1 s + 1} \right), \qquad \textbf{(2)}$$

где значения параметров G0, уд/(мин.·Вт); α; τ_D; T_0, с; T_1, с определены как средние для каждой из двух групп испытуемых (восемь мужчин и три женщины, см. выше), соответственно: (0,512; 0,78; 2,7; 5,3; 385), (0,713; 0,85; 2,9; 5,5; 2250).

В процессе выполнения процедуры исследования испытуемые вращали вал с педалями велоэргометра Zimmermann с постоянной частотой 60 об/мин. в положении сидя.

В качестве испытательных использовались следующие воздействия [9, рис. 1]:

- гармоническое: с амплитудой нагрузочной мощности 30 Вт для женщин и 50 Вт для мужчин, изменяющееся относительно среднего значения, равного 60 Вт для женщин и 90 Вт для мужчин, с периодом, последовательно устанавливаемым из ряда: 0,5; 0,75; 1,25; 2,0; 3,0; 5,0; 7,0; 10,0; 15,0 мин. в двух сериях;

- ступенчатые для исследования статических характеристик трех различных видов.

Сведений о точности задания нагрузочной мощности не приводится.

Функция времени, представляющая ЧСС испытуемого, регистрировалась путем автоматизированного измерения и занесения в память ЭВМ величины, обратной текущему значению интервала времени между двумя соседними зубцами R ЭКГ; измерение производилось 16 раз в течение периода испытательного воздействия, равного 0,5; 0,75 мин., и 32 раза – в течение всех остальных.

При исследовании статических характеристик измерение производилось на шестой минуте с начала соответствующей ступени.

Анализ полученных функций времени производился после окончания экспериментальной части с помощью ЭВМ; при этом для улучшения отношения сигнал/помеха применялось усреднение данных.

Гармонический анализ функций времени, представляющих ЧСС испытуемых, показал, что амплитуды второй и третьей гармоник в них не превышают соответственно 0,1 и 0,07 от амплитуды основной гармоники.

Модели динамики, полученные с использованием метода временных характери-стик

Модель, полученная Ю. Фуджихарой с соавторами в исследовательском Центре Вирджиниа Мэйсон (г. Сиэтл, штат Вашингтон, США) [5; 6], имеет вид передаточной функции:

$$G_{\mathrm{mod}3}(s) = G_1 e^{-\tau_{D1} s} \cdot \frac{1}{(T_1 s + 1)\cdot(T_2 s + 1)} - G_2 e^{-\tau_{D2} s} \cdot \frac{1}{T_3 s + 1}, \qquad \textbf{(3)}$$

где значения параметров G_{01}, уд/(мин.·Вт); G_{02}, уд/(мин.·Вт); τ_{D1}, с; τ_{D2}, с; T_1, с; T_2, с; T_3, с определены индивидуально для четырех мужчин в возрасте от 27 до 40 лет и одной женщины в возрасте 40 лет, здоровых, нетренированных, соответственно: (0,654; 0,18; 1; 14; 40; 2; 20), (0,384; 0,033; 1; 16; 40; 6; 10), (0,319; 0,041; 1; 15; 18; 2; 8), (0,335; 0,016; 1; 20; 25; 2; 8), (0,52; 0,033; 1; 17; 25; 6; 8).

В процессе выполнения процедуры исследования испытуемые вращали вал с педалями велоэргометра QI844 (Quinton Cardiology Systems, Inc., США) с частотой 70±4 об/мин.

Испытательное воздействие представляло собой сложную импульсную последовательность нагрузочной мощности одного из трех видов:

- первого вида: 10 прямоугольных импульсов длительностью 10 с и амплитудой 367 Вт, 15 прямоугольных импульсов длительностью 5 с и амплитудой 367 Вт, 15 прямоугольных импульсов длительностью 10 с и амплитудой 183 Вт;

- второго вида: 10 прямоугольных импульсов длительностью около 1 мин. с амплитудой 67 Вт и 15 прямоугольных импульсов длительностью около 1 мин. с амплитудой 33 Вт;

- третьего вида: 6 треугольных с линейно-ступенчатым нарастанием мощности импульсов и количеством ступеней в импульсе 20 (12–14 для двоих испытуемых), длительность ступени – 7,5 с (15 с для двоих испытуемых), величина ступени – 8,35 Вт (16,7 Вт для двоих испытуемых) и 9 треугольных с линейно-ступенчатым нарастанием мощности импульсов, количество ступеней в импульсе – 16, длительность ступени – 15 с, величина ступени – 8,35 Вт.

Параметры импульсов, образующих испытательное воздействие, были подобраны таким образом, чтобы последовательности второго и первого вида оказались связанными между собой интегральной зависимостью; такой же зависимостью связаны между собой импульсные последовательности третьего и второго вида.

Погрешность задания нагрузочной мощности не превышала 4,2 Вт в диапазоне частот вращения вала с педалями от 40 до 100 об/мин.

Функция времени, представляющая ЧСС испытуемого, регистрировалась с помощью измерителя ЧСС и восьмиканального запоминающего осциллографа путем непрерывного измерения и занесения в память последнего величины, обратной текущему значению интервала времени между двумя соседними зубцами R ЭКГ. Для улучшения отношения сигнал/помеха применялось усреднение данных.

Значения параметров модели динамики для каждого испытуемого определялись непосредственно из соответствующих импульсной и переходной характеристик, полученных в результате эксперимента.

Отмечается, что системы регулирования частоты вентиляции легких и ЧСС человека могут считаться «квазилинейными» в условиях, подобных тем, при которых проводилось описываемое исследование.

В результате анализа соответствующих физиологических процессов М. Хайек с соавторами установили [8], что связь между функциями времени $y(t)$ и $u_2(t)$, представляющими ЧСС человека и внешнюю физическую нагрузку, может быть выражена следующим образом:

$$Y(s) = \begin{bmatrix} G_1 \cdot \dfrac{T_2 s}{(T_1 s + 1)\cdot(T_2 s + 1)} & G_2 \cdot \dfrac{1}{(T_2 s + 1)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1(s) \\ U_2(s) \end{bmatrix}, \qquad \textbf{(4)}$$

где $Y(s)$, $U_2(s)$ – преобразование по Лапласу указанных функций времени $y(t)$, $u_2(t)$ соответственно; $U_1(s)$ – преобразование по Лапласу функции времени $u_1(t)$, представляющей вспомогательную переменную, такую что:

$$u_1(t) = \begin{cases} 1, u_2(t) > 0; \\ 0, u_2(t) = 0. \end{cases} \quad \textbf{(5)}$$

Значения параметров G_1, 1/с; G_2, уд/(с·Вт); T_1, с; T_2, с модели (4) были определены индивидуально для 15 мужчин в возрасте от 18 до 22 лет, здоровых, нетренированных, соответственно: (0,485; 0,0069; 6,8; 73), (0,416; 0,00868; 12,6; 123), (0,388; 0,0063; 11,6; 71), (0,57; 0,0119; 9,4; 123), (0,325; 0,0083; 6,1; 60), (0,23; 0,009; 11,5; 109), (0,24; 0,014; 12; 224), (0,158; 0,0087; 11,5; 90), (0,358; 0,014; 6; 162), (0,26; 0,017; 15,6; 231), (0,439; 0,01; 6,3; 140), (0,123; 0,012; 14,3; 214), (0,513; 0,021; 11,8; 231), (0,304; 0,007; 10,4; 262), (0,173; 0,0105; 8,2; 216).

При проведении параметрической идентификации производилась минимизация суммы квадратов разностей значений «теоретической» и экспериментально полученной функций времени, представляющих ЧСС испытуемого, в дискретные моменты времени.

В процессе выполнения процедуры экспериментального исследования испытуемые вращали вал с педалями велоэргометра Siemens-Elema.

Испытательное воздействие представляло собой импульсный сигнал треугольной формы с линейным нарастанием, длительностью 4 мин. и амплитудой 196,2 Вт [8, рис. 3].

ЭКГ испытуемого регистрировалась с помощью электрокардиографа и записывалась на магнитную ленту кассетным магнитофоном; сопряжение электрокардиографа и магнитофона обеспечивалось специально разработанным устройством. Обработка полученной первичной информации производилась с помощью гибридной (цифроаналоговой) ЭВМ. Результаты обработки выводились на бумажную ленту и в виде графиков.

Модели динамики, полученные при исследовании линейности рассматриваемой физиологической системы

Х.К. Беккер с соавторами установили [1], что из шести передаточных функций, исследованных ими на соответствие полученным экспериментальным данным, адекватными являются следующие три:

$$G_{\text{mod}5}(s) = G_0 e^{-\tau_D s} \cdot \frac{1}{T_1 s + 1}; \quad \textbf{(6)}$$

где значения параметров G_0, τ_D, T_1 определены индивидуально для двух мужчин в возрасте 31 и 35 лет, здоровых, нетренированных;

$$G_{\text{mod}6}(s) = G_0 \cdot \frac{1}{(T_1 s + 1) \cdot (T_2 s + 1)}; \quad \textbf{(7)}$$

где значения параметров G_0, T_1, T_2 определены для одного мужчины в возрасте 28 лет, здорового, нетренированного;

$$G_{\text{mod}7}(s) = G_0 e^{-\tau_D s} \cdot \frac{1}{\left(\frac{T_n}{2\pi}\right)^2 s^2 + 2\zeta \left(\frac{T_n}{2\pi}\right) s + 1}, \quad \textbf{(8)}$$

где значения параметров G_0, ζ, τ_D, T_n определены для одного мужчины в возрасте 30 лет, здорового, тренированного.

Параметрическая идентификация трех последних моделей производилась методом частотных характеристик.

Авторами высказывается предположение, что более сложные модели, например, вида (3), могут оказаться и «более точными», в целом, для описания исследуемой динамики.

Более того, Х.К. Беккер с соавторами установили, что использование различных методов (частотной или временной характеристик) при идентификации системы регуляции ЧСС человека приводит к получению различных же результатов (модели вида (6-8) или вида (3) соответственно, предположительно, вследствие присущей указанной системе нелинейности.

К аналогичным выводам пришли в своей работе [3] и Е. Миямото с соавторами.

Заключение

Всплеск интереса к исследованию динамики реакции ЧСС человека на внешнюю физическую нагрузку имел место в 70-80-е гг. XX в.

Мы полагаем следующие полученные тогда результаты и выводы важными:

1. Зависимость изменения ЧСС человека по отношению к вызвавшему его измене-нию внешней физической нагрузки может считаться линейной, если последняя не выходит за некоторые пределы, например, 50-150 Вт (9, рис. 1). Очевидно, что в диапазоне линейности интересующая нас реакция биообъекта может быть описана линейной же математической моделью; для этого используется, как правило, передаточная функция.

2. К какой-то общепринятой («стандартной») модели для описания указанной реакции исследователи не пришли – получен ряд моделей различного вида, которые полагаются адекватными условиям соответствующих исследований. В последних, отметим, участвовали небольшие (не более 15 человек) группы испытуемых – мужчин (преимущественно) и женщин, средних лет, здоровых, тренированных или нетренированных. Сведений о структуре и параметрах моделей для иных категорий населения – страдающих теми или иными заболеваниями, пожилых людей, детей, и т. д. – не приводится.

Литература

1. Bakker, H.K. Dynamics of ventilation, heart rate, and gas exchange : sinusoidal and impulse work loads in man / H.K. Bakker, R.S. Struikenkamp, G.A. De Vries // J. of Applied Physiology. – 1980. – Vol. 48(2). – P. 289-301.

2. Bevegård, S. The effect of body position on the circulation at rest and during exercise, with special reference to the influence on the stroke volume / S. Bevegård, A. Holmgren, B. Jonsson // Acta Physiologica Scandinavica. – 1960. – Vol. 49. – P. 279-298.

3. Cardiorespiratory dynamics during sinusoidal and impulse exercise in man / Y. Miyamoto [et al.] // Jap. J. of Physiology. – 1983. – Vol. 33. – P. 971-986.

4. Ein Verfahren zur sinusförmigen Belastungsänderung auf dem Fahrradergometer / N. Tiedt [et al.] // Acta Biologica et Medica Germanica. – 1972. – Vol. 28. – P. 193-196.

5. Fujihara, Y. Cardiorespiratory transients in exercising man. I. Tests of superposition / Y. Fujihara, J.R.

Hildebrandt, J. Hildebrandt // J. of Applied Physiology. – 1973. – Vol. 35. – P. 58-67.

6. Fujihara, Y. Cardiorespiratory transients in exercising man. II. Linear models / Y. Fujihara, J. Hildebrandt, J.R. Hildebrandt // J. of Applied Physiology. – 1973. – Vol. 35. – P. 68-76.

7. Rosenhamer, G. Influence of increased gravitational stress on the adaptation of cardiovascular and pulmonary function to exercise / G. Rosenhamer // Acta Physiologica Scandinavica, Supplement. – 1967. – Vol. 276. – P. 1-61.

8. Hajek, M. Mathematical model of heart rate regulation during exercise / M. Hájek, J. Potůček, V. Brodan // Automatica. – 1980. – Vol. 16. – P. 191-195.

9. Tiedt, N. Dynamic characteristics of heart-rate responses to sine-function work-load patterns in man / N. Tiedt, B. Wohlgemuth, P. Wohlgemuth // Pflügers Arch. – 1975. – Vol. 355. – P. 175-187.

10. Tiedt, N. The response of the heart rate to sinusoidally changed work load in man / N. Tiedt, B. Wohlgemuth, P. Wohlgemuth // Biocybernetics. Vol. IV : Proc. of the 3rd Int. Symposium on Biocybernetics, Satellite Symposium of the XXVth Int. Congress of Physiological Sciences (Leipzig, Aug. 3rd to 7th, 1971). – Jena : VEB Gustav Fischer, 1972. – P. 286-290.

11. Wigertz, O. Dynamics of respiratory and circulatory adaptation to muscular exercise in man. A system analysis approach / O. Wigertz // Acta Physiologica Scandinavica, Supplement. – 1971. – Vol. 363. – P. 1-32.

12. Wigertz, O. Dynamics of ventilation and heart rate in response to sinusoidal work load in man / O. Wigertz // J. of Applied Physiology. – 1970. – Vol. 29. – P. 208-308.

Abstract

A review is given of studies on dynamic characteristics of heart rate in response to external workload in man. The workload represents bicycle-ergometer exercise. Only linear models have been taken into consideration. The results of the studies carried out by various researchers or research teams have been systematized and represented in the form which is suitable for comparative analysis. Special attention is paid to technical aspects of the studies such as the load profiles, loading devices and measuring equipment.

Поступила в редакцию 10.09.2012 г.

НОВОСТИ

INTEL РАССКАЗАЛА НА CES О БУДУЩЕМ УЛЬТРАБУКОВ И МОНОБЛОЧНЫХ ПК

Кирк Скауген, занимающий должности вице-президента Intel Architecture Group и генерального менеджера Data Center Group, на проходящей в эти дни в Лас-Вегасе выставке CES рассказал, как компания видит будущее ультрабуков и моноблочных ПК на основе процессоров Intel. Если выразить мысль Кирка в двух словах, то получится, что в будущем становиться тоньше и легче будут не только смартфоны, но и ультрабуки и даже моноблочные ПК. Кроме того, особую роль будет играть способ взаимодействия пользователя со своим компьютером.

Традиционные способы будут постепенно терять свою значимость, зато инновационные – прикосновения и жесты, становиться все более совершенными и популярными. В будущем компания собирается представить прототип следующего поколения ультрабуков, которое станет не только тоньше (всего 17 миллиметров) и легче, мощнее и энергоэффективнее, но и дешевле существующих моделей. Так, стоимость самих прототипов будет находиться на уровне от 799 до 899 долларов США. На основе этих моделей Intel производители ПК смогут создавать свои по приемлемым ценам.

Кроме того, внедрение новых способов взаимодействия пользователя с компьютером и удешевление технологий приведут к тому, что сенсорные дисплеи будут появляться даже в бюджетных моделях ноутбуков, чья цена начинается от 600 долларов.

Что касается моноблочных ПК, то они также серьезно изменятся. Помимо того, что моноблоки должны стать тоньше и легче, и обзавестись сенсорными дисплеями, изменится и то, как мы будем их использовать. По представлению Intel моноблочные ПК превратятся в некий аналог большого домашнего планшета, который благодаря наличию встроенного аккумулятора и малому весу можно будет переносить из комнаты в комнату. Компьютер смогут использовать сразу несколько членов семьи одновременно. Для того чтобы воплотить этот сценарий в жизнь, Intel начала подбирать партнеров и единомышленников среди софтверных компаний, уже откликнулись такие гиганты, как Electronic Arts и Microsoft.

www.3dnews.ru

СТЕЛЛА МОНТИС

МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ
ФОТОРЕЗИСТ, ЗАЩИТНЫЕ МАСКИ И ТД.

МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПАЙКИ И МОНТАЖА
ПАЯЛЬНАЯ ПАСТА, ПРИПОЙ, ФЛЮС-ГЕЛЬ

ЗАЩИТНЫЕ ЛАКИ CRAMOLIN: ТЕРМО, ВЛАГО и ЭМИ

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И АКСЕССУАРЫ

АНТИСТАТИЧЕСКАЯ МЕБЕЛЬ И ОБОРУДОВАНИЕ

ФОТОТЕХНИЧЕСКИЕ ПЛЕНКИ

ТЕЛ./ФАКС +375 17 2458431, 2458252; GSM: +375 29 6458431
WEB: WWW.STELLAMONTIS.COM E-mail: info@stellamontis.com

KEMMER PRÄZISION
SunChemical
АКТАКОМ
ALFACHIMICI
KOLON
INDIUM CORPORATION
PACE
AGFA
Kodak
TRESTON
CRAMOLIN®

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЧЕТЧИКА ПОСЕТИТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИБЛИОТЕКИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ OPENCV 2.4

УДК 004.932 + 004.42

Е.А. Краснобаев, УО «ВГУ им. П.М. Машерова», г. Витебск.

Аннотация

В статье разработана математическая модель двунаправленной системы подсчета посетителей на основе технологии компьютерного зрения. На программном уровне, система подсчета посетителей реализована посредством цифровой обработки видеоизображений, поступающих с видеокамеры в режиме реального времени. Для сегментации цифровых изображений применялся метод вычитания кадров. Преимуществом разработанной модели является возможность выбора области интереса в пределах наблюдаемой сцены, что позволяет более точно настроить счетчик посетителей в конкретной обстановке. На основе полученной модели разработано программное обеспечение счетчика посетителей, а также рассмотрены общие вопросы создания мультимедийных приложений с использованием библиотеки OpenCV версии 2.4. В результате разработки точность подсчета посетителей данным образом составила 88-92%.

Введение

Традиционные системы панорамного видеонаблюдения в наше время установлены практически в любом торговом зале. И лишь в последнее время в них стали доступны функции по определению траектории и подсчету проходящих посетителей, плотности скопления людей и другие. Эти возможности являются инновационными и исключительно перспективными для торгового сегмента техники видеонаблюдения.

Системы подсчета посетителей позволяют вести учет людей прошедших через некоторый проход за определенный промежуток времени. Важной задачей при этом является определение направления движения человека для того, чтобы знать точное число посещений в любой момент времени. Обычно, система подсчета устанавливается на проходе или рядом с ним, и может быть основана на следующих технологиях: компьютерное зрение, инфракрасные и лазерные датчики, тепловидение, искусственный интеллект.

По нашему мнению, преимущества счетчиков, основанных на технологии компьютерного зрения очевидны: высокая точность, возможность развертывания на базе существующей системы видеонаблюдения, а также невысокая цена, по сравнению с другими перечисленными технологиями.

Целесообразность внедрения таких подсистем ни у кого не вызывает сомнения, так как они позволяют увеличить показатели товарооборота и прибыльности торгового предприятия. Таким образом, целью данного исследования является разработка модели и программных средств, реализующих функцию счетчика посетителей в цифровых системах видеонаблюдения, на базе персональных компьютеров. Объектом исследования, изложенного в данной статье, являются видеоданные, полученные с помощью систем видеонаблюдения. Предметом исследования выступают модели, алгоритмы и методы анализа и обработки изображений систем видеонаблюдения, используемые в маркетинге.

Математическая модель счетчика посетителей

На программном уровне система подсчета посетителей может быть реализована посредством цифровой обработки видеоизображений поступающих с видеокамеры в режиме реального времени.

Подсчет проходящих людей будем выполнять по признаку движения, для этого определим в пределах кадра изображения некоторую область интереса (прямоугольный блок), в котором будет обнаруживаться движение. Преимуществом такого подхода является возможность выбора области интереса в пределах наблюдаемой сцены, что позволит более точно настроить счетчик посетителей в конкретной обстановке. Для решения задачи определения движения в блоке нередко используются методы вычитания кадров и вычитания фона [1, 2]. Рассмотрим один из них.

Метод вычитания кадров является интуитивно первым в решении задачи сегментации движения. Он заключается в вычислении разности значений соответствующих пикселей двух изображений и сравнении их с некоторым пороговым значением.

Будем рассматривать значения интенсивности некоторого отдельного пикселя полутонового изображения во времени в виде следующего ряда:

$$\{I_1,...,I_t\}=\{X_k(i,j),1\le k\le t\}. \quad (1)$$

На основании приведенного соотношения построим разностное изображение:

$$T(i,j)=|X_t(i,j)-X_{t+1}(i,j)|, \quad (2)$$

где $X_t(i,j)$ – интенсивность пикселя с координатами i, j изображения X в момент времени t, $X_{t+1}(i,j)$ – интенсивность пикселя i, j в момент времени t+1.

Выполним бинаризацию разностного изображения на основе порогового значения, которое будет задавать относительный контраст обнаруживаемых движущихся объектов (для изображения с глубиной цвета 8 бит):

$$B(i,j)=\begin{cases}0, T(i,j)<\delta\\ 255, T(i,j)\ge\delta\end{cases}, \quad (3)$$

где δ – пороговое значение, на основании которого определяется принадлежность пикселя к движущемуся объекту. Пиксели изображения, преодолевшие порог, считаются принадлежащими движущемуся объекту (переднеплановые пиксели), остальные – принадлежащими фону (заднеплановые пиксели).

Данный подход является простейшим и не лишен определенных недостатков. Эти недостатки связаны, в пер-

вую очередь с тем, что при быстрых движениях модуль, присутствующий в формуле (2), позволяет фиксировать движущийся объект в кадре в момент времени t+1, а также область, где объект присутствовал в момент времени t, что приводит к дублированию сегментации объекта. При медленных движениях и при достаточно большом пороге происходит сегментация только переднего и заднего края движущегося объекта, где градиент интенсивности пикселей достаточно высок. Однако данные недостатки являются несущественными, так как перед нами не стоит задача обнаружения всех пикселей движущегося объекта.

После того, как выполнена бинаризация разностного изображения, необходимо выбрать критерий, определяющий нахождение человека в блоке. Очевидно, что наличия переднеплановых пикселей в изображении B недостаточно для того, чтобы сделать вывод о наличии в блоке движущегося человека, так как в блоке могут находиться ошибочно сегментированные пиксели из-за локальных градиентных перепадов яркости. Необходимо также знать приближенный размер человека по отношению к размеру блока, чтобы не фиксировать лишние объекты, такие как: животные, птицы, маленькие дети, а также любые малые движения, определяемые природными явлениями.

Для этого введем параметр, равный процентному соотношению количества переднеплановых пикселей в блоке к общему количеству пикселей блока, который будет определять размер обнаруживаемого объекта:

$$p = \frac{N_p(B)}{w_b h_b} \cdot 100, \qquad (4)$$

где w_b, h_b – ширина и высота блока, N_p – функция, вычисляющая количество переднеплановых пикселей в блоке,

$$N_p(B) = \sum_{B:B(i,j)\neq 0} 1 .$$

Решение об обнаружении человека в блоке принимается путем сравнения параметра p с заданной пороговой величиной.

Также, для уменьшения количества ошибочных срабатываний алгоритма необходимо для бинарного изображения блока применять операции морфологии: например, эрозии и дилатации.

Важной проблемой при реализации данного способа, является проблема повторного обнаружения объектов в процессе его движения в переделах блока. Для решения этой задачи необходимо выполнять обнуление разностного изображения $B_t=\{0\}$ при первом обнаружении движения в блоке, когда $p>\beta$, и выполнять подсчет посетителей, только если в разностном изображении предыдущего кадра отсутствовало движение $Np\ (B_{t-1}) = 0$. Для этого необходимо сохранять предыдущий разностный кадр B_{t-1} на каждой итерации общего алгоритма.

Двунаправленность счетчика посетителей может быть реализована путем вычисления локального экстремума пикселей разностного изображения:

$$(x_{max}, y_{max}) = max(T). \qquad (5)$$

По нему можно определить в какой половине блока произошло движение T1 или T2 и, следовательно, сделать вывод о направлении движения человека:

$$\begin{aligned} (x_{\max}, y_{\max}) &\in T_1 \\ (x_{\max}, y_{\max}) &\in T_2 \end{aligned} \qquad (6)$$

Особенности разработки приложений с использованием библиотеки компьютерного зрения OpenCV 2.4

OpenCV – библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов с открытым исходным кодом. Она реализована на языке C/C++ и призвана стандартизировать разработку приложений в данной области. Множество функций библиотеки позволяют выполнять базовые операции обработки больших числовых массивов и изображений. В частности, выполнять фильтрацию изображений, нахождение отличительных признаков изображений, анализ движения, сравнение изображений, обнаружение объектов, например лиц, восстановление изображений, морфологический анализ и многое другое.

Программное обеспечение счетчика посетителей реализовано в среде Visual C++ 2008 с использованием OpenCV версии 2.4.1. Интерфейс программы представлен тремя основными формами: главным окном и окнами настройки параметров датчика движения и счетчика посетителей (рис. 1). Основной функционал датчика движения и счетчика посетителей содержится в двух классах ClientCounter и MotionDetector. При разработке приложений с использованием библиотеки OpenCV необходимо учитывать ряд особенностей, о которых далее пойдет речь.

Библиотека компьютерного зрения OpenCV реализована на языке Си и, изначально, начиная с версий 1.x, поддерживала только Си интерфейс. Начиная с версии 2.0 включена поддержка объектно-ориентированного C++ интерфейса, который в версии 2.4 практически вытеснил устаревшие функции. Новый C++ интерфейс более удобен, имеет большую функциональность и активно развивается. Исходя из этого, разработка приложения выполнялась полностью на C++ интерфейсе.

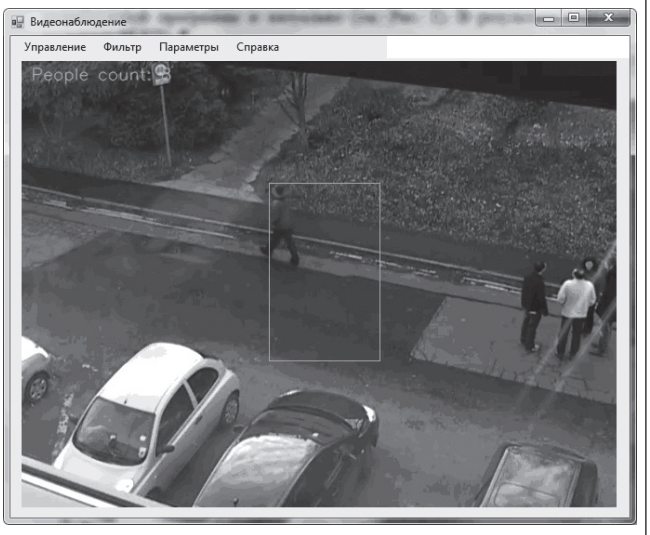


Рис. 1. Главное окно программы в процессе подсчета проходящих людей

Начиная с версии 2.0 наблюдается переход от структуры IplImage для хранения изображений к классу cv::Mat – многомерный массив, причем все больше функций обработки изображений отказывается от устаревшего формата. Это отчасти меняет способы обработки изображений, используемые ранее [3].

Важным этапом работы с библиотекой OpenCV является организация ее взаимодействия со средой программирования. Для самостоятельной сборки библиотеки на заданной платформе можно использовать утилиту Cmake для генерации файла проекта Visual Studio 2008/2010. Однако в составе сборки присутствует и скомпилированные версии основных библиотек, хранящиеся в директории build. Для их использования необходимо в настройках проекта указать пути к заголовочным и lib-файлам, а также в переменные среды системы внести пути к dll-модулям.

Отдельной задачей при программировании с использованием OpenCV является вывод видеоизображений. Традиционная технология, рекомендуемая разработчиками, подразумевает вывод изображений в системное окно с помощью функции cv::imshow. Однако это не всегда удобно и не позволяет создать единый интерфейс в программе. При разработке приложения в среде Visual Studio 2008 нами выполнялся вывод видеоизображения в специальный компонент System::Drawing::Image. При этом необходимо выполнять промежуточное преобразование изображения от cv::Mat к System::Drawing::Bitmap, с учетом того, что в классе cv::Mat пиксели изображения имеют формат BGR, а в Bitmap – RGB.

Одной из уникальных возможностей библиотеки OpenCV является возможность устанавливать область интереса на изображении. В случае выделения на изображении области интереса, функции, работающие с этим изображением, видят лишь область интереса и обрабатывают ее так, как если бы это было отдельное изображение. К сожалению, известные функции SetImageROI, SetImageCOI, GetImageROI, GetImageCOI в библиотеке OpenCV 2.4 не поддерживают класс cv::Mat, что заставляет искать другие способы выделения областей интереса на изображениях.

Заключение

В результате данного исследования разработано программное обеспечение счетчика посетителей с использованием библиотеки компьютерного зрения OpenCV 2.4.1 по полученной модели. Важным этапом исследования является оценка времени работы алгоритмов с целью выполнения требований работы в режиме реального времени. Известно, что стандартная видеопоследовательность поступает с видеокамеры в режиме реального времени со скоростью порядка 20-25 кадров/с. Следовательно, временная задержка между кадрами составляет около 40-50 мс, именно этим временем и должны ограничиваться алгоритмы обработки кадра видеопоследовательности.

Проведенная оценка времени работы алгоритмов на тестовых изображениях (таблица 1) с различным разрешением подтвердила, что временные интервалы находятся в приемлемых пределах. Проверка выполнялась на компьютере с процессором AMD Athlon X2 4400+ объемом ОЗУ 2 Гб, среда разработки – Microsoft Visual C++ 2008. При этом уровень загрузки центрального процессора составлял 30-40%.

Таблица 1

Вид алгоритма	Среднее время, мс	
	640 x 480	800 x 600
Детектор движения	7	10
Счетчик посетителей	10	15
Совместно	16	24

Для тестирования эффективности работы счетчика посетителей разрабатывались тестовые примеры следующего содержания: выбирались сцены в помещении и на улице с невысоким потоком проходящих людей, и делался подсчет с помощью разработанной программы и визуально (рис. 1). В результате точность подсчета составила около 88-92%.

Высокие показатели точности работы системы подсчета могут быть достигнуты за счет точной настройки параметров счетчика в каждой конкретной ситуации.

Литература

1. Краснобаев, Е.А. Анализ методов сегментации движения в видеоизображениях / Е.А. Краснобаев // Изв. Гомел. гос. ун-та. – 2010. – №1(58).– С. 207-212.

2. Краснобаев, Е.А. О модификациях метода сегментации движений на видеоизображениях на основе смеси нормальных распределений в режиме реального времени / Е.А. Краснобаев // Информатика. – 2010.– №2(26). – С. 3-13.

Abstract

In the paper a mathematical model of the bi-directional counting system based on computer vision technology is developed. Counting system making a processing of incoming video from the camera in real time. Segmentation of digital images using by the method of subtraction of frames. The advantage of the model is the ability to select areas of interest within the observed scene, which allows you to fine-tune the counter system in a particular situation. On the basis of this model developed the software for counter system. General issues of creating multimedia software applications using the OpenCV library version 2.4 are considered. As a result, the accuracy of counting in this way amounted to 88-92%.

Поступила в редакцию 11.09.2012 г.

ПТСС ЗАО «Промтехсервисснаб»

г. Минск, ул. Богдановича, 120 Б, ком. 6,
e-mail: uslugi@zapservis.by,
www.zapservis.by

Тел.: 266-23-94; 266-23-92,
моб.: (029) 676-02-56,
моб.: (044) 773-72-04,
факс: 266-23-94.

Контрактное производство РЭА:
✓ Автоматизированный монтаж SMD-компонентов любой сложности.
✓ Комбинированный монтаж с использованием компонентов DIP (выводных), а также SMD (планарных).
✓ Сборка корпусных деталей и узлов.
✓ Ультразвуковая отмывка печатных плат и узлов высококачественными импортными растворами.
✓ Нанесение влагозащитных покрытий.
**Высокотехничное импортное оборудование обеспечивает высокое качество производимой продукции.*
Продажа неликвидов ПКИ для РЭА:
✓ Резисторы, конденсаторы, транзисторы, микросхемы и т.д.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕКСТОВ УЧЕБНЫХ ИЗДАНИЙ ПО ИЗДАТЕЛЬСКОМУ ДЕЛУ

УДК 004.93'1

М.А. Зильберглейт, А.С. Малюкевич, БГТУ, г. Минск

Аннотация

В статье приведены результаты исследования по установлению взаимозависимости между параметрами «количество символов» – «статистические параметры» и «количество символов» – «автор» по заранее определенным статистическим показателям текстовых фрагментов. Установление взаимозависимости между параметрами проводилось методом дисперсионного анализа.

Введение

Любой текст – это связная и полная последовательность символов, однако, если рассматривать данное понятие в более широком аспекте, то можно отметить, что каждый текст имеет свои отличительные особенности, которые выделяют его среди множества текстов других авторов. К таким особенностям относятся не только особый – присущий именно данному автору – стиль написания и манера изложения материала, но и частота употребления тех или иных частей речи, оборотов и конструкций.

Целью настоящей работы является проведение статистического анализа текстов ряда учебных изданий, а также определение зависимости полученных данных от объема текстовой выборки и авторской принадлежности.

Общее количество отобранных для анализа текстовых фрагментов составило 378 единиц. В них были включены учебные издания 14 авторов, при этом все книги предназначены для обучения студентов по специальности «Издательское дело». Данные учебные издания связаны с такими дисциплинами, как книговедение, история книги, общий курс редактирования, экономика и управление в издательско-полиграфическом комплексе, обработка текстовой информации, охрана авторского права и др. На наш взгляд, такой выбор покрывает основную часть гуманитарного блока, относящегося к профессиональной деятельности специалистов данного профиля.

В каждой единице выборки были выделены три текстовые части объемом в 2000 символов, при этом каждая часть в свою очередь была разделена на дополнительные текстовые фрагменты объемом в 500, 700, 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800 и 2000 символов. Выполненная работа включает в себя четыре этапа.

Этапы выполнения работы

1. Подготовительный. На данном этапе работы перед нами была поставлена задача определения статистических показателей различных по объему текстовых фрагментов. Для реализации данной операции была использована программа SuperCounter 2.1, а также автомати-ческий анализатор текстов. [1]

В качестве статистических параметров были определены 17 текстовых характеристик: средняя длина слов в слогах, средняя длина слов в буквах, средняя длина слов по Деверу, процент слов в 3-8 слогов, процент односложных слов, средняя длина предложения в словах, средняя длина предложения в слогах, процент неповторяющихся в тексте слов, процент чисел от общего количества слов, процент иностранных слов в тексте, процент ключевых слов, найденных с использованием автоматического анализатора текстов, а также процент ключевых слов, выявленных вручную.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1		Кол-во символов	Ср. длина_слов_в слогах	Ср._длина_слов_в_буке	Ср.длина_слов_по_Деверу	%слов_в_3_слога	%слов_в_4_слога	%слов_в_5_слогов	%слов_в_6_слогов	%слов_в_7_слогов	%слов_в_8_слогов	%_односложных_слов	Ср.длина_предл_в словах	Ср.длина_предл_в_слогах	%неповтор_в_тексте_слов	%чисел_от_общ_кол-ва_слов	%иностр_слов_в_тексте	%ключ_слов_интернет	%ключ_слов_сам	
2	1	500	2,61	6,48	7,64	53,3	34,7	13,3	1,33	0	0	26,7	18,8	49	92	0	2,67	53,33	73,33	1
3	2	500	3,22	7,62	8,9	66,7	44,4	23,8	9,52	1,59	0	15,9	15,8	50,8	87,3	0	0	68,25	76,19	1
4	3	500	3,52	8,03	9,18	62,3	52,5	36,1	21,3	6,56	0	14,8	15,3	53,8	90,2	0	1,64	60,66	75,41	1
5	4	500	3,22	7,17	8,63	49,2	43,1	32,3	16,9	3,08	0	18,5	32,5	105	81,5	0	0	64,06	73,44	1
6	5	500	3,44	8,12	9,67	61,4	42,1	22,8	17,5	7,02	7,02	15,8	19	65,3	87,7	0	0	64,91	75,44	1
7	6	500	3,51	8,1	9,46	61	42,4	23,7	15,3	8,47	8,47	20,3	11,8	41,4	88,1	0	0	69,49	71,19	1
8	7	500	2,91	7,16	8,25	54,4	33,8	25	5,88	2,94	0	22,1	22,7	66	89,7	0	0	58,82	69,12	1
9	8	500	2,73	6,1	7,24	49,4	31,6	11,4	3,8	0	0	16,5	9,88	27	67,1	0	0	62,03	74,68	1
10	9	500	2,36	5,82	6,99	43,4	22,9	13,3	2,41	0	0	26,5	13,8	32,7	84,3	4,82	0	58,02	69,14	1
11	10	500	2,67	6,53	7,75	50	26,4	9,72	1,39	1,39	1,39	20,8	18	48	91,7	0	0	61,11	75	1
12	11	500	2,47	6,05	7,61	44	24	13,3	8	5,33	4	30,7	6,82	16,8	78,7	5,03	0	51,32	63,16	1
13	12	500	3,18	7,15	8,6	60	41,5	27,7	10,8	3,08	0	18,5	16,3	51,8	93,8	1,54	0	57,14	74,6	1
14	13	500	3,22	7,53	8,73	62,5	37,5	20,3	9,38	4,69	1,56	12,5	16	51,5	93,8	0	0	56,25	76,56	1
15	14	500	2,84	6,68	7,86	54,8	30,1	17,8	4,11	1,37	1,37	24,7	18,3	51,8	97,8	0	0	43,84	61,64	1
16	15	500	3,09	6,9	8,09	58,6	41,4	22,9	12,9	2,86	0	17,1	14	43,2	84,3	4,29	0	50	64,29	1
17	16	500	2,26	5,58	6,72	45,9	21,2	9,41	3,53	1,18	0	31,8	14,2	32	82,4	4,71	0	46,43	70,24	1
18	17	500	2,36	5,95	7,14	44,4	17,3	8,64	2,47	1,23	0	28,4	13,5	31,8	87,7	1,23	0	41,98	67,9	1
19	18	500	2,69	6,14	7,36	56,4	33,3	11,5	5,13	2,56	0	20,5	11,1	30	82,1	5,13	0	53,85	75,64	1
20	19	500	2,76	6,4	7,55	56	34,7	14,7	2,67	1,33	0	26,7	25	69	85,3	0	0	52	65,33	1

Лист1 / Лист2 / Лист3

Рис. 1. Фрагмент таблицы значений статистических показателей текстовых фрагментов

По результатам проведенных в программе SuperCounter 2.1 расчетов была составлена итоговая таблица значений статистических характеристик текста. Фрагмент данной таблицы представлен на рис. 1.

Указанные в таблице (рис. 1) данные были использованы для проведения дальнейших расчетов по установлению взаимозависимости между параметрами. Все числовые значения сгруппированы по 9 блокам, соответствующим объему текстовых фрагментов.

2. Проверка значений статистических параметров на выполнение требований нормальности распределения. Одним из условий использования параметрических методов статистического исследования является нормальное распре-

деление количественных данных. Проверка на нормальность статистических данных осуществлялась с использованием пакета StatGraphics 5.1.

Анализ полученных значений критерия Шапиро-Уилкса, одного из наиболее эффективных критериев проверки на нормальность, а также критерия хи-квадрат, коэффициента асимметрии и коэффициента эксцесса позволили сделать вывод о том, что большая часть данных подчиняется нормальному закону распределения. Пример результата работы про-граммы представлен в таблице 1, а также на рис. 2-4.

Таблица 1. Пример результата работы программы StatGraphics 5.1

Параметр	Объем выборки	Критерий хи-квадрат	P-значение	Критерий Шапиро-Уилкса	P-значение	Коэффициент асимметрии	P-значение	Коэффициент эксцесса	P-значение
Средняя длина слов в буквах	500	14,67	0,40	0,97	0,39	0,66	0,51	-0,13	0,90
Средняя длина слов по Деверу	700	11,43	0,65	0,98	0,80	0,75	0,45	0,29	0,77
Процент ключевых слов (программное средство)	900	13,86	0,46	0,99	0,91	0,26	0,80	0,67	0,50
Процент слов в 3 слога и более	1000	11,43	0,65	0,99	0,95	0,06	0,95	0,06	0,95

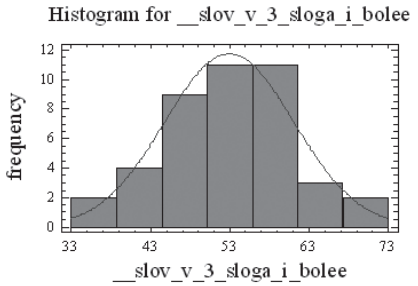


Рис. 2. Гистограмма для параметра «Процент слов в три слога и более»

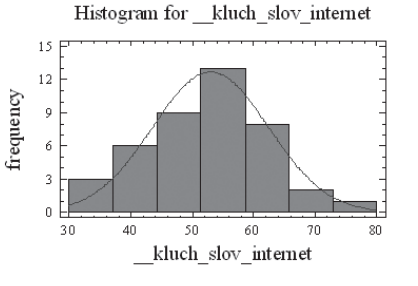


Рис. 3. Гистограмма для параметра «Процент ключевых слов (интернет)»

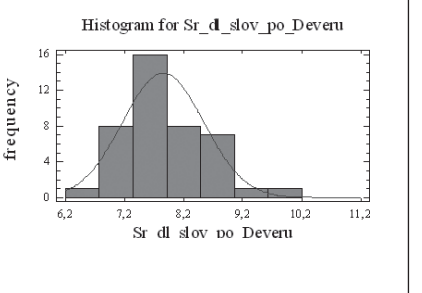


Рис. 4. Гистограмма для параметра «Средняя длина слов по Деверу»

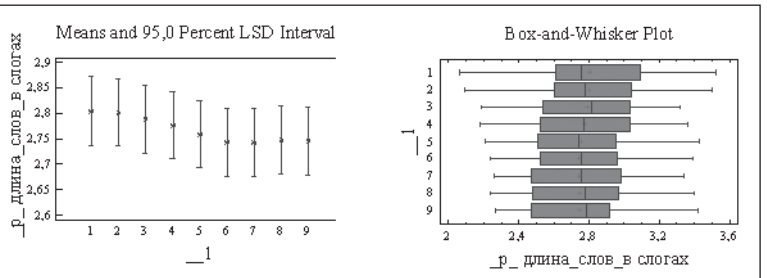


Рис. 5. Графическое представление результатов анализа данных по установлению взаимозависимости между параметрами

Таблица 2. Результаты анализа по установлению взаимозависимости между параметрами «количество символов» и «статистические показатели текста»

Параметр	Результат
Процент односложных слов	статистически значимых отличий нет
Процент иностранных слов в тексте	статистически значимых отличий нет
Процент ключевых слов (программное средство)	статистически значимых отличий нет
Процент ключевых слов (самостоятельно)	статистически значимых отличий нет
Процент неповторяющихся в тексте слов	*статистически значимых отличий есть*
Средняя длина слов в слогах	статистически значимых отличий нет
Средняя длина слов по Деверу	статистически значимых отличий нет
Средняя длина предложения в словах	статистически значимых отличий нет
Средняя длина предложения в слогах	статистически значимых отличий нет
Процент слов в 3 слога и более	статистически значимых отличий нет
Процент слов в 4 слога и более	статистически значимых отличий нет
Процент слов в 5 слогов и более	статистически значимых отличий нет
Процент слов в 6 слогов и более	статистически значимых отличий нет
Процент слов в 7 слогов и более	статистически значимых отличий нет
Процент слов в 8 слогов и более	статистически значимых отличий нет
Процент чисел от общего количества слов	статистически значимых отличий нет
Средняя длина слов в буквах	статистически значимых отличий нет

3. Установление взаимозависимости между параметрами «количество символов» и «статистические показатели текста». Для установления взаимозависимости между экспериментальными данными был использован метод ANOVA. При исследовании зависимости статистических параметров от объема выборки было проведено межгрупповое и внутригрупповое сравнение полученных в ходе анализа значений, определены суммы квадратов, количество степеней свободы, средние квадраты, F-критерий Фишера, а также P-величина. Значение последнего показателя достигаемого уровня значимости позволяет отвергнуть или принять нулевую гипотезу. Пример

Таблица 3. Результатов анализа данных по установлению взаимозависимости между параметрами «количество символов» и «статистические показатели текста»

Параметр	Параметры сравнения	Сумма квадратов	Количество степеней свободы	Среднеквадратичное значение	F-критерий	P-величина
Средняя длина слов в слогах	M	0,22	8	0,03	0,29	0,97
	B	35,89	369	0,10		
Средняя длина слов в буквах	M	1,03	8	0,13	0,35	0,94
	B	134,74	369	0,37		
Средняя длина слов по Деверу	M	0,389	8	0,05	0,13	1
	B	142,26	369	0,39		
Процент слов в 3 слога и более	M	115,89	8	14,49	0,25	0,98
	B	21488,8	369	58,26		
Процент слов в 4 слога и более	M	128,95	8	16,12	0,31	0,96
	B	18889,1	369	51,19		
Процент слов в 5 слогов и более	M	59,51	8	7,44	0,22	0,99
	B	12700,6	369	34,42		
Процент слов в 6 слогов и более	M	23,19	8	2,90	0,19	0,99
	B	5764,66	369	15,62		
Процент слов в 7 слогов и более	M	3,42	8	0,43	0,13	1
	B	1248,63	369	3,38		
Процент слов в 8 слогов и более	M	0,70	8	0,09	0,05	1
	B	601,61	369	1,639		
Процент односложных слов	M	138,47	8	17,31	0,78	0,62
	B	8229,48	369	22,3021		
Средняя длина предложения в словах	M	28,211	8	3,52637	0,09	1
	B	14953,3	369	40,5239		
Средняя длина предложения в слогах	M	189,657	8	23,7071	0,05	1
	B	159651,0	369	432,659		
Процент неповторяющихся в тексте слов	M	7274,26	8	909,283	22,38	0
	B	14990,2	369	40,6239		
Процент чисел от общего количества слов	M	6118,01	8	764,751	1,0	0,44
	B	282590,0	369	765,827		
Процент иностранных слов в тексте	M	0,508407	8	0,0635508	0,03	1,0
	B	890,025	369	2,41199		

Таблица 4. Результаты установления взаимозависимости между параметрами «автор» и «количество символов»

Параметр	Параметры сравнения	Сумма квадратов	Количество степеней свободы	Среднеквадратичное значение	F-критерий	P-величина
Средняя длина слов в слогах	M	3,27	13	0,25	3,28	0,0041
	B	2,15	28	0,07		
Средняя длина слов в буквах	M	13,51	13	1,04	3,66	0,0020
	B	7,96	28	0,28		
Средняя длина слов по Деверу	M	15,49	13	1,19	4,42	0,0005
	B	7,55	28	0,27		
Процент слов в 3 слога и более	M	1426,12	13	109,70	2,06	0,0530
	B	1489,53	28	53,20		
Процент слов в 4 слога и более	M	1384,71	13	106,52	2,61	0,0164
	B	1144,48	28	40,87		
Процент слов в 5 слогов и более	M	1013,89	13	77,99	2,36	0,0278
	B	925,70	28	33,06		
Процент слов в 6 слогов и более	M	505,53	13	38,89	1,89	0,0778
	B	577,31	28	20,62		
Процент слов в 7 слогов и более	M	89,96	13	6,92	1,90	0,0747
	B	101,73	28	3,63		
Процент слов в 8 слогов и более	M	78,32	13	6,02	3,0	0,0072
	B	56,19	28	2,01		
Процент односложных слов	M	572,32	13	44,02	1,52	0,1720
	B	811,89	28	29		
Средняя длина предложения в словах	M	735,44	13	56,57	0,86	0,5952
	B	1831,48	28	65,41		
Средняя длина предложения в слогах	M	7761,9	13	597,07	1,17	0,3517
	B	14337,6	28	512,06		
Процент неповторяющихся в тексте слов	M	887,59	13	68,28	3,07	0,0063
	B	623,56	28	22,27		
Процент чисел от общего количества слов	M	116,19	13	8,94	3,50	0,0027
	B	71,60	28	2,56		
Процент иностранных слов в тексте	M	53,8351	13	4,14	1,03	0,4543
	B	112,85	28	4,03		

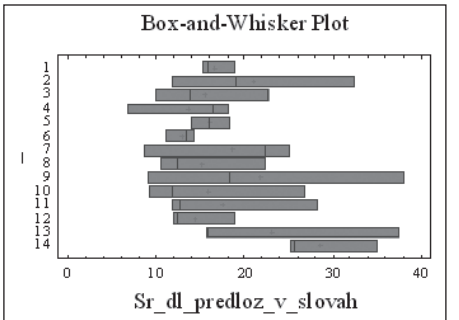


Рис. 6. Блочная диаграмма для параметра «Средняя длина предложения в словах»

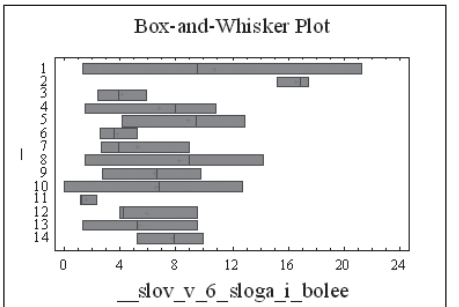


Рис. 7. Блочная диаграмма для параметра «Процент слов в 6 слогов и более»

результата работы программы представлен на рис. 5, полученные в ходе анализа данные – в таблицах 2 и 3.

Как следует из табл. 2, шестнадцать из анализируемых параметров не имеют статистически значимых отличий от объема выборки в пределах 500–2000 символов и лишь один (процент неповторяющихся в тексте слов) имеет статистически значимое отличие.

4. Установление взаимозависимости между параметрами «автор» – «количество символов».

В таблице 4 представлены числовые значения результатов обработки экспериментальных данных (для количества символов n = 500) по установлению взаимозависимости между параметрами «автор» и «количество символов». Пример графического результата работы программы представлен на рис. 6 и 7. Сформулированные по результатам анализа выводы представлены в таблице 5.

В ходе анализа взаимозависимости между параметрами «автор» и «количество символов» было установлено, что при использовании выборки в интервале 1000-1600-2000 символов существуют статистически значимые отличия характеристик текста от автора издания.

Таблица 5. Выводы по установлению взаимозависимости между параметрами «автор» и «количество символов»

Параметр	Количество символов						
	500	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Процент односложных слов	-	-	+	+	-	+	-
Процент иностранных слов в тексте	+	-	-	-	-	-	-
Процент ключевых слов (программное средство)	+	-	+	-	-	-	-
Процент ключевых слов (самостоятельно)	+	-	+	-	-	-	-
Процент неповторяющихся в тексте слов	+	+	+	+	+	+	+
Средняя длина слов в слогах	+	+	-	-	+	-	+
Средняя длина слов по Деверу	+	+	+	-	+	+	+
Средняя длина предложения в словах	-	-	-	-	-	-	-
Средняя длина предложения в слогах	-	-	+	+	-	+	+
Процент слов в 3 слога и более	-	-	+	+	-	+	-
Процент слов в 4 слога и более	+	+	+	+	+	-	+
Процент слов в 5 слогов и более	+	+	+	+	+	+	+
Процент слов в 6 слогов и более	-	-	+	+	-	+	-
Процент слов в 7 слогов и более	-	+	+	+	+	+	+
Процент слов в 8 слогов и более	+	+	-	-	+	-	+
Процент чисел от общего количества слов	+	+	-	-	+	-	+
Средняя длина слов в буквах	+	+	+	+	+	+	+

«+» – статистически значимые отличия есть; «-» – статитистически значимых отличий нет

Заключение

По результатам проведенного дисперсионного анализа можно сформулировать вывод о том, что объем текстовой выборки, начиная с количества символов, равного 500, не влияет на показатели основных статистических характеристик текста. Нами также было установлено, что статистические параметры текста являются характерными особенностями авторского стиля.

Литература

1. Анализатор текстов [Электронный ресурс]. – Апрель, 2012. – Режим доступа: http://shipbottle.ru/ir.ru

Abstract

Results of research on interdependence establishment are given in article between parameters «quantity of symbols» – «statistics» and «quantity of symbols» – «authors» on in advance established statistics of the selected text fragments. Establishment of independence is carried out by a method of the variance analysis.

Поступила в редакцию 14.09.2012 г.

НАНОТЕХ

220090, г. Минск, ул. Седых 12А, пом. 2Н e-mail:pcb@pcb.by http://www.pcb.by

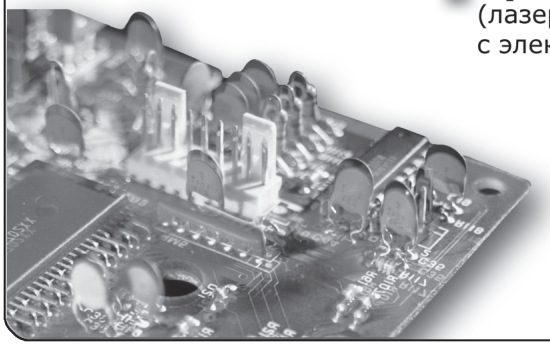
тел: +375 17 237 29 34
тел: +375 17 237 29 35
тел/факс: +375 17 237 29 36
тел/факс: +375 17 281 35 36
тел. моб: +375 29 101 35 36
тел. моб: +375 29 876 35 36

Монтаж печатных плат в Минске
(автоматический и ручной)

Печатные платы
(одно-, двухсторонние, многослойные, гибкие, на алюминиевой подложке)

Трафареты для пасты
(лазерной резкой из нержавеющей стали с электрополировкой)

Паяльные пасты
(свинцовые, бессвинцовые, безотмывочные, канифольные, водосмываемые, и др.)



ОПТИЧЕСКАЯ РАЗВЯЗКА В СХЕМЕ СИНХРОНИЗАЦИИ МОЩНЫХ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 681.5.08+044

К.В. Козадаев, В.В. Макаров, Д.В. Щегрикович, БГУ, г. Минск

Аннотация

В статье рассмотрены два варианта реализации оптической развязки в схеме синхронизации экспериментальной установки, содержащей мощные лазерные системы «Накачка 3000М» и Lotis 2137. За счет применения схемы оптической развязки с эмиттерным повторителем в схеме управляемого запуска лазерной установки LOTIS 2137 удалось ликвидировать влияние мощной электромагнитной наводки, создаваемой системой «Накачка 3000М» в процессе поджига газоразрядной лампы.

Введение

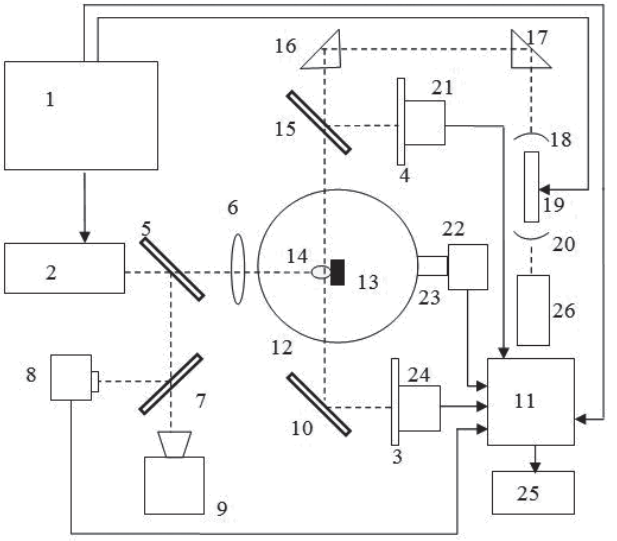
В современной научно-исследовательской практике достаточно часто появляется необходимость совместного применения как последних разработок в области физического эксперимента, так и приборов и технических решений, срок эксплуатации которых исчисляется несколькими десятками лет. Как следствие, нередки ситуации конфликтов экспериментального оборудования, при этом результат подобного взаимодействия приборов может варьироваться от случаев их нестабильной работы (самостоятельное срабатывание, неконтролируемый заряд и т.д.) до необратимого выхода из строя компонентов. Наиболее частой причиной этого являются отличия в стандартах разработки и конструирования экспериментальных средств, накопившиеся в течение последних десятилетий, что приводит к различиям в чувствительности схем запуска, предусмотренных уровнях помех и наводок и предельно допустимых нагрузок на систему.

Примером подобной проблематики является проведение научных исследований с применением мощных твердотельных лазерных установок, которые используют интенсивные электрические импульсы для поджига газоразрядных ламп накачки рабочих тел. Данная статья посвящена разработке помехозащищенной схемы синхронизации экспериментальной установки, включающей стандартные лазерные системы «Накачка 3000М», Lotis 2137, ЛГН-304М, а также современные измерительные системы на основе многоканального цифрового осциллографа (В-483).

Постановка задачи

Для задач исследования темпоральной структуры оптических характеристик лазерноиндуцированных плазменных образований с высоким пространственно-временным разрешением [1], [2] разработана экспериментальная установка, принципиальная схема которой приведена на рис. 1. Установка может быть разделена на несколько функциональных блоков, в зависимости от их назначения: блок генерации воздействующего излучения; блок регистрации оптических характеристик эрозионных лазерных факелов (ЭЛФ) и действующего импульса; блок формирования зондирующего оптического импульса; блок синхронизации оборудования установки.

Блок генерации воздействующего излучения представлен серийной лазерной установкой LOTIS-2137, позволяю-



1 – система синхронизации; 2 – неодимовый лазер;
3,4 – интерференционный фильтр (λ=694,3 нм);
5,7,10,15 – ответвляющие плоскопараллельные кварцевые пластинки; 6 – подвижная линза;
8, 21, 24 – фотодиод; 9 – калориметр; 11– АЦП;
12 – интегрирующая сфера; 13 – металлическая мишень;
14 – эрозионный лазерный факел; 16, 17 – поворотные призмы;
18,19,20 – рубиновый лазер с конфокальным резонатором;
22 – ФЭУ; 23 – система оптических фильтров;
25 – персональный компьютер; 26 – гелий-неоновый лазер

Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки

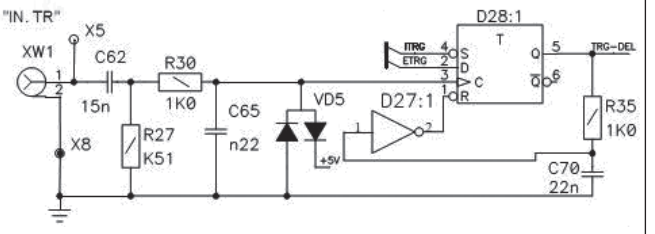


Рис. 2. Входной контур системы внешней синхронизации LOTIS 2137

щей формировать оптические импульсы с длительностью ~20 нс и энергией от 200 до 500 мДж на длине волны 1064 нм. В описываемом устройстве присутствует опция внешнего запуска системы синхронизационными импульсами с параметрами: напряжение 3-5 В, длительность не менее 10 мкс. Входной контур системы внешней синхронизации лазерной установки представлен на рис. 2.

Блок регистрации оптических характеристик представлен системой фотодатчиков (на основе фотодиодов ФД 21 КП и кремниевого ФЭУ SPM Sensl 10020), соединенными с четырехканальным скоростным цифровым осциллографом В-483, также оборудованными опцией внешней синхронизации и персональным компьютером. Параметры

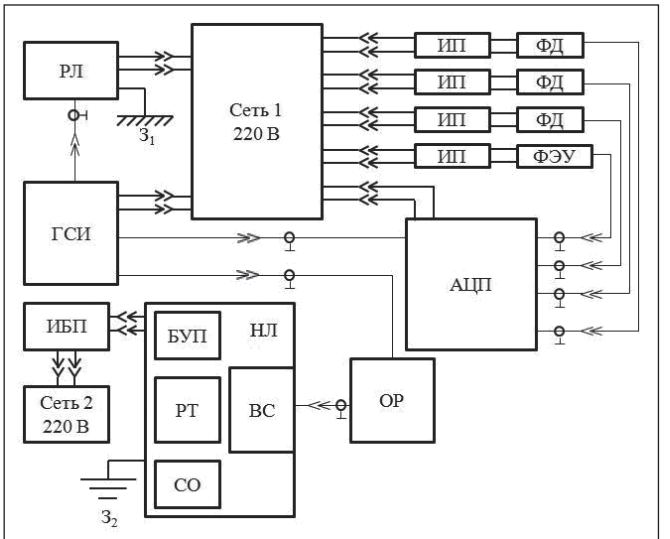
требуемого синхронизационного импульса: напряжение 3-5 В, длительность ~1 мкс.

Основа блока формирования зондирующего импульса состоит из стандартной лазерной установки «Накачка 3000М», формирующей электрический импульс поджига газовой лампы со следующими параметрами: напряжение 1,5-3,0 кВ, пиковая сила тока до 2 кА. Это позволяет получать свободную лазерную генерацию с характеристиками: длительность ~1,5 мс и энергия ~ 0,3Дж на длине волны 694,3 нм [2]. В системе также присутствует возможность внешнего управления моментом поджига ламп накачки синхронизационным импульсом со следующими характеристиками: напряжение 5-30 В, длительность не более 1 мкс.

Блок синхронизации установки построен на многоканальном генераторе задержанных импульсов Р-200, позволяющем формировать независимые для каждого канала синхронизирующие импульсы со следующими характеристиками: напряжение 5 В, длительность от 10 нс до 10 с.

В качестве соединительных сигнальных линий установки использовался коаксиальный кабель RG-58 и разъемы типа BNC-male.

Штатный режим работы экспериментальной установки предусматривал раздельный запуск используемых лазерных систем, причем блок поджига «Накачка 3000М» должен быть запущен самым первым, что обусловлено сравнительно большим временным интервалом запуска лампы относительно прихода синхронизирующего импульса (~ 700-800 мкс). После этого с определенным временным интервалом следует запускать LOTIS 2137, задержка генерации которого относительно момента поступления его собственного импульса запуска составляет 170 мкс. При этом, для решения поставленной экспериментальной задачи, должна присутствовать возможность варьирования момента лазерного воздействия внутри временного интервала генерации зондирующего импульса. Данная проблема могла быть достаточно просто решена формированием отдельных импульсов запуска с заданной временной задержкой для каждой лазерной установки, что позволило бы компенсировать различия в течении процессов генерации излучения. Однако во время апробации реальной работы экспериментального оборудования был установлен факт устойчивого самопроизвольного запуска лазерной системы LOTIS 2137 интенсивной наводкой, появляющейся в момент поджига газоразрядной лампы системой «Накачка 3000М» (т.е. фактически исчезла возможность управления воздействующим импульсом излучения). Следует заметить, что в этой ситуации многоканальный цифровой осциллограф В-483 (производства отечественной организации НПК «АУРИС») работал штатно и без сбоев (этот факт может быть объяснен высоким уровнем защиты от подобных помех).



РЛ – рубиновый лазер, ГСИ – генератор синхронизационных импульсов, ИБП – источник бесперебойного питания, НЛ – неодимовый лазер, БУП – блок управления питанием, РТ – рабочее тело, СО – система охлаждения, ВС – вход синхронизации, ОР – оптическая развязка, АЦП – аналогово-цифровой преобразователь, ИП – источник питания, ФД – фотодиод, ФЭУ – фотоэлектронный умножитель, $З_1$ – заземление 1, $З_2$ – заземление 2.

Рис. 3. Схема электрических соединений сигнальных и силовых кабелей экспериментальной установки

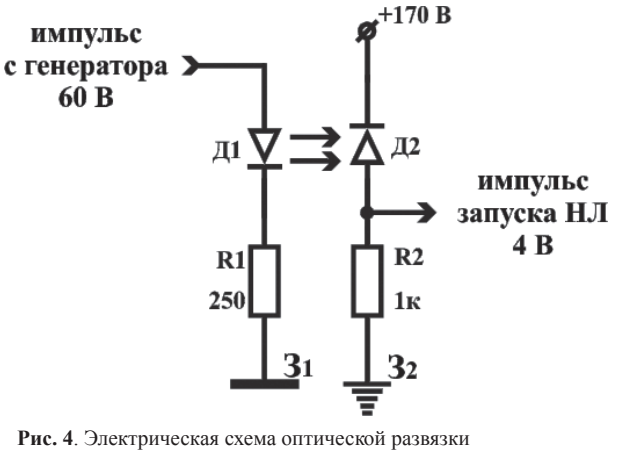


Рис. 4. Электрическая схема оптической развязки

Обсуждение результатов

Для определения возможных путей устранения описываемой проблемы была проанализирована схема электрических подключений экспериментальной установки (рис. 3).

В качестве вероятного решения вопроса может рассматриваться изоляция электрического питания и запуска лазерной установки LOTIS 2137 от общей силовой сети лаборатории, общая «земля» которой и является наиболее вероятным проводником наводки. Для практической реализации данного подхода требуется организовать автономное питание установки LOTIS 2137 (в данном случае использовался источник бесперебойного питания APC Smart-UPS 1500VA) и оптическую развязку в схеме ее запуска. В первом приближении схема оптической развязки запуска LOTIS 2137 имела классический вид [3] (электрическая схема приведена на рис. 4). При изготовлении схемы оптической развязки использовалась элементная база низкого ценового диапазона. В качестве оптической пары были выбраны: светодиод FORYARD FYL-5013IRAB (рабочая длина волны – 940 нм, максимальный рабочий ток – 250 мА) и фотодиод FORYARD FYL-5012PD (рабочая длина волны – 940 нм, максимальное обратное напряжение – 170 В, минимальная длительность переднего и заднего

фронта, при нагрузке 1 кОм, – 6 нс). Эти приборы работают в инфракрасном диапазоне длин волн для предотвращения возможного нежелательного запуска установки LOTIS 2137 от интенсивных оптических вспышек газоразрядной лампы в видимом диапазоне.

Реализованная схема оптической развязки характеризовалась следующими особенностями. Каждая из частей схемы имеют электрически не связанные «заземления» (З1 и З2). Импульс с генератора (напряжение 60 В, длительность 10 мкс) подается на анод светодиода Д1, подключенного последовательно с нагрузкой R1=250 Ом для получения максимального рабочего тока, значит, и максимального потока излучения с рабочей поверхности изделия. Светодиод Д1 и фотодиод Д2 расположены на минимальном расстоянии друг от друга, торец в торец. Это позволяет собрать на поверхности фотодиода Д2 максимальный поток излучаемый светодиодом Д1. На фотодиод Д2 с последовательной нагрузкой R2=1кОм подается напряжение питания +170 В (максимальные рабочие параметры).

В процессе последующих испытаний экспериментальной установки выяснилось, что в этой ситуации проблема самопроизвольного запуска (наводкой от «Накачка 3000М») системы LOTIS 2137 может быть ликвидирована, при этом дополнительно пришлось принимать меры по максимальному физическому удалению установки LOTIS 2137 и сокращению длины кабелей оптической развязки поскольку мощность наводки оказалась достаточной для ее эффективной передачи по воздуху. Однако, не смотря на созданные условия, задача устойчивого воспроизводимого штатного запуска лазера так и не была окончательно решена.

Наиболее вероятным объяснением может служить следующий факт. Сигнал, снимаемый с R2 (напряжение 4 В, длительность 10 мкс, передний фронт 10 нс) и подаваемый на вход запуска LOTIS 2137 (рис. 2) искажается. А именно удлиняется передний фронт и снижается напряжение, что не позволяет надежно запускать LOTIS 2137. Это, в свою очередь, происходит за счет того, что импульс запуска имеет малую электрическую мощность и не может зарядить емкость С62 через сопротивление R27 (рис. 2) за заданный схемой промежуток времени ($\tau \sim 8$ мкс).

Для решения этой проблемы была предложена схема оптической развязки с эмиттерным повторителем на базе транзистора КТ3102ДМ (Т1) (рис. 5) [4]. Параметры транзистора КТ3102ДМ: напряжение питания 30 В, максимальный ток 250 мА. Сигнал с R2 через С1 подается на базу Т1. Пусковой сигнал (напряжение 5 В, длительность 10 мкс, передний фронт 10 нс) с нагрузки R3 поступает на вход синхронизации LOTIS 2137, где, благодаря достаточной мощности этого сигнала, его параметры не искажаются элементами входного каскада. Следует отметить, что данная схема имеет независимый автономный источник питания, например, на основе набора элементов питания типа «Крона».

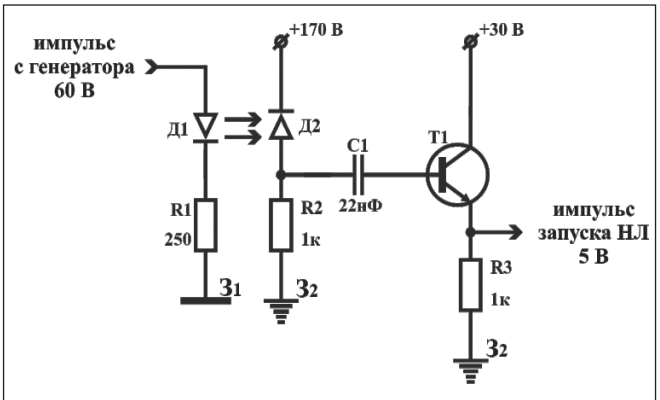


Рис. 5. Электрическая схема оптической развязки на эмиттерном повторителе

В итоге схема оптической развязки с эмиттерным повторителем позволила надежно стабилизировать запуск лазерной установки LOTIS 2137 в присутствии интенсивной внешней наводки от системы «Накачка 3000М».

Заключение

В результате использования оптической развязки с эмиттерным повторителем в схеме формирования импульса запуска лазерной установки LOTIS 2137 удалось нивелировать влияние мощной электромагнитной наводки, создаваемой системой «Накачка 3000М» в процессе поджига газоразрядной лампы. Основными преимуществами примененного подхода являются простота технической реализации схемы оптической развязки, доступность использованной элементной базы и высокая надежность итогового решения.

Литература

1. Гончаров, В.К. Динамика параметров эрозионного факела, образованного при воздействии субмикросекундного лазерного излучения на цинковую мишень / В.К. Гончаров, К.В. Козадаев, М.В. Пузырев, В.М. Стецик // ИФЖ – 2009. – Т. 82, № 4/6. – С. 638-642.

2. Гончаров, В.К. Начало конденсации в эрозионных факелах металлов при высокоинтенсивном субмикросекундном лазерном воздействии / В.К. Гончаров, К.В. Козадаев, Д.В. Щегрикович // ИФЖ. – 2011 – Т.84, №4. – С. 723-728.

3. Кайдалов, С.А. Фоточувствительные приборы и их применение: Справочник / С.А. Кайдалов. – М.: Радио и связь, 1995. – 120 с.

4. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл. – М.: Мир, 1998. – 704 с.

Abstract

Article is dedicated to description of two variants of optical isolator realization for synchronization scheme of experimental setup, including the powerful laser systems. Due to applying of optical isolator scheme based on emitter follower the influence of intensive electromagnetic noise was liquidated in scheme of controlled launching of laser setup “LOTIS 2137”.

Поступила в редакцию 12.11.2012 г.

Программаторы для любых микросхем

SEPROM **SEPROM** SEPROM SEPROM SEPROM SEPROM SEPROM SEPROM SEPROM SEPROM
EEROM EEPROM EEPROM **EEPROM** EEPROM EEPROM EEPROM EEPROM EEPROM EEPROM EEPROM EEPROM
EPROM EPROM EPROM EPROM EPROM EPROM **EPROM** EPROM EPROM EPROM EPROM EPROM
FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH **FLASH** FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH FLASH
PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC PIC **PIC**
MCU MCU MCU MCU MCU MCU MCU MCU MCU MCU MCU MCU MCU MCU MCU **MCU** MCU MCU MCU
PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL PAL **PAL**

+375 (17) 266-32-09 www.chipstar.ru

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЛАМПЫ С ЭЛЕКТРОННЫМ БАЛЛАСТОМ

Энергосберегающая лампа

В настоящее время все большее распространение получают так называемые люминесцентные энергосберегающие лампы. В отличие от обычных люминесцентных ламп с электромагнитным балластом, в энергосберегающих лампах с электронным балластом используется электронная схема, благодаря которой стало возможным изготовление компактных люминесцентных ламп с цоколем Е27 и Е14. Данные компактные лампы легко установить в патрон взамен обычной лампы накаливания.

Отличительные особенности люминесцентных ламп от обычных ламп накаливания

Люминесцентные лампы не зря называют энергосберегающими, так как их применение позволяет снизить энергопотребление на 20-25 %. Спектр излучения люминесцентных ламп более соответствует естественному дневному свету. В зависимости от состава применяемого люминофора можно изготавливать лампы с разным оттенком свечения, как более теплых тонов, так и холодных. Следует отметить, что люминесцентные лампы более долговечны, чем лампы накаливания. Конечно, многое зависит от качества конструкции и технологии изготовления энергосберегающей лампы.

Опасность люминесцентных ламп и рекомендации по использованию

Несмотря на свои положительные качества, люминесцентные лампы вредны как для окружающей среды, так и для здоровья человека. Дело в том, что внутри баллона каждой люминесцентной лампы присутствуют пары ртути. Если разбить колбу лампы, то опасные пары ртути попадут в окружающую среду и, возможно, в организм человека. Ртуть относят к веществам 1-ого класса опасности.

При повреждении колбы люминесцентной лампы необходимо покинуть на 15-20 минут помещение и сразу же провести принудительное проветривание комнаты. Необходимо внимательно относиться к эксплуатации любых люминесцентных ламп. Следует помнить, что соединения ртути, применяемые в энергосберегающих лампах, опаснее обычной металлической ртути. Ртуть способна оставаться в организме человека и наносить вред здоровью.

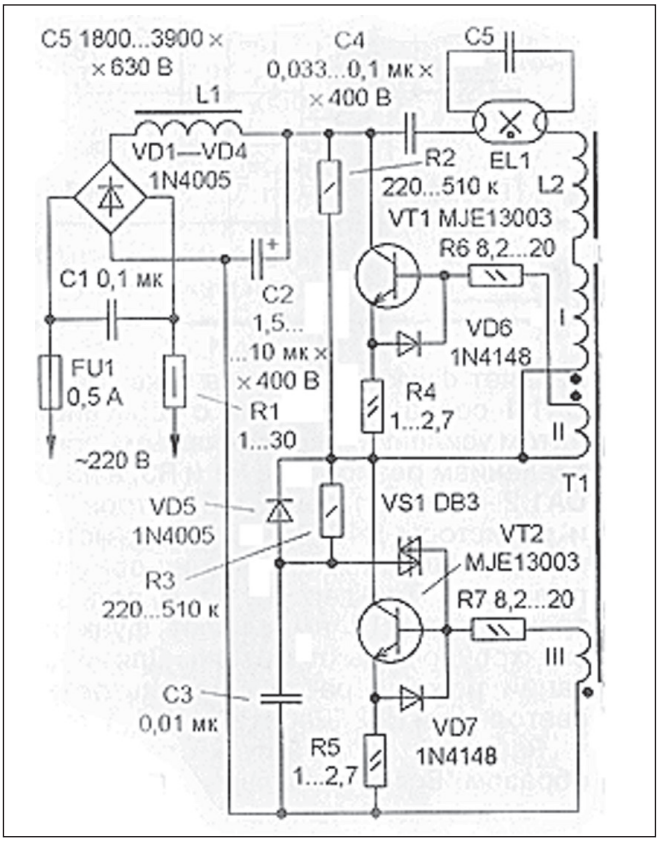
Кроме указанного недостатка необходимо отметить, что в спектре излучения люминесцентной лампы присутствует вредное ультрафиолетовое излучение. При длительном нахождении близко с включенной люминесцентной лампой возможно раздражение кожи, так как она чувствительна к ультрафиолету.

Наличие в люминесцентных лампах высокотоксичных соединений ртути является главным мотивом экологов, которые призывают сократить производство люминесцентных ламп и переходить к более безопасным светодиодным лампам.

Устройство компактной энергосберегающей люминесцентной лампы с электронным балластом

Бытовая люминесцентная лампа с электронным балластом состоит из колбы, электронной платы и цоколя Е27 (Е14), с помощью которого лампа устанавливается в стандартном патроне.

Внутри корпуса компактной лампы размещается круглая печатная плата, на которой собран высокочастотный преобразователь. Преобразователь при номинальной нагрузке имеет частоту 40 – 60 кГц. В результате того, что используется довольно высокая частота преобразования, устраняется «моргание», свойственное люминесцентным лампам с электромагнитным балластом (на основе дросселя), которые работают на частоте электросети 50 Гц. Принципиальная схема компактной люминесцентной лампы показана на рисунке.

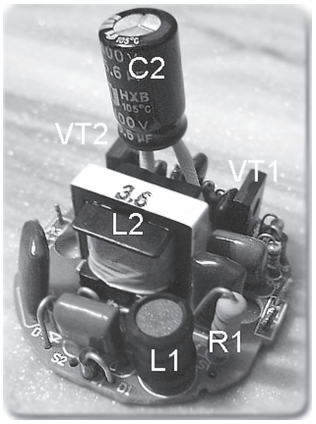


По данной принципиальной схеме собираются в основном достаточно дешевые лампы, к примеру, выпускаемые под брендом Navigator и ERA. Если вы используете компактные люминесцентные лампы, то, скорее всего, они собраны по приведенной схеме. Разброс указанных на схеме значений параметров резисторов и конденсаторов реально существует. Это связано с тем, что для ламп разной мощности применяются элементы с разными параметрами. В остальном схемотехника таких ламп мало чем отличается.

Разберемся подробнее в назначении радиоэлементов, примененных в схеме компактной люминесцентной лампы.

На транзисторах VT1 и VT2 собран высокочастотный генератор. В качестве транзисторов VT1 и VT2 используются кремниевые высоковольтные n-p-n транзисторы серии MJE13003 в корпусе TO-126. Обычно на корпусе этих транзисторов указываются только цифровой индекс 13003. Также могут применяться транзисторы MPSA42 в более миниатюрном корпусе формата TO-92 или аналогичные высоковольтные транзисторы.

Миниатюрный симметричный динистор DB3 (VS1) служит для автозапуска преобразователя в момент подачи питания. Внешне динистор DB3 выглядит как миниатюрный диод. Схема автозапуска необходима, т.к. преобразователь собран по схеме с обратной связью по току и поэтому сам не запускается. В маломощных лампах динистор может отсутствовать вообще.



Диодный мост, выполненный на элементах VD1-VD4, служит для выпрямления переменного тока. Электролитический конденсатор C2 сглаживает пульсации выпрямленного напряжения. Диодный мост и конденсатор C2 являются простейшим сетевым выпрямителем. С конденсатора C2 постоянное напряжение поступает на преобразователь. Диодный мост может выполняться как на отдельных элементах (4 диодах), либо может применяться диодная сборка.

При работе преобразователь лампы генерирует высокочастотные помехи, которые нежелательны. Конденсатор C1, дроссель L1 и резистор R1 препятствуют распространению высокочастотных помех по электросети. В некоторых лампах, видимо из жадности вместо L1 устанавливают проволочную перемычку. Также во многих лампах нет предохранителя FU1, который указан нарисунке. В таких случаях, разрывной резистор R1 также играет роль простейшего предохранителя. При неисправности лампы потребляемый ток превышает определенное значение, и резистор сгорает, разрывая цепь.

Дроссель L2 обычно собран на Ш-образном ферритовом магнитопроводе и внешне выглядит как миниатюрный броневой трансформатор. На печатной плате этот дроссель занимает довольно внушительное пространство. Обмотка дросселя L2 содержит 200 – 400 витков провода диаметром 0,2 мм. Также на печатной плате компактной электронной лампы можно найти трансформатор, который указан на схеме как T1. Трансформатор T1 собран на кольцевом магнитопроводе с наружным диаметром около 10 мм. На трансформаторе намотаны 3 обмотки монтажным или обмоточным проводом диаметром 0,3-0,4 мм. Число витков каждой обмотки колеблется от 2-3 до 6-10.

Колба люминесцентной лампы имеет 4 вывода от 2 спиралей. Выводы спиралей подключаются к электронной плате методом холодной скрутки, т.е. без пайки и прикручены на жесткие проволочные штыри, которые впаяны в плату. В лампах малой мощности, имеющих малые габариты, выводы спиралей запаиваются непосредственно в электронную плату.

Ремонт бытовых люминесцентных ламп с электронным балластом

Производители компактных люминесцентных ламп заявляют, что ресурс работы таких ламп в несколько раз больше, чем обычных ламп накаливания. Но, несмотря на это, бытовые люминесцентные лампы с электронным балластом выходят из строя довольно часто.

Связано это с тем, что в данных лампах применяются электронные компоненты, не рассчитанные на перегрузки. Также стоит отметить высокий процент бракованных изделий и невысокое качество изготовления. По сравнению с лампами накаливания стоимость компактных люминесцентных ламп довольно высока, поэтому ремонт таких ламп оправдан хотя бы в личных целях. Практика показывает, что причиной выхода из строя ламп служит в основном неисправность электронной части (преобразователя). После несложного ремонта работоспособность ламп полностью восстанавливается и это позволяет сократить денежные расходы на покупку новой лампы.

Разборка люминесцентной лампы с электронным балластом

Несмотря на простоту разборки компактной люминесцентной лампы, следует быть аккуратным и не допускать разбития колбы. Как уже говорилось, внутри колбы присутствуют пары ртути, опасные для здоровья. К сожалению, прочность стеклянных колб люминесцентных ламп невысока и оставляет желать лучшего.

Для того, чтобы вскрыть корпус, где размещена электронная схема преобразователя, необходимо острым предметом (узкой отверткой) разжать пластмассовую защелку, которая скрепляет две пластмассовые части корпуса.

Далее следует отсоединить выводы спиралей от основной электронной схемы. Делать это лучше узкими плоскогубцами, подхватив конец вывода провода спирали, и отмотать витки с проволочных штырей. После этого стеклянную колбу лампы лучше поместить в надежное место, чтобы не допустить ее разбития.

Оставшаяся электронная плата соединена двумя проводниками со второй частью корпуса лампы, на которой смонтирован стандартный цоколь E27 (E14).

Восстановление работоспособности ламп с электронным балластом

При восстановлении люминесцентной лампы первым делом следует проверить целостность нитей накала (спи-

ралей) внутри стеклянной колбы. Целостность нитей накала просто проверить с помощью обычного омметра. Если сопротивление нитей мало (единицы Ом), то нить исправна. Если же при замере сопротивление бесконечно велико, то нить накала перегорела и применить колбу в данном случае невозможно.

Наиболее уязвимыми компонентами электронного преобразователя люминесцентной лампы, выполненного на основе уже описанной схемы (см. принципиальную схему), являются конденсаторы.

Если люминесцентная лампа не включается, то следует проверить на пробой конденсаторы С3, С4, С5. При перегрузках эти конденсаторы выходят из строя, т.к приложенное напряжение превосходит напряжение, на которое они рассчитаны. Если лампа не включается, но колба светится в районе электродов, то возможно пробит конденсатор С5.

В таком случае преобразователь исправен, но поскольку конденсатор пробит, то в колбе не возникает разряд, зажигающий лампу. Конденсатор С5 входит в колебательный контур, в котором в момент запуска возникает высоковольтный импульс, приводящий к появлению разряда. Поэтому если конденсатор пробит, то лампа не сможет нормально перейти в рабочий режим, а в районе спиралей будет наблюдаться свечение, вызываемое разогревом спиралей.

Холодный и горячий режим запуска люминесцентных ламп

Бытовые люминесцентные лампы бывают двух типов:

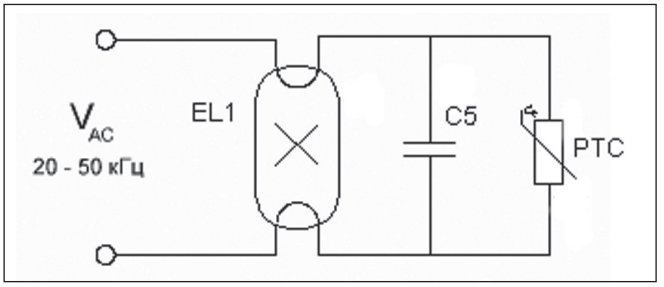
- с холодным запуском;
- с горячим запуском.

Если люминесцентная лампа загорается сразу после включения, то это лампа с холодным запуском. Данный режим плох тем, что в таком режиме катоды лампы предварительно не прогреваются. Это может привести к перегоранию нитей накала вследствие протекания импульса тока.

Для люминесцентных ламп более предпочтителен горячий запуск. При горячем запуске лампа загорается плавно, в течение 1-3 секунд. В течение этих несколько секунд происходит разогрев нитей накала ламп. Известно, что холодная нить накала имеет большее сопротивление, чем разогретая. При холодном запуске через нить накала проходит значительный импульс тока, который может со временем вызвать перегорание нити.

Для обычных ламп накаливания холодный запуск является стандартным, поэтому многие знают, что обычные лампы накаливания сгорают как раз во время включения.

Для реализации горячего запуска в лампах с электронным балластом применяется следующая схема. Последовательно с нитями накала люминесцентной лампы включается позистор (PTC - терморезистор). На принципиальной схеме этот позистор будет подключен параллельно конденсатору С5.



В момент включения в результате резонанса на конденсаторе С5, следовательно, и на электродах лампы возникает высокое напряжение, необходимое для зажжения лампы. Но в таком случае нити накала лампы плохо прогреты. Лампа включается мгновенно. В данном случае параллельно С5 подключен позистор. В момент запуска позистор имеет низкое сопротивление и добротность контура L2C5 значительно меньше.

В результате напряжение резонанса ниже порога зажжения лампы. В течение нескольких секунд позистор разогревается и его сопротивление увеличивается. В это же время разогреваются и нити накала. Добротность контура возрастает и, следовательно, растет напряжение на электродах лампы. Происходит плавный горячий запуск лампы. В рабочем режиме позистор имеет высокое сопротивление и не влияет на рабочий режим лампы.

Нередки случаи, что выходит из строя как раз этот позистор, и лампа не включается. Поэтому при ремонте ламп с балластом следует обращать на него внимание.

Довольно часто сгорает низкоомный резистор R1, который, как уже говорилось, играет роль предохранителя.

Активные элементы, такие как транзисторы VT1, VT2, диоды выпрямительного моста VD1-VD4 также стоит проверить. Как правило, причиной их неисправности служит электрический пробой p-n переходов. Динистор VS1 и электролитический конденсатор С2 на практике редко выходят из строя.

www.go-radio.ru

HORN TRADE
ООО "ГорнТрейд"
поставка электронных компонентов
контрактное производство
тел.: +375 17 290 0082
факс: +375 17 290 0084
e-mail: info@horntrade.net

ADVIK
ООО «АДВИК-СТРОЙ»
Поставка импортных электронных компонентов от ведущих производителей
220015, г. Минск,
ул.Одоевского 117, оф. 315
тел./факс +375 17 269-93-33
E-mail: info@advik.by
Web: www.advik.by
тел./факс. +375 17 269-93-34

УМЗЧ D-КЛАССА 2 Х 20 ВТ ДЛЯ БЮДЖЕТНОГО МУЛЬТИМЕДИЙНОГО ПЛЕЕРА

Юрий Садиков, г. Москва.

Предлагаемый усилитель MP49152 – модуль, построенный на чипе LV49152, разработанной в исследовательском центре фирмы SANYO.

Отличительная особенность модуля – уникальная технология обратной связи, разработанная в SANYO. Она обеспечивает SUPERB качество звука. Уровень шума меньше 90 микровольт. Широкий диапазон воспроизводимых частот. Высокий КПД – более 93% – позволяет усилителю работать на полной мощности без радиатора охлаждения. Режим «mute». Электронное включение/выключение. Защита от перегрузки и перегрева. Унифицированный форм-фактор «Мастер Кит», позволяющий легко проектировать устройства на базе наших модулей.

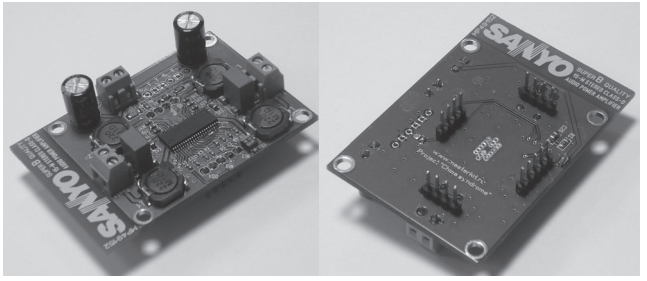


Рис. 1

Технические характеристики:

Напряжение питания, В	+10..26
Выходная мощность R= 8Ω Uпит = 18В (Вт)	2 x 20
Выходная мощность R= 8Ω Uпит = 12В (Вт)	2 x 10
Выходная мощность R= 4Ω Uпит = 12В (Вт)	2 x 15
Мин. сопротивление нагрузки, Ом	3,2
Номинальное входное напряжение, В	1,2
Диапазон воспроизводимых частот Гц	20 - 22000
Динамический диапазон, дБ	≥98
THD+N, PO=8W, RL=4Ω,f=1kH	0.1
THD+N, PO=5W, RL=8Ω,f=1kH	0.15
КПД, %	>93
Габаритные размеры печатной платы, мм	45 x 55

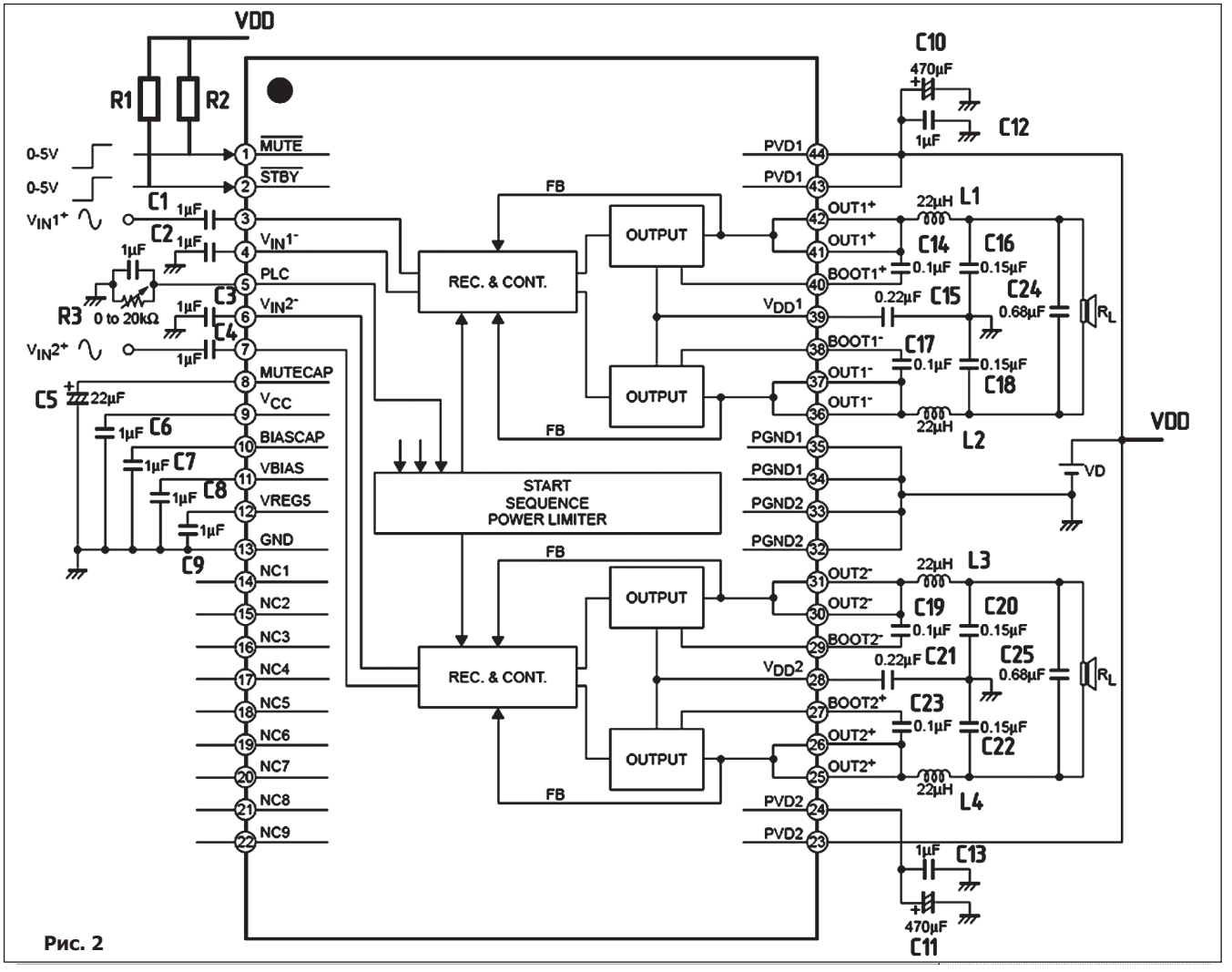
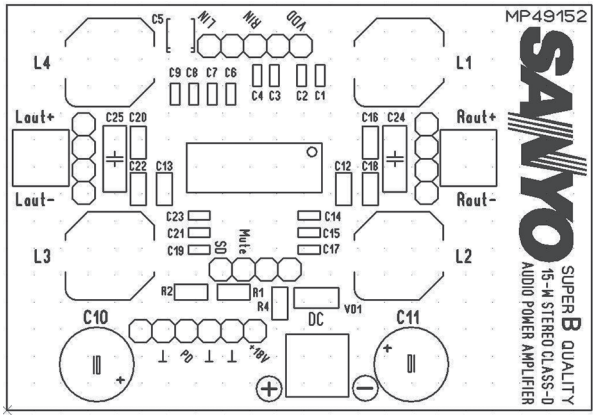
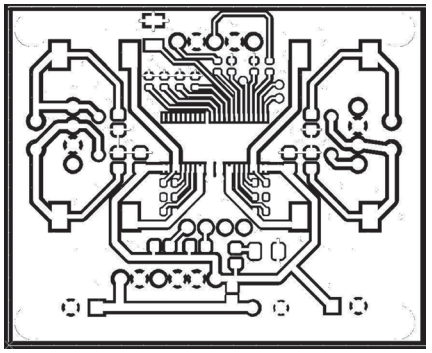


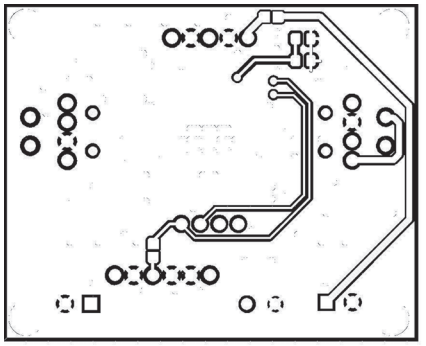
Рис. 2



а)



б)



в)

Рис. 3

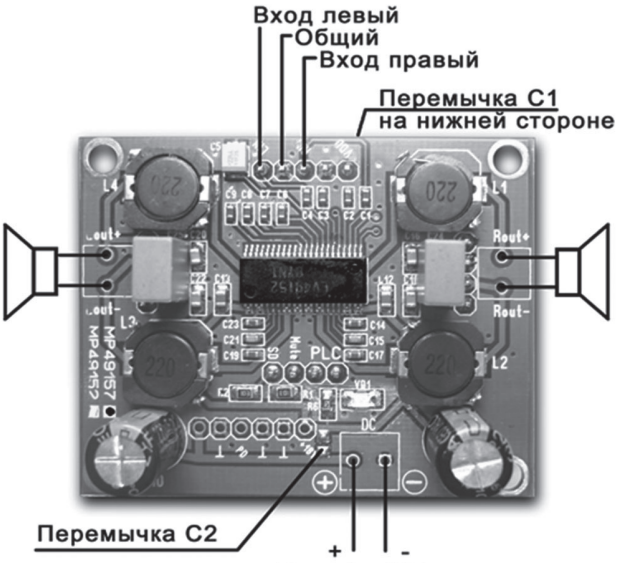


Рис. 4

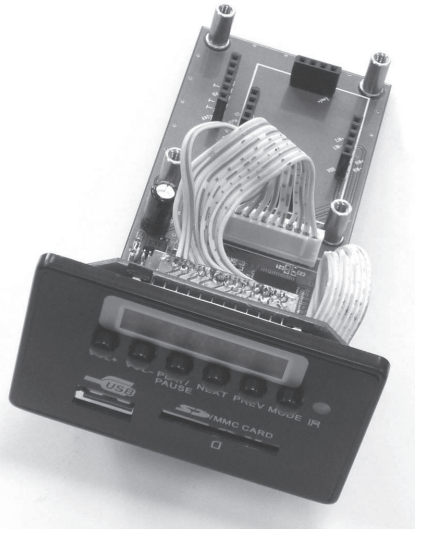


Рис. 5

УМЗЧ применяется совместно с мультимедийным плеером MP2897 или отдельно со своим источником питания.

Внешний вид УМЗЧ показан на рис.1.

Принципиальная электрическая схема УМЗЧ приведена на рис. 2.

Монтажная плата и двухсторонняя топология печатной платы размерами 45х55 мм показана на рис 3а, б, в.

Схема подключения динамиков приведена на рис. 4.

УМЗЧ работает совместно с медиаплеером MP2897, внешний вид которого показан на рис. 5.

Медиаплеер MP2897 будет описан в одном из следующих номеров журнала, он позволяет проигрывать звуковые файлы, записанные в формате MP3, WMA с любого USB-носителя или SD карточки.

Заключение

Усилитель мощности звуковой частоты MP49152 и встраиваемая минисистема MP2897 являются очень эффективным решением для создания малогабаритного музыкального центра для небольшого помещения, а также для походов и мероприятий, проводимых на открытом воздухе.

Заказать MP49152 и MP2897, а также выбранный из таблицы другой встраиваемый УМЗЧ МАСТЕР КИТ в России, Вы можете, позвонив бесплатно с мобильного или стационарного телефона на горячую линию 8-800-200-09-34 (с 9.00 до 18.00, кроме выходных), оформив заказ с курьерской или почтовой доставкой на сайте: WWW.MASTERKIT.RU.

Готовые устройства МАСТЕР КИТ приведены на сайте: GADGETS.MASTERKIT.RU. Детские электронные конструкторы: WWW.CHUDOKIT.RU.

Продажа в Украине осуществляется через посылторг «Кедр+»: т. (094) 925-64-96, (067) 782-55-91 и (044) 360-94-96.

Литература

1. Описание УМЗЧ MP49152: http://www.masterkit.ru/main/set.php?code_id=1070720 .

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Исходя из исследований Республиканского Гидрометеоцентра и существующего практического опыта, можно сделать однозначный вывод о хороших перспективах использования нетрадиционных источников энергии для получения так необходимых нам тепла и электричества. До недавнего времени инвестиции в альтернативную энергетику сдерживались экономическими условиями.

На сегодняшний день в Республике Беларусь созданы благоприятные условия для развития возобновляемой энергетики. В частности приняты законодательные акты, гарантирующие приобретение всей выработанной из возобновляемых источников энергии по повышающим коэффициентам. Подобная практика была применена в Европе и привела к бурному развитию альтернативной энергетики.

Постановлением Министерства экономики Республики Беларусь №100 от 30 июня 2011 года «О тарифах на электрическую энергию, производимую из возобновляемых источников энергии, и признании утратившими силу некоторых постановлений Министерства экономики Республики Беларусь» устанавливаются размеры повышающих и стимулирующих коэффициентов к тарифам на электрическую энергию для промышленных и приравненных к ним потребителей с присоединенной мощностью до 750 кВ•А. С применением указанных коэффициентов определяются тарифы на электрическую энергию, производимую из возобновляемых источников энергии индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами, не входящими в состав государственного производственного объединения электроэнергетики «Белэнерго», по которым электроэнергия будет приобретаться энергоснабжающими организациями ГПО «Белэнерго».

Коэффициенты устанавливались исходя из срока окупаемости объектов по использованию возобновляемых источников энергии и среднего срока эксплуатации, принятого равным 20 годам.

Первые 10 лет с момента ввода в эксплуатацию установок (за исключением преобразующих солнечную энергию в электрическую – фотовольтаики) используется повышающий коэффициент 1,3. Для фотовольтаических установок применяется повышающий коэффициент 3.

На последующие годы для всех видов объектов альтернативной энергетики устанавливаются стимулирующие коэффициенты в размере 0,85.

«Как видно, коэффициенты дифференцированы в зависимости от видов возобновляемых источников энергии. Такая дифференциация позволит обеспечить дальнейшее развитие использования всех видов возобновляемых источников энергии, а не только имеющих наименьшую себестоимость и сроки окупаемости», – пояснили в Министерстве экономики.

Условия применения коэффициентов при увеличении мощности установок по использованию возобновляемых источников энергии, при вводе в эксплуатацию дополнительных установок, а также условия изменения размеров коэффициентов с целью недопущения ухудшения экономических показателей функционирования таких установок будут оформлены в виде комментария к постановлению.

ООО «ЭкоСнабГрупп» является лидером в области возобновляемой энергетики и систем энергосбережения в Республике Беларусь с 2010 года. Нами были реализованы многочисленные проекты в области солнечной и ветроэнергетики. Все специалисты ООО «ЭкоСнабГрупп» прошли обучение в Германии по проектированию, монтажу и вводу в эксплуатацию солнечных электростанций, что подтверждается соответствующими сертификатами Евросоюза.

ООО «ЭкоСнабГрупп»
220118, г. Минск, ул. Машиностроителей, д. 29, офис 236. www.esg.by, info@esg.by
Тел/факс: +375(17)387 0299, GSM: +375 29 223 0732, +375 29 394 8594, +375 33 333 0303

ЭСГ
ООО «ЭкоСнабГрупп»

220118, г. Минск, ул. Машиностроителей, д. 29, офис 236. www.esg.by info@esg.by
Энергосберегающие системы
Системы экономии газа
Альтернативные источники энергии
Тел/факс: +375(17)387 0299, GSM: +375 29 223 0732, +375 29 394 8594, +375 33 333 0303

CES 2013: ИТОГИ И ТЕНДЕНЦИИ

Вот и закончилась одна из самых главных в мире выставок высокотехнологичных продуктов. Как всегда, хочется подвести итоги, постараться уловить тенденции и отметить лучшие продукты.

Пожалуй, первый вопрос, на который хочется услышать ответ после очередной крупной международной выставки, будь то CES, Computex, MWC или Cebit – появилось ли что-то действительно революционное?

И в последние годы ответ будет стабильно отрицательным. Почему так получается?

Первая и наиболее важная причина – все наиболее значимые продукты и технологии компании представляют на собственных мероприятиях. Особенно крупные компании. Например, та же Microsoft вообще отказалась от участия в выставке, и явно не по той причине, что нечего показать.

На выставке потребительской электроники, как ни странно, демонстрируют именно потребительскую электронику, благодаря которым компании зарабатывают деньги, массовый продукт, хотя есть и исключения.

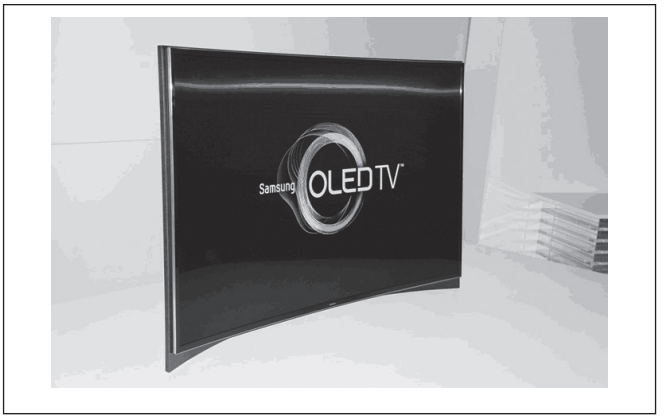
И, наконец, вторая причина – экстенсивный рост технологий в последние годы. В основном, сейчас все еще происходит масштабирование технологий, заложенных в 2005-2008 годы. Конец этому, безусловно, рано или поздно настанет, но зачем производителям торопить события, если товары, созданные по технологиям четырехлетней давности, и так неплохо покупаются.

Особенно было заметно применение принципа масштабирования в секциях телевизоров и мобильных телефонов. Их параметры просто умножили на два (или на четыре, когда речь идет о телевизоре). Так, все ведущие компании представили телевизоры с разрешением 4K, оно же Ultra HD (3840 x 2160 точки): 8 мегапикселей на экране против двух мегапикселей у распространенной сейчас Full HD картинки. Видит ли человеческий глаз разницу? Безусловно.

Более того, даже следующий шаг вполне очевиден – телевизоры с 8K-разрешением, 33 мегапикселя в кадре. Вот здесь, пожалуй, придется уже остановиться и придумывать что-то новое, поскольку более высокое разрешение превысит параметры лучших «исходников» современной киноиндустрии, пленки IMAX.

Радует, однако, появление несколько более доступных OLED-моделей. Технология, как и всегда, получилась не совсем идеальной, но по основным параметрам – лучшей на сегодняшний день. С такой скоростью доступные 40-50-дюймовые панели смогут появиться на рынке уже через пару лет.

Со смартфонами дела обстоят примерно также. К счастью, разрешение топовых моделей не удвоили – это смотрелось бы совсем абсурдно, но подняли планку с «простого» HD до Full HD. Наиболее трендовая диагональ – 5 дюймов. Была такая ранняя эволюционная теория за авторством Жана Батиста Ламарка, согласно которой под воздействием среды организмы постоянно меняются в сторону приспособления, а изменения эти закрепляются наследственно. Будучи уже более века как опровергнут, ламаркизм явно живет в сердцах производителей. Иначе, как объяснить постоянное наращивание диагоналей экранов смартфонов, кроме расчета на то, что пальцы пользователей будут удлиняться сами по себе? Рекордсмены имеют диагональ и вовсе 6.3 дюйма. Здесь, хотя бы, очевиденграница – 7 дюймов, так как эту диагональ уже закрепили за собой планшеты.



Ну и как же без увеличения количества ядер. Вас попрежнему радует смартфон 2011 года с двумя ядрами? Чего-то вы определенно не понимаете: сейчас в тренде восьмиядерные процессоры, представленные сразу несколькими компаниями. Иногда даже хочется пожалеть, что прекратилась гонка гигагерц, иначе сейчас смартфоны перешли бы на активное охлаждение, что было бы, по меньшей мере, забавно.

Тем не менее, если отбросить шутки в сторону, лучший, по мнению большинства обозревателей, смартфон выставки Sony Xperia Z действительно получился весьма интересным. Хотя, повторимся, изменения только количественные. 5-дюймовый Full HD экран, четырехъядерный процессор, 2 гигабайта памяти, качественный корпус из стекла и металла, устойчивость к водным процедурам. Потенциальный хит при цене, не превышающей стоимость iPhone 5, или просто очень хороший смартфон, если он будет продаваться дороже.

А вот официальную награду за инновации получил на выставке вполне ожидаемо YotaPhone. О нем уже порядком было написано, а особо проницательные читатели вспомнят, что подобные разработки презентовали еще пару лет назад. Напомним, у «российского» телефона имеется пара экранов: основной, привычный HD LCD-экран, и задний экран на электронных чернилах, который почти не потребляет

электроэнергии. Несмотря на очевидные преимущества, скорее всего, аппарат останется нишевым. Рынок любит определенную долю простоты, и такому необычному устройству, несмотря на очевидные преимущества, будет сложновато потеснить классические смартфоны.

В качестве «инновации» был представлен также 20-дюймовый планшет с 4K-разрешением от Panasonic. Выглядит и воспринимается он с нервным смешком, хотя, безусловно, в некоторых применениях (например, медицина) будет весьма и весьма полезен. Но, к счастью, массовый рынок никакие потрясения не затронули – аппараты просто чуть-чуть подросли по характеристикам, также появились новые применения.

Хорошим примером эволюции, не нарушающей рамки здравого смысла, является игровой планшет Razer Edge. Это, фактически, относительно мощный ультрабук с игровой видеокартой, который «запихали» в корпус планшета. Если его использовать вместе с фирменным игровым контроллером, получится забавная полупортативная консоль, которую в перерывах между играми можно использовать как обычный компьютер. Не радует только цена: от 1000 долларов – за базовую версию без контроллера и до 1600 – за более продвинутую начинку и контроллер в комплекте.

Если уж вспомнили об игровых устройствах, то нельзя не упомянуть Valve Piston и NVIDIA Shield. Первое устройство – это компьютер. Очень маленький, со скромными для геймерской системы параметрами, но зато, очевидно, с интеграцией в систему цифровой доставки контента Steam. Эдакая консоль от мира ПК, успешность которой, как и любой консоли, лежит больше в плоскости качества игр (с чем в Steam проблем обычно не наблюдается) и маркетинговой политики.

Производители придержали анонсы фотокамер, в основном, до специализированных выставок. Да и конец 2012 был настолько богат на интересности в фотомире, что жаловаться просто грех. Однако пару любопытных фактов все же стоит отметить. Компания Polaroid выпустила собственную беззеркалку, да еще и под управлением ОС Android. Несмотря на то, что Android на фотоаппарате уже прочно ассоциируется с Samsung Galaxy Camera, а матрица размером в 1 дюйм, прямо скажем, может не впечатлит опытных фотографов.

Анонс же Fuji X20 выглядит намного интереснее. Это еще одна камера с ретро-дизайном, великолепным качеством исполнения и снимков именитого японского производителя. И в отличие от текущей старшей системной камеры Fuji X-Pro1 этот аппарат с несменным объективом и более скромной матрицей должен стоить гораздо дешевле.

Автомобили, которые способны водить себя сами, холодильники с доступом в Интернет и интеграцией с Evernote, беспроводная передача заряда от телефона к телефону, устройства виртуальной реальности… Каждая тема по отдельности заслуживает хорошую статью. Но все мы это уже видели, и записать в тренды пока не готовы. Почему? Да по простейшей причине – на прилавке в ближайшие полгода они не появятся. Full HD смартфон в руке куда интереснее для простого смертного, чем автомобиль Lexus с системой автоматического вождения, которая неизвестно когда станет легальной на наших дорогах.

Впрочем, пару слов об автомобилях все-таки скажем. Дело в том, что Ford и General Motors анонсировали открытие своих платформ встроенной компьютерной системы для сторонних разработчиков. А это значит, что рано или поздно в автомобильном компьютере появится магазин приложений, нормальные карты и Angry Birds. Хотя новость о переводе этих систем на какую-нибудь открытую платформу вроде Android звучала бы еще интереснее.

CES 2013 год от года расширяет ассортимент аксессуаров. В прошлые годы это были достаточно скромные чехлы

и безделушки, а в этом году явный фокус был на так называемых wearables – носимых аксессуарах. Например, один из призов за инновации получил браслет Fitbit Flex. Он предназначен для тех, кто следит за своим здоровьем: гаджет собирает информацию об активности своего хозяина. При помощи Bluetooth 4.0 браслет соединяется со смартфоном и ПК и передает данные, например, о том, сколько шагов владелец прошел пешком в этот день. Опять же, можно четко проследить предшественника – браслет Jawbone Up, выполняющий примерно ту же роль, но синхронизирующийся только с iPhone.

Итак, что витоге? Как мы и говорили вначале, рост – причем скорее количественный, чем качественный. Но вряд ли это следует считать застоем или вообще какой-то проблемой. Хорошо обкатанные технологии, от которых знаешь, чего ожидать, как минимум, надежнее и безопасней инновации «только из лаборатории». Что до проникновения конкретных устройств в дома, то Full HD смартфоны – реальность уже этого квартала, 4K-телевизоры за разумные деньги, похоже, придется подождать еще год, а вот аксессуары в своей массе начнут поступать в продажу уже сейчас.

www.migom.by

ЭКНИС
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ
ЭКОНОМИЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ. ПРИВОДЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА
ABB drives alliance
Sales and Support
ООО «ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ «ЭКНИС» ВЫПОЛНЯЕТ:
– Техническое консультирование.
– Выбор технического решения.
– Разработка проектной документации.
– Комплексная поставка согласованного оборудования.
– Шеф-монтажные и пуско-наладочные работы.
– Сервисное техническое консультирование.
– Гарантийное и послегарантийное обслуживание.
ООО «Электротехническая компания «ЭКНИС» г. Минск УНП 190575885
Тел.: +375 (17) 288-15-22, +375 (29) 689-18-90, www.ecnis.biz, e-mail: office@ecnis.biz

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ

Д.В. Пекарь, г. Минск

Введение

С бурным развитием техники и электроники коммуникационные возможности также сделали большой скачок в своем развитии. Поскольку речь является естественным способом обмена информацией между людьми, то передача речевого сигнала является одной из главных коммуникационных задач. Широкий круг людей получил доступ к средствам связи, следовательно, и возникает необходимость осуществлять контроль за безопасностью информации. Появляется возможность выявлять потенциально опасные ситуации на начальных этапах их развития и предугадывать их путем семантического и эмоционального анализа речевых сообщений. Достоинствами данного подхода является отсутствие дорогого оборудования, возможность анализировать любой речевой канал.

1. Обработка сигналов в системах анализа речи человека

1.1. Речевой сигнал

В системах анализа человеческой речи происходит анализ, обработка и хранение сигналов, представляющих собой сложный акустический процесс, основой появления и развития которого является речевой тракт человека. Он в свою очередь может быть разбит на три большие части (рис.1) [1].

Рис.1. Голосовой тракт человека

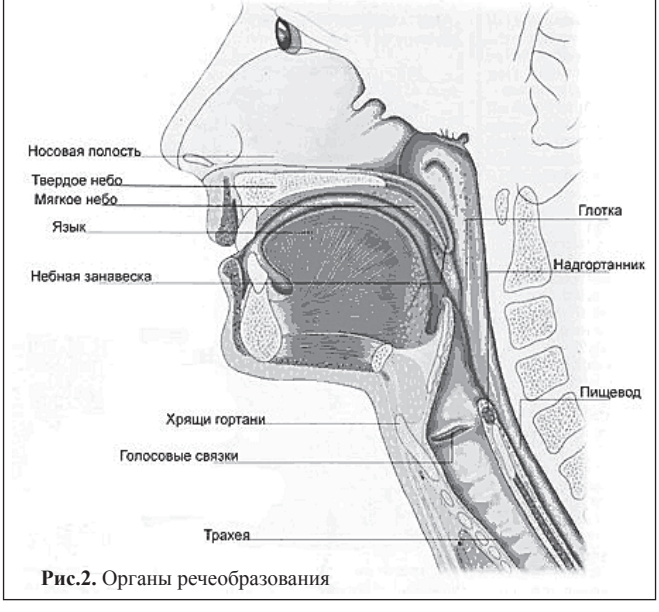


Рис.2. Органы речеобразования

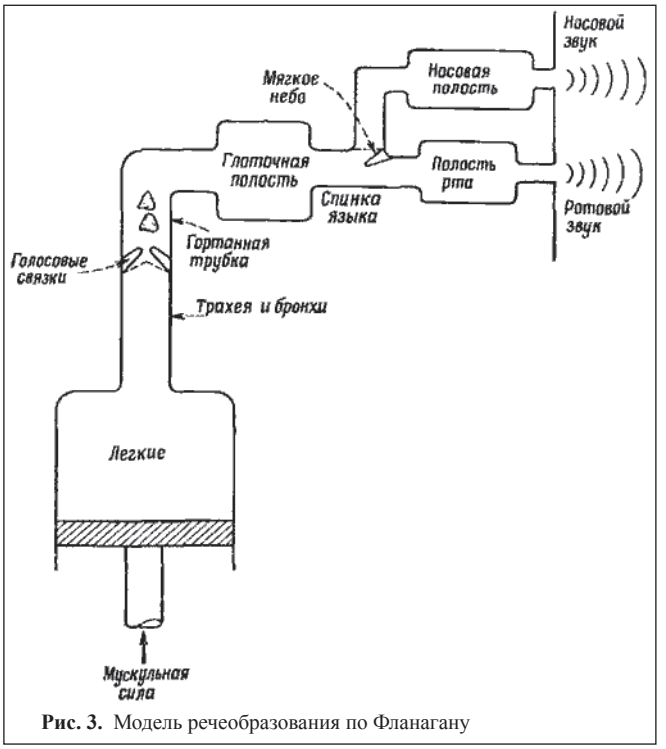


Рис. 3. Модель речеобразования по Фланагану

На рис. 2 представлено детальное расположение наиболее важных органов речеобразования [2].

Существует множество различных моделей речеобразования у человека, отображающих те или иные аспекты этого процесса. На рис. 3 [3] и рис. 4 [1] приведены наиболее общие и часто используемые модели речеобразования.

При речеобразовании грудная клетка сжимается, толкая поток воздуха из легких по трахее через голосовую щель с голосовыми связками. Если голосовые связки напряжены, как при образовании звонких звуков типа гласных, то они вибрируют подобно струне, тем самым модулируя голосовой поток. Если голосовые связки расслаблены, воздух свободно проходит через голосовую щель, не подвергаясь модуляции. Воздух проходит через глоточную полость мимо основания языка и в зависимости от положения мягкого неба устремляется дальше через ротовую и/или

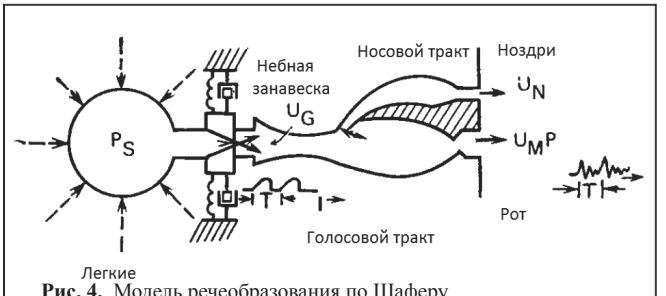


Рис. 4. Модель речеобразования по Шаферу

носовую полости. Поток воздуха, выходя наружу через рот или нос (или обоими путями одновременно), возбуждает окружающий воздух, порождая в нем звуковые волны, которые воспринимаются как последовательность звуков, образующих слитную речь человека. Все производимые речевые звуки могут быть разделены на три общие группы по способу своего возбуждения (рис. 5) [1].

Вокализованные звуки образуются путем проталкивания звука через голосовую щель, при котором голосовые связки испытывают периодическое напряжение и расслабление, тем самым придавая протекающему воздушному потоку квазипериодическую модуляцию.

Образование фрикативных или невокализованных звуков происходит при быстром истечении воздушного потока через малое сечение голосового тракта (в конце рта), который становится, при этом, турбулентным потоком, что порождает слышимый широкополосный шум.

Взрывные звуки образовываются при закрытом голосовом тракте. При этом, воздух сжимается за смычкой прохода, приобретая избыточное давление. При открытии голосового тракта, воздух резко высвобождается, порождая взрывной ударный звук.

Прохождение воздуха по голосовому тракту равносильно прохождению воздушного потока через объемный резонатор переменного сечения и длины (рис. 6).

Таким образом, модулированный воздушный поток, проходя через систему труб различной длины и сечения, будет резонировать на отдельных избирательных частотах, характерных для каждого сегмента голосового тракта. Резонансные частоты голосовой трубы называются формантными частотами, следовательно, любую форму голосовой трубы можно описать набором формантных частот и, изменяя ее пространственную конфигурацию можно получать различные наборы формантных частот и всего спектра сигнала в целом.

1.2. Представление речевых сигналов

Акустическая передача и прием речи может использоваться вполне успешно лишь на весьма ограниченных расстояниях в виду ряда причин. В диапазоне частот, излучаемым голосовым трактом и улавливаемом ухом, излученная акустическая энергия быстро рассеивается в окружающем пространстве и затухает. Применение источника с большей акустической мощностью не решит проблему, поскольку в любой среде могут существовать без искажения лишь акустические волны ограниченного акустического давления. С другой стороны, чувствительность человеческого уха ограничена внешними акустическими шумами и внутренними физиологическими шумами в теле человека. Таким образом, акустические волны не могут служить хорошим средством передачи на дальние расстояния. Также недостатком акустического сигнала является тот факт, что его нельзя хранить, поскольку неоднородность в акустическом давлении быстро пропадает и окружающая среда приходит в равновесное состояние.

Принимая во внимание приведенные факты, можно сделать заключение, что акустический сигнал должен быть преобразован в другую форму, которая будет удобна для передачи, хранения, преобразования и анализа. Такой формой представления акустического речевого сигнала является электрический сигнал изменения параметра (ов), которому соответствуют изменения параметров акустического сигнала. Прибором, преобразующим изменения акустического давления в изменения электрического сигнала, является микрофон. Чаще всего изменение напряжения на зажимах микрофона соответствует изменению акустического давления. Поскольку реальные физические сигналы имеют непрерывную природу, то и электрический сигнал, описывающий речевой сигнал, также будет непрерывным. До появления цифровых ЭВМ непрерывное или аналоговое представление речевых сигналов было единственным видом представления для машинной обработки голосовой информации.

Преимущества аналогового сигнала:

- не требует дополнительного преобразования при получении;
- не требует дополнительного преобразования при воспроизведении;
- требует меньшей полосы частот, чем цифровой, при передаче сигнала с заданной верхней частотой;
- нет избыточности в сигнале.

Недостатки аналогового сигнала:

- подвержен влиянию внешних помех и искажений;
- нет возможности восстановления первоначальной формы сигнала;
- сложность обработки;
- требует согласования компонентов цепи.

Развитие вычислительной техники привело к появлению ЭВМ, которые требовали для своей работы оцифрованный сигнал. Цифровой сигнал – это сигнал, который дискретен во времени и квантован по величине. Обобщенная схема получения цифрового сигнала показана на рис. 7.

Рис. 5. Типы речевых звуков

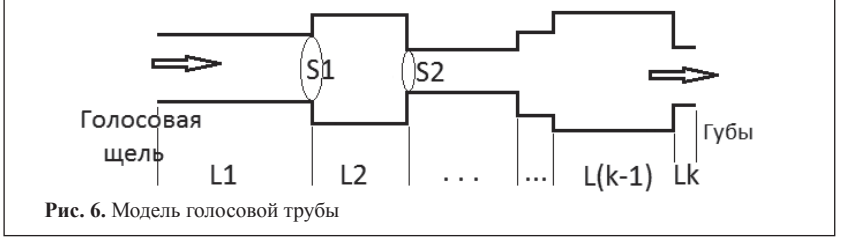


Рис. 6. Модель голосовой трубы

Центральным понятием при получении цифрового сигнала является теорема о дискретизации сигнала: непрерывный сигнал $x(t)$ с ограниченным спектром, максимальная частота которого равна F_{max}, может быть восстановлен по эквидистантой выборке значений координаты сигнала по формуле:

$$x(t) = \sum_{n=-\infty}^{n=\infty} x(n/F_d)\frac{\sin(F_d t - n)}{\pi(F_d t - n)}, \qquad (1)$$

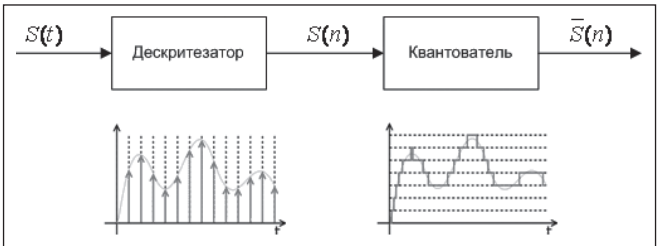


Рис. 7. Обобщенная схема получения цифрового сигнала: S(t) – исходный сигнал; S(n) – дискретные отсчеты исходного сигнала; S̄(n) – цифровой сигнал, дискретный во времени и квантованный по величине

причем для частоты дискретизации F_d сигнала должно выполняться условие:

$$F_d \geq 2F_{\max}, \quad (2)$$

Приведенная теорема называется теоремой Котельникова [4]. Сущность теоремы о дискретизации состоит в том, что частоту дискретизации сигнала следует выбирать, по крайней мере, в два раза выше частоты верхней границы спектра измеряемого сигнала.

Преимущества цифрового сигнала:

- позволяет определять ошибки в исходном сигнале;
- позволяет корректировать ошибки в исходном сигнале;
- миниатюрность реализации компонентов;
- возможность сжатия сигнала;
- возможность применения криптографических методов защиты информации;
- возможность интегрировать различные типы сигналов в одном канале: звук, видео и графическую информацию;
- позволяет вести обработку на любом цифровом вычислительном устройстве;
- позволяет осуществлять экономное хранение цифровой информации.

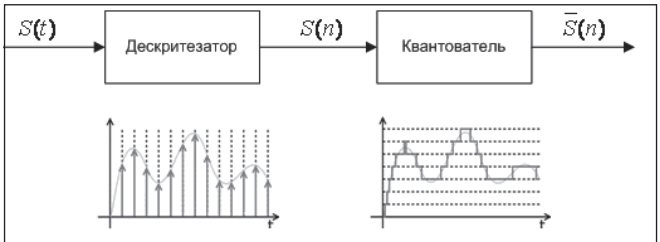


Рис. 8. Дискретное представление речевых сигналов

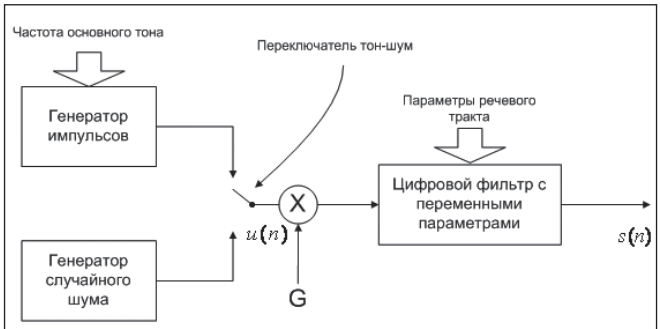


Рис. 9. Структура цифровой модели речеобразования: u(n) – отсчеты исходного сигнала возбуждения; G – коэффициент усиления модели; s(n) – отсчеты входного сигнала модели

Недостатки цифрового сигнала:

- необходима большая полоса частот, чем для аналогового сигнала с заданной верхней частотой;
- цифровой сигнал избыточен;
- ограничение максимальной частоты дискретизации.

Дискретное представление речевых сигналов можно разделить на следующие группы (рис.8) [1].

Параметрическое представление основано на описании речевого сигнала, как отклика модели речевого тракта [5,6]. Для его получения исходный речевой сигнал подвергается дискретизации по времени, затем квантованию по величине и в конце дополнительному преобразованию для получения значений параметров используемой модели сигнала.

Рассматривая цифровое представление речевых сигналов, можно привести упрощенную цифровую модель представления речеобразования (рис.9) [1].

1.3. Системы анализа речевых сигналов

С момента появления первых электронных вычислительных устройств, их роль, а также проникновение в повседневную жизнь неукоснительно растет. Применение ЭВМ и иных электронных устройств анализа, хранения и передачи речи является интуитивно навеянной идеей, так как речь является естественным способом общения и обменом информации между людьми.

Существует широкий спектр задач, решаемых речевыми системами, ниже приведены наиболее важные:

- синтез речи;
- распознавание речи;
- распознавание языка;
- диагностирование речевых патологий;
- верификация/идентификация диктора по голосу;
- улучшение качества речевого сигнала;
- системы сжатия речевого потока;
- полиграфы или детекторы лжи;
- системы безопасности.

Системы синтеза речи производят синтез речевого сигнала по заранее сохраненному тексту [7]. Данный подход позволяет осуществлять экономное хранение речевой информации. Подобного рода системы применяются в автоматических системах голосового ответа [8]. Также системы применяются для обучения правильному произношению [9].

Распознавание речи своей основной задачей имеет получение текстового эквивалента произнесенной речи. Сложность распознавания речи обуславливается свободным контекстом распознаваемой речи, а также различными условиями ее произношения. Кроме того, в общем случае, системы распознавания должны быть способны распознать речь, произнесенную различными дикторами, и быть устойчивы к вариациям и акцентам произношения человека. Применения подобных систем позволяет реализовать голосовой набор текста [10], а также голосовое взаимодействие с различными устройствами [11].

Системы по распознаванию языка произнесенной речи [12] позволяют определить язык по записи или произнесенной речи, что может служить надстройкой над сложными адаптивными системами голосового управления.

Как было отмечено ранее, параметры речевого/голосового тракта являются определяющими факторами для таких показателей речи, как ее спектральный состав. Анализируя спектральный состав речи больных и здоровых

можно выявить закономерности в изменении параметров речи и заболеваниях органов дыхания и дыхательных путей [13]. Анализ речи также позволяет выявлять заикание у говорящего человека [14].

Методы, основанные на речевой идентификации [15] и верификации [16] диктора, призваны установить подлинность говорящего или идентифицировать личность диктора по его речевому образцу. Подобного рода системы могут успешно применяться в системах управления правами доступа к конфиденциальной информации или ресурсам [17], а также при проведении автоматических кредитных операций. Системы идентификации диктора по голосу должны определить, кому из конечного числа предопределенных дикторов принадлежит анализируемый голосовой фрагмент. Такие системы могут применять при судебных и криминалистических экспертизах [18], [19], поскольку речь несет в себе уникальные биометрические данные [20], [21].

Системы шумоочистки и улучшения качества речевого сигнала [22] получили широкое применение при звукозаписи и передачи речевого трафика.

Системы сжатия речевого потока [23] имеют исключительно важную роль в настоящее время. При увеличивающихся информационных потоках, часть которых занимает передача речевого сигнала, ключевой задачей является сжатие голосовых сообщений при сохранении приемлемого качества сигнала для его последующего разбора и понимания. Подобные системы сжатия применяются для эффективного хранения речевой информации, удаляя на основе анализа неинформативные компоненты, тем самым уменьшая размер хранимых аудио файлов.

На судебных и криминалистических экспертизах [24] анализ произнесенной речи успешно используется в полиграфах или детекторах лжи [25], где вместе с биометрическими показаниями датчиков о функционировании организма, осуществляется определение истинности высказываний говорящего человека.

Вопросы применения речевых технологий в сфере безопасности [26] [27] являются одними из закрытых и малодоступных, и, в тоже время, наиболее востребованных и перспективных направлений исследований в современном мире. Подобного рода системы могли бы в автоматическом режиме производить комплексный семантико-эмоциональный анализ речи и выявлять потенциально опасные ситуации на ранних стадиях их возникновения.

2. Методы анализа речевого сигнала

Существует большое множество различных методов для анализа речевого сигнала, его особенностей и характеристик. Ниже будут рассмотрены основные и наиболее широко используемые.

2.1. Спектральный анализ

Спектральный анализ является одним из наиболее применяемых и исследованных [28] методов анализа речевых сигналов, который позволяет разложить исходный сигнал на его составляющие. Основой спектрального анализа является разложение Фурье. Непрерывное (3) и дискретное (4) преобразование Фурье при дискретизированных аргументах $t_k = k\Delta t; f_n = n\Delta t$, [29]:

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)\exp(-j2\pi ft)dt, \quad s(t) = \int_{-\infty}^{\infty} S(f)\exp(j2\pi ft)df, \quad (3)$$

$$S(f_n) = \Delta t \sum_{k=-\infty}^{\infty} s(t_k)\exp(-j2\pi f_n k\Delta t),$$

$$s(t_k) = \Delta f \sum_{n=-\infty}^{\infty} S(f_n)\exp(j2\pi n\Delta f t_k). \quad (4)$$

Дискретизация функции по времени приводит к периодизации ее спектра, а дискретизация спектра по частоте – к периодизации функции по времени. Точное восстановление функции по формулам (3), (4) гарантировано только при выполнении теоремы Котельникова-Шеннона. Спектр, полученный по формулам (3) и (4), в общем случае, является комплексной величиной, следовательно, для вычисления распределения энергии по частотам необходимо брать

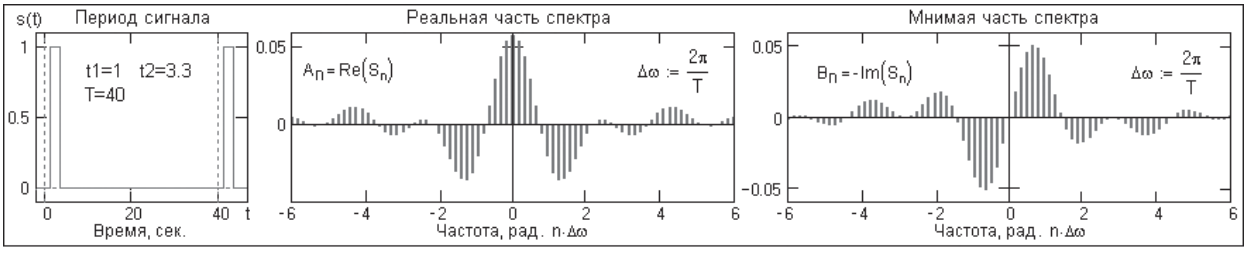


Рис. 10. Спектр прямоугольного сигнала

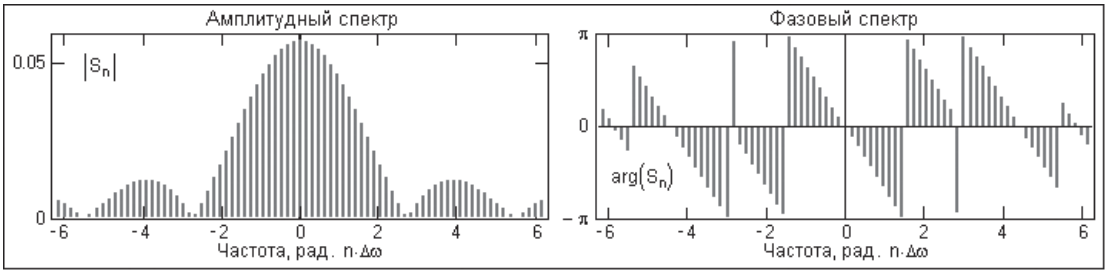


Рис. 11. Амплитудный и фазовый спектры прямоугольного сигнала соответственно

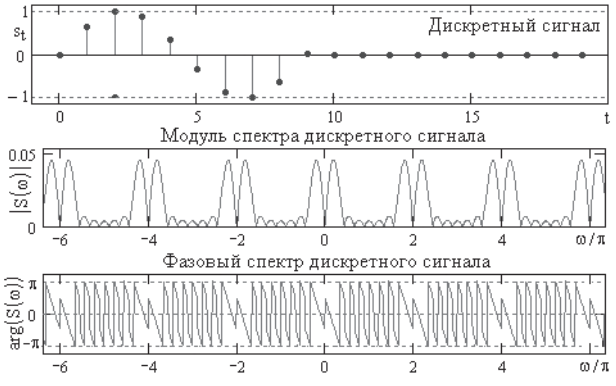


Рис. 12. Модуль спектра и фазовый спектр дискретного сигнала

модуль спектра. Комплексное представление спектра позволяет находить также фазовый спектр. На рис. 10 и 11 представлены спектр сигнала, а также амплитудный и фазовый спектры соответственно.

Для дискретных преобразований $s(k\Delta t) \Leftrightarrow S(n\Delta t)$ и функция, и ее спектр дискретны и периодичны, а числовые массивы их представления соответствуют заданию на главных периодах $T=N\Delta t$ (от *0* до *T* или от *-T/2* до *T/2*) и (от *-fN* до *fN*), где *N* – длина окна преобразования. На рис. 12 приведен модуль спектра и фазовый спектр для дискретного сигнала, где хорошо видна периодизация спектра дискретного сигнала.

Представление сигнала во временной, либо в частотной форме абсолютно равноценны, так как согласно (3) и (4) можно перейти от одного представления к другому без потери информации.

При дискретном представлении сигналов аргумент обычно проставляется номерами отсчетов *k* (по умолчанию $\Delta t = 1,\ k = 0,1,...N-1$), а преобразования Фурье выполняются по аргументу n, номеру шага по частоте на главных периодах. При значениях N, кратных 2, имеем:

$$S(f_n) \equiv S_n \sum_{k=0}^{N-1} s_k \exp(-j2\pi kn/N), \quad \text{n = -N/2,…0…, N/2,} \tag{5}$$

$$s(t_k) \equiv s_k (1/N) \sum_{n=-N/2}^{N/2-1} S_n \exp(j2\pi kn/N), \quad \text{k = 0,1…, N-1.} \tag{6}$$

Главный период спектра (5) лежит в диапазонах: для циклических частот от -0.5 до 0.5, для угловых частот от -π до π. При нечетном значении *N* границы главного периода по частоте (значения $\pm f_N$) находятся на половине шага по частоте за отсчетами $\pm N/2$.

Достоинства спектрального анализа:

- позволяет анализировать тонкую структуру сигнала;
- наличие быстрых алгоритмов вычисления.

Недостатки:

- не позволяет разделять компоненты речевого сигнала на возбуждающую составляющую и компоненты голосового тракта;
- компромисс между частотным и временным разрешением.

Спектральный анализ речевых сигналов применяется при распознавании речи [30], идентификации диктора [31].

2.2. Гомоморфный анализ

Полагается, что речевой сигнал является сигналом на выходе линейной системы с медленно меняющимися параметрами. Тогда, принимая сделанное предположение, можно считать, что короткий речевой фрагмент является сигналом на выходе линейной системы с постоянными параметрами, возбуждаемый либо последовательностью импульсов, либо случайным шумом. Поскольку возбуждаемый сигнал и импульсная характеристика линейной системы взаимодействуют через операцию свертки, то задача заключается в разделении компонентов, которые учавствуют в свертке. Данная задача может быть решена при помощи гомоморфной фильтрации. Гомоморфные системы относительно свертки – это системы, которые удовлетворяют принципу суперпозиции, где операция сложения заменена на операцию свертки (рис.13).

В теории гомоморфных систем показано, что любая такая система может быть представлена в виде каскадного соединения (рис.14).

Первый блок преобразует свертку сигналов на входе в их аддитивную сумму на выходе. Второй блок – линейная система, с помощью которой осуществляется обработка объединенных сигналов. Третий блок выполняет обратное преобразование первому блоку. Таким образом, разработка гомоморфного анализа заключается в разработке линейной системы канонического представления. Характеристическая функция на первом этапе должна удовлетворять условию преобразования произведения в сумму. Данное требование реализует логарифмическая функция. Тогда представленная на рис. 14 система преобразуется в следующую структуру (рис.15).

Выход характеристической системы называется кепстром и является общепринятым названием обратного преобразования Фурье логарифма спектра мощности. Ниже приведена схема вычисления кепстра (рис.16).

Дальнейшим развитием применения кепстрального анализа является определение мелкепстральных коэффициентов. Человеческое восприятие является неодинаковым на различных частотах [32] и для учета данного факта

Рис. 13. Представление системы гомоморфной относительно свертки

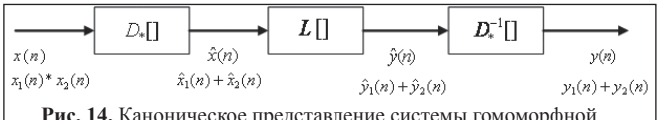


Рис. 14. Каноническое представление системы гомоморфной относительно свертки

Рис. 15. Представление системы гомоморфной относительно свертки в частотной области

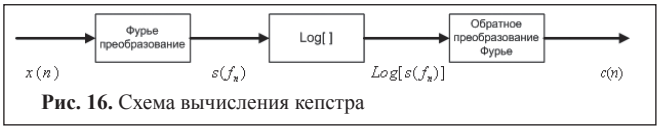


Рис. 16. Схема вычисления кепстра

кепстральные коэффициенты подвергают фильтрации с помощью специального банка фильтров, которые размещены в нелинейном масштабе – мелмасштабе. Соотношение между частотой, выраженной в мелах и герцах, определяется следующим выражением:

$$f_c(m) = 700\left(10^{f_m(m)/2595} - 1\right). \quad (7)$$

Ниже приведены этапы вычисления мелкепстральных коэффициентов речевого сигнала:

– выполняется дискретное преобразование Фурье (ДПФ), определяемое выражением:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} y(n) e^{-j\frac{2\pi}{N}nk}; \quad (8)$$

– выполняется фильтрация банком фильтров согласно выражению:

$$\overline{X}(m) = \sum_{k=0}^{N-1} |X(k)| H(k,m), \quad (9)$$

где модуль спектра:

$$X(k)| = \sqrt{\mathrm{Re}(X(k))^2 + \mathrm{Im}(X(k))^2}. \quad (10)$$

H(k,m) – банк фильтров, который представляет собой набор треугольных фильтров с центральной частотой $f_c(m)$, а $m = 1, 2 \ldots, M$ – номер фильтра (M – количество фильтров).

На рис. 17 изображены два типа банков фильтров.

Логарифмирование отфильтрованного спектра осуществляется согласно выражению:

$$X'(m) = \log \overline{X}(m). \quad (11)$$

Дискретное косинусное преобразование (ДКП) производится для декорреляции выходных мелкепстральных коэффициентов [32], что повышает их информативность:

$$c(l) = \sum_{m=1}^{M} X'(m) \cos\left(l \frac{\pi}{M}(m - \frac{1}{2})\right), \quad (12)$$

Достоинства кепстрального анализа:

- позволяет анализировать как параметры голосового тракта, так и параметры возбуждения [33];
- позволяет осуществлять формантный анализ [34];
- позволяет оценить частоту основного тона [35].

Недостатки:

- по своей сути, кепстр – это спектр, интерпретируемый как сигнал, который пропущен через фильтр низких частот. Следовательно, быстрые изменения в спектре будут сглажены и не отображены в кепстре [1].

Мелкепстральные коэффициенты эффективно используются в таких крупных проектах по распознаванию речи как HTK [36] и Sphinx [37].

2.3. Кратковременный анализ

В основе большинства методов обработки речи лежит предположение о том, что свойства речевого сигнала с течением времени медленно изменяются [38]. Это предположение приводит к методам кратковременного анализа, в которых сегменты речевого сигнала выделяются и обрабатываются так, как если бы они были короткими участками отдельных звуков с отличающимися свойствами. Сегменты, полученные таким образом, иногда называют временными фреймами. Результатом обработки на каждом интервале является число, или массив чисел, которые отражают значения тех или иных параметров речевого сигнала в пределах анализируемого временного сегмента. Таким образом, подобная обработка приводит к новой, зависящей от времени последовательности, которая может служить характеристикой сигнала. Очевидным преимуществом является сжатое представление речевого сигнала, отражающее его определенные свойства и позволяющее оптимизировать дальнейшую обработку речевой информации.

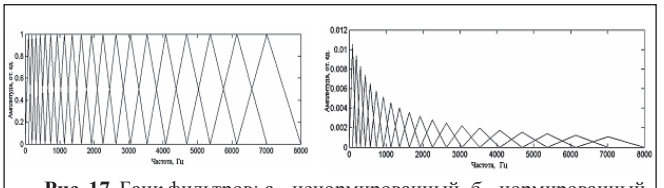


Рис. 17. Банк фильтров: *а* – ненормированный, *б* – нормированный

Общее выражение для кратковременного анализа может быть записано в следующей форме [39]:

$$Q_n = \sum_{m=n-N+1}^{n} T[s(m)] w(n-m), \quad (13)$$

где Q_n – значение характеристического параметра речевого сигнала, *s(m)* – отчеты исходного речевого сигнала, *w(n)* – весовое окно, $T[\ ]$ – некоторое преобразование сигнала, N – длина весового окна в отсчетах. Применение весового окна позволяет локализовать во времени изменения параметров речевого сигнала.

Ниже приведены и рассмотрены наиболее эффективные и широко используемые методы кратковременного анализа:

- среднее число пересечение нуля;
- кратковременная энергия;
- кратковременная автокорреляция.

Среднее число пересечений нуля позволят оценить скорость изменений в речевом сигнале. На основе вычисленной оценки можно классифицировать речевой фрагмент на вокализованную и невокализованную речь. Число пересечений нуля определяется следующим выражением [40]:

$$Z = \frac{1}{2}\sum_{m=0}^{N-1} |sign[s(m)] - sign[s(m-1)]|, \quad (14)$$

где *sign [ ]* – операция определения знака, которая определяется следующим выражением:

$$sign[a] = \begin{cases} 1, a \geq 0 \\ -1, a < 0 \end{cases}. \quad (15)$$

Качественный анализ получаемых значении числа пересечения нуля показывает, что большое число пересечений соответствует невокализованной речи, которая характеризуется шумовой природой. Малое число пересечений указывает, что анализируемый фрагмент является вокализованной речью [41]. Порог принятия решения о вокализованной/невокализованной речи определяется опытным путем. Недостатком данного метода является чувствительность к шуму. Оценки в зашумленном сигнале могут быть неверными.

Речевой сигнал является динамическим процессом, поэтому амплитуда сигнала может претерпевать значительные изменения, следовательно, и энергия сигнала также будет изменяться в зависимости от времени. Подобные изменения сигнала хорошо описываются функцией кратковременной энергии, которая определяется следующим выражением [42]:

$$E_n = \sum_{m=n-N+1}^{n} [x(m)]^2 w(n-m). \quad (16)$$

Важным параметром при вычислении кратковременной энергии является длина весового окна. Слишком малая длина окна не дает достаточного усреднения, и функция в целом является зашумленной. В то же время слишком большое окно не позволяет точно локализовать во времени изменения сигнала.

Кратковременная автокорреляция определяется следующим выражением:

$$R_n(\tau) = \sum_{m=n-N+1}^{n} x(m)x(m+\tau). \quad (17)$$

Автокорреляционная функция позволяет выявлять периодические составляющие в сигнале. Если в речевом сигнале содержится компонента с периодом T, то для автокорреляционной функции выполняется следующее выражение:

$$R_n(\tau) = R_n(\tau + T). \quad (18)$$

Автокорреляционная функция обладает следующими свойствами:

- является четной функцией;
- достигает максимального значения при $\tau = 0$;
- величина $R_n(0)$ равна полной энергии детерминированного сигнала и средней мощности для случайного или периодического сигнала.

Достоинства кратковременного анализа:

- простота вычисления.

Недостатки:

- чувствительность к шуму.

Кратковременный анализ используется чаще всего для оценки и отслеживания периода основного тона [43].

2.4. Анализ на основе коэффициентов линейного предсказания

Основной принцип линейного предсказания заключается в том, что текущий отсчет речевого сигнала может быть аппроксимирован при помощи линейной комбинации предыдущих отсчетов. Коэффициенты линейного предсказания являются весовыми коэффициентами в линейной комбинации отсчетов. Данные коэффициенты определяются однозначно на основе критерия минимизации квадрата разности между отсчетами речевого сигнала и его аппроксимированными значениями. Основной принцип анализа с помощью коэффициентов линейного предсказания хорошо согласуется с моделью, представленной на рис. 9. Речевой тракт является линейной системой с меняющимися параметрами, которая подвергается возбуждению либо периодическим сигналом, либо случайным шумом.

Принимая модель, изображенную на рис.9 и введенные обозначения, можно записать на основе коэффициентов линейного предсказания [1]:

$$s(n) = \sum_{i=0}^{P} a_i s(n-i) + Gu(n), \quad (19)$$

где p – порядок модели, a_i – коэффициенты линейного предсказания. Таким образом, система, являющаяся линейным предсказателем, описывается следующим выражением:

$$s(n) = \sum_{i=1}^{P} \alpha_i s(n-i) \ . \quad (20)$$

Системная функция описывается следующим выражением:

$$P(z) = \sum_{i=1}^{P} \alpha_i z^{-i} \ . \quad (21)$$

Ошибка аппроксимации вычисляется как:

$$e(n) = s(n) - \hat{s}(n) = s(n) - \sum_{i=1}^{P} \alpha_i s(n-i). \quad (22)$$

Ошибку можно трактовать, как сигнал на выходе системы с передаточной функцией:

$$A(z) = 1 - \sum_{i=1}^{P} \alpha_i z^{-i} \ . \quad (23)$$

Таким образом, если сигнал удовлетворяет модели (19) и $a_i = \alpha_i$, то $e(n) = Gu(n)$, тогда $A(z)$ является обратным фильтром для передаточной функции системы речеобразования:

$$H(z) = G / A(z). \quad (24)$$

Основной задачей анализа на основе коэффициентов линейного предсказания является получение коэффициентов $\{\alpha_i\}$ по речевому сигналу для получения спектральных оценок системы речеобразования с помощью выражения (12).

Достоинства линейного предсказания:

- позволяют эффективно оценивать важнейшие параметры речи, такие как спектр, форманты, частота основного тона. [44] [45] [46];
- позволяют сжато представлять речевой сигнал для низкоскоростной передачи данных [47];
- высокая точность получаемых оценок.

Недостатки:

- спектральная модель не точна в области маленьких энергий [48].

2.5. Вейвлет-анализ

В спектральном анализе сигналов, как и в квантовой механике, существует принцип неопределенности, не позволяющий одновременно разрешить сигнал и по частоте и по времени с бесконечной точностью. Сложность, на которую наталкивается оконное преобразование Фурье, являющееся одним из самых распространенных до последнего времени методов частотно-временного анализа сигналов, заключается в фиксированной ширине оконных функций. Следовательно, во всем диапазоне частот разрешение, как по времени, так и по частоте, остается постоянным. В действительности, хотелось бы иметь возможность адаптировать ширину базисных функций в зависимости от частоты: при рассмотрении высокочастотных короткоживущих процессов нет необходимости в хорошем разрешении сигнала по частоте, однако, желательно как можно точнее разрешить его по времени. И, наоборот, в случае работы с сигналами низкой частоты, характерные времена, изменения которых очень велики, нужно высокое частотное разрешение, и вовсе не требуется хорошая точность для временной локализации. Этот подход получил название вейвлет-анализа. Вейвлет-преобразование функции *f(t)* определяется выражением [49]:

$$W_{a,b}[f(t)] = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\phi(\frac{t-b}{a})dt, \quad (25)$$

где параметр *a* называется масштабом и является аналогом обратной частоты в преобразовании Фурье, параметр *b* есть центр временной локализации. На рис. 18 изображены вейвлеты при различных масштабах, а так же соответствующие им спектры.

Функция (*t*) называется материнским вейвлетом и удовлетворяет условию:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \phi(t)dt = 0. \quad (26)$$

В отличие от оконного преобразования Фурье, где ширина оконной функции постоянна, базисные функции вейвлет-анализа имеют адаптивную ширину и являются сдвинутыми и растянутыми модификациями одной единственной функции – материнского вейвлета:

$$\phi_{a,b} = \frac{1}{\sqrt{a}}\phi\left(\frac{t-b}{a}\right). \quad (27)$$

Это обстоятельство дает определенную гибкость при частотно-временном анализе сигнала, поскольку в зависимости от частоты, ширина базисной функции автоматически подстраивается под характерные времена рассматриваемого процесса и позволяет фокусироваться на анализируемом событии. Наряду с непрерывным вейвлет-преобразованием (2) существует также его дискретная форма, чаще применяемая к цифровым сигналам, получающаяся при наложении ограничений на параметры *a* и *b*: *a=2j, b=k·2j*, где *k, j* принадлежат к множеству целых чисел. Тогда любая непрерывная функция *f(t)* может быть представлена в виде вейвлет-ряда. В практических задачах, однако, суммирование удобнее прервать на некотором конечном масштабе J. Для этой цели вводится скейлинг-функция *φ(t)*, которая подчиняется условию:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \varphi(t)dt = 1. \quad (28)$$

Скейлинг-функция и материнский вейвлет удовлетворяют, так называемым, двухуровневым соотношениям:

$$\phi(t) = \sqrt{2}\sum_k g_k \varphi(2t-k), \ \varphi(t) = \sqrt{2}\sum_k h_k \varphi(2t-k), \quad (29)$$

где h_k, g_k являются коэффициентами низкочастотных и высокочастотных фильтров вейвлет-преобразования. В отличие от других видов преобразований, где базисные функции задаются явно, получить аналитически базисные функции в вейвлет-анализе удается лишь в редких случаях, и чаще всего базис задается именно коэффициентами h_k, g_k, которые полностью определяют дискретное вейвлет-преобразование. Непрерывная функция *f(t)* представима в виде суперпозиции вейвлетов и скейлинг-функций следующим образом:

$$f(t) = \sum_k c_{J,k}\varphi_{J,k}(t) + \sum_{j=-\infty}^{J}\sum_k d_{j,k}\phi_{j,k}(t), \quad (30)$$

где набор базисных функций, определяющихся через материнский вейвлет и скейлинг функцию, вычисляется следующим образом:

$$\varphi_{j,k}(t) = \frac{1}{2^{j/2}}\varphi(2^{-j}t-k), \ \phi_{j,k} = \frac{1}{2^{j/2}}\phi(2^{-j}-k), \quad (31)$$

а вейвлет-коэффициенты и коэффициенты при скейлинг-функциях задаются интегралами:

$$c_{j,k} = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\varphi_{j,k}(t)dt, \ d_{j,k} = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\phi_{j,k}(t)dt. \quad (32)$$

При численном расчете коэффициентов нет необходимости считать интегралы. Для этого разработаны алгоритмы быстрого вейвлет-преобразования, позволяющие провести разложение цифрового сигнала длины N за (Nlog N) операций:

$$c_{j+1,k} = \sum_n h_{n-2k}c_{j,n}, \ d_{j+1,k} = \sum_n g_{n-2k}c_{j,n}, \quad (33)$$

где h_n, g_n – коэффициенты разложения. Восстановить цифровой сигнал по его вейвлет-коэффициентам можно, используя быстрый алгоритм обратного вейвлет-преобразования:

$$c_{j,k} = \sum_n c_{j+1,n}h_{k-2n} + \sum_n d_{j+1,n}g_{k-2n}. \quad (34)$$

На рис. 19 показаны два последовательных этапа аппроксимации сигнала при помощи детализирующих и аппроксимирующих коэффициентов.

Достоинства вейвлет-анализа:

- переменное частотно-временное разрешение [50];
- наличие быстрых алгоритмов вычисления [51];
- позволяет осуществлять сжатие речевого сигнала [52].

Недостатки:

- октавное изменение частотного диапазона.

2.6. Квантование векторов

После извлечения признаков речевого сигнала происходит их дальнейший анализ и обработка. На данном этапе могут применяться два типа алгоритмов и моделей:

- модели / алгоритмы, которые покрывают весь набор возможных значений векторов признаков;

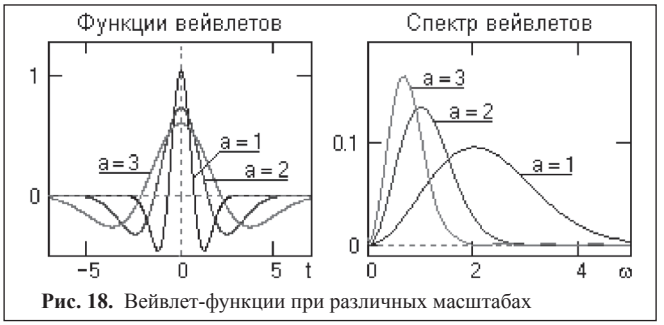


Рис. 18. Вейвлет-функции при различных масштабах

Рис. 19. Аппроксимация сигнала вейвлет коэффициентами

- модели / алгоритмы, которые покрывают фиксированное множество значений векторов признаков.

Второй тип применяемых алгоритмов и моделей имеет важное преимущество в том, что для их реализации и выполнения требуется меньшее количество вычислительных ресурсов, а также меньшее количество памяти для хранения данных. Однако существуют также и недостатки данного типа алгоритмов и моделей, наиболее существенный из которых выражается в возможной потере исходной информации, при уменьшении исходного числа возможных значений вектора признаков. Находя оптимальный компромисс между сжатием исходных данных и потерей информации в зависимости от решаемой задачи можно эффективно решать задачи по обработке речи.

Для дополнительного квантования значений вектора акустических признаков речевого сигнала применяется метод квантования векторов, суть которого заключается в кластеризации входных значений вектора признаков и дальнейшей замене значений исходного вектора признаков значением, ассоциированным с данным кластером, которому принадлежат значения данного вектора признаков.

На рис. 20 изображена схема квантования значений исходного вектора признаков.

Множество возможных кодовых слов называется кодовой книгой. Критерием для нахождения вектора из кодовой книги является расстояние между исходным вектором и векторами из кодовой книги в выбранной метрике. Вектор, доставляющий минимальное расстояние, является искомым. На рис. 21 приведен пример кодовой книги в двумерном пространстве.

Рис. 20. Схема квантования значений вектора признаков: где $\overline{V}_i$ – значения исходного вектора признаков, $\overline{U}_n$ – вектор из кодовой книги, называемый кодовым словом, который соответствует входному вектору признаков

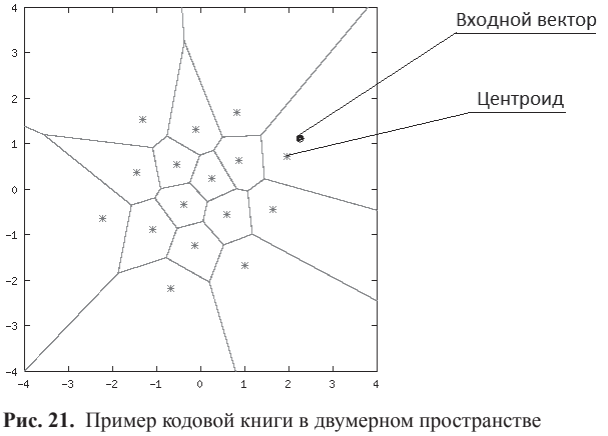


Рис. 21. Пример кодовой книги в двумерном пространстве

Квантование векторов применяется для распознавания речи [53], [54], идентификации диктора [55], а также сжатия речевой информации [56].

Достоинства квантования векторов признаков:

- сжатие данных;
- моделирование распределения плотности вероятности входного потока данных.

Недостатки:

- возможна потеря информации.

2.7. Нелинейный анализ

Большинство применяемых в настоящее время методов для анализа и исследования речевых сигналов относится к типу линейных, основанных на модели источник-фильтр как на рис. 9, при этом принимаются следующие предположения [57].

- источник голосового возбуждения и речевой тракт независимы, что позволяет произвести разделение: источник и фильтр;
- воздушный поток через речевой тракт является ламинарным;
- голосовые связки вибрируют строго гармонически;
- параметры речевого тракта меняются медленно.

Однако принятые упрощения приводят к потере ценной информации о речевом сигнале, которая могла бы использоваться в дальнейшем анализе или обработке. Было исследовано взаимодействие источника возбуждения и речевого тракта [58]. Также было показано с помощью физических опытов, что течение воздушного потока по речевому тракту имеет сложное турбулентное движение [59]. Применение нелинейных методов анализа и обработки речевой информации продиктовано следующими соображениями:

- нелинейностью систем генерации речевого сигнала;
- нелинейностью каналов передачи речевого сигнала;
- нелинейностью человеческого восприятия речевого сигнала.

В настоящее время наиболее часто используются следующие нелинейные модели речевого сигнала:

- нелинейная гармоническая модель [60];
- модель на основе частотно модулированного и амплитудно-модулированного компонента [61];
- модель на основе хаоса [62].

Базисом для нелинейной гармонической модели служит предположение, что речевой сигнал может быть представлен как сумма гармонических синусоид [63]:

$$h(n) = \sum_{k=-L(n_i)}^{L(n_i)} A_k[n] e^{j2\pi f_0(n_i)(n-n_i)}, \qquad (35)$$

где $L(n_i)$ определяет количество гармоник, $n = ni, f_0(n_i)$ – частота основного тона при $n = n_i$, амплитуда определяется выражением:

$$A_k[n] = a_k(n_i) + (n - n_i) b_k(n_i), \qquad (36)$$

где $a_k(n_i)$ и $b_k(n_i)$ – в общем случае комплексные числа, определяющие амплитуду k-ой гармоники и ее первую производную соответственно. Длина анализируемого окна должна быть равна двум периодам частоты основного тона, которая может быть определена заранее. Для эффективного описания речевого сигнала должен быть рассмотрен весь спектр, где число гармоник может быть определено следующим образом:

$$L(n_i) = \left\lfloor \frac{f_s}{2 f_0(n_i)} \right\rfloor, \quad (37)$$

где $\lfloor \ \rfloor$ – округление к наименьшему целому, *fs* – частота дискретизации. Комплексную амплитуду путем минимизации взвешенной квадратичной ошибки получают из выражения:

$$L(n_i) = \left\lfloor \frac{f_s}{2 f_0(n_i)} \right\rfloor, \quad (38)$$

где *s[n]* – отсчеты исходного сигнала, *h[n]* – отсчеты оцененного гармонического сигнала, *w[n]* – отсчеты весового временного окна, T_0 – локальный период частоты основного тона:

$$T_0 = f_s / f_0(n_i). \quad (39)$$

Основой второй модели является предположение, что в области резонанса речевой сигнал может быть разложен на частотно модулированные и амплитудно-модулированные компоненты [64]. Главным инструментом для анализа принимается оператор энергии Тигера-Кайзера [62]:

$$\psi\{x[n]\} = x^2[n] - x[n-1]x[n+1]. \quad (40)$$

На основе данного оператора был разработан алгоритм Discrete Energy Separation Algorithm (DESA) [65] для разделения AM (амплитудно) и FM (частотно модулированных) компонентов, который описывается следующими выражениями:

$$G[n] = 1 - \frac{\psi\{y[n]\} + \psi\{y[n+1]\}}{4\psi\{x[n]\}}, \quad (41)$$

$$\Omega[n] \approx \arccos(G[n]), \quad (42)$$

$$|a[n]| \approx \sqrt{\frac{\psi\{x[n]\}}{1 - G^2[n]}}, \quad (43)$$

где *y[n] =x[n] - x[n-1]*, *Ω[n]* – мгновенная частота, а *[n]* – мгновенная амплитуда. Описанный алгоритм DESA применяется при анализе речевого сигнала в области резонанса амплитудных и частотных компонентов. Получение отдельного резонанса осуществляется путем пропускания речевого сигнала через фильтр Габора импульсным откликом:

$$h_G[n] = \exp(-b^2 n^2)\cos(\Omega_C n), \quad (44)$$

где *b* – ширина полосы пропускания фильтра, Ω_c – центральная частота фильтра.

Заключение

Рассмотренные в данной работе основные подходы к обработке и анализу речевых сигналов могут быть полезными при решении разнообразнейших задач, связанных с принятием решений на основе анализа информационных потоков, и в других областях науки и техники.

Литература

1. Рабинер Л. Р. Цифровая обработка сигналов: пер. с англ. / под ред. М. В. Назаров, Ю. Н. Прохорова. – Радио и Связь, 1981.

2. Шестопалов А. Как работает речевой тракт человека / А. Шестопалов // Как работают вещи: статьи и обзоры век [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: http://howitworks.iknowit.ru/paper1050.html. – Дата доступа: 08.08.2011.

3. Фланаган Дж. Л. Анализ, восприятие и синтез речи: пер. с англ. / под. ред. А. А. Пирогова. – Связь. – Москва, 1968.

4. Котельников, В. А. О пропускной способности «эфира» и проволоки в электросвязи. // Материалы к 1 Всесоюзному съезду по вопросам реконструкции дела связи и развития слаботочной промышленности. М.: Управление связи РККА, 1933.

5. ElobeidAbdelR. TowardsaParametricRepresentationofArabicSpeechSignals / AbdelR. Elobeid, ImanA. Maaly // SudanEngineeringSociety. – 1996. – Vol. 40, No. 34.

6. Story Brad H. A parametric model of the vocal tract area function for vowel and consonant simulation / Brad H. Story // Acoustical Society of America. – 2005. – No 5. – P. 3231-3254.

7. Zen Heiga. The HMM-basedSpeech Synthesis System (HTS) Version 2.0 / Heiga Zen // 6th ISCA Workshop on Speech Synthesis, Bonn, 22-24 august. – 2007.

8. VelonisAndreas. VoiceCampus: An Automated Interactive Voice Response System for Students [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа: http://www.google.ru/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CC8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.cardisoft.eu%2Fimages%2Fwhite_papers%2FVoiceCampus_An_Automated_Interactive_Voice_Response_System_for_Students.pdf&rct=j&q=VoiceCampus%3A%20An%20Automated%20Interactive%20Voice%20Response%20System%20for%20Students&ei=y_JDTrKvA-Pu0gGN8eSqCQ&usg=AFQjCNH_8K6bJi9tMVt6K2zWqOL-0l0ujQ&cad=rja. – Датадоступа: 0108.2011.

9. Webster Gabriel. A Comparison of Methods for Speaker-Dependent Pronunciation Tuning for Text-to-Speech Synthesis / Gabriel Webster, Tina Burrows, Katherine Knill // Intercheech. – 2005.

10. D´echelotteDaniel. Improved Machine Translation of Speech-to-Text outputs / Daniel D´echelotte, Holger Schwenk, Gilles Adda, Jean-Luc Gauvain // Interspeech. – 2007.

11. SeoKi-Yeol,Intelligent Steering Control System Based on Voice Instructions / Ki-Yeol Seo, Se-Woong Oh, Sang-Hyun Suh, and Gyei-Kark Park // International Journal of Control, Automation, and Systems. – 2007. – Vol. 5. – No 5. – P. 539-546.

12. Zissman MarcA. Automatic language identification / MarcA. Zissman, Kay M. Berkling // Speech Communication. – 2001. – No 35. – P. 115-124.

13. Analysis and classification of the pathological speech using artificialintelligence methods: proceedings of Mathematical Methods and Computational Techniques in Electrical Engineerin, Athens, Greece, 29-31 December, 2001 / Nikos E. Mastorakis. – Athens. – 2001. – P. 5591-5595.

14. RavikumarK.M. An Approach for Objective Assessment of Stuttered Speech Using MFCCFeatures / K.M Ravikumar, R.Rajagopal, H.C.Nagaraj // DSP Journal. – 2009. Vol. 9. – No. 1.

15. Speaker Identification Using Mel Frequency Cepstral Coefficients : proceedings of 3rd International Conference on Electrical & Computer Engineering, Dhaka, Bangladesh, 28-30 December, 2004.

16. Speaker Verification System Using Discrete Wavelet Transform And Formants Extraction Based On The Correlation Coefficient : proceedings of the Intenational MultiConference of Engineers and Computer Scientists, Hong Kong, 16-18 March, 2011 / S. I. Ao, Oscar Castillo, Craig Dougla, David Dagan Feng and Jeong-A Lee. – 2011. – P. 1001-1005.

17. Wahyudi. Intelligent Voice-Based Door Access Control System Using Adaptive-Network-based Fuzzy Inference Systems (ANFIS) for Building Security / Wahyudi, Winda Astuti Syazilawati Mohamed // Journal of Computer Science. – 2007. – Vol. 3. No. 5. – P. 274-280.

18. Forensic Speaker Recognition Based on a Bayesian Framework and Gaussian Mixture Modelling (GMM) : proceedings of the Speaker Recognition Workshop, Crete, Greece, 18-22 June, 2001. – P. 145-150.

19. Forensic Automatic Speaker Recognition : proceedings of the Speaker Recognition Workshop, Crete, Greece, 18-22 June, 2001. – P. 139-142.

20. GorodnichyDmitry O. C-BET evaluation of voice biometrics / Dmitry O. Gorodnichy, Michael Thieme, Dave Bissessar, Jessica Chung, Elan Dubrofsky, Jonathon Lee // SPIE Defence, Security & Sensing Conference, Special Track on Biometric Technology for Human Identification VIII (DS108), Orlando. – 25-29April, 2011.

21. Li Stan, Encyclopedia of Biometrics / Stan Li, ElsevierPublisher. – Springer, 2009. – 1433 p.

22. Performance Of Nonlinear Speech Enhancement Using Phase Space Reconstruction : proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 6-10 April. 2003. – P. 872-875.

23. Speech Compression Using Linear Predictive Coding: proceedings of the International Workshop on Machine Intelligence Research. – 2009.

24. Forensic Speech And Audio Analysis Forensic Linguistics: 13th INTERPOL Forensic Science Symposium, Lyon, France, 16-19October, 2001.

25. A review of the current scientific status and fields of application of Polygraphic Deception Detection : The British Psychological Society Working Party. – 6 October, 2004.

26. KumarMayank. Architecture of Speech-based registration system / Mayank Kumar, D B Mahesh Kumar, Ashwin S Kumar, N K Srinath // World Academy of Science, Engineering and Technology. – 2008. – No. 42.

27. Security System Using Biometric Technology: Design and Implementation of Voice Recognition System (VRS) : Proceedings of the International Conference on Computer and Communication Engineering, Kuala Lumpur, Malaysia, 13-15 May, 2008.

28. Awasthy Neeta. Spectral Analysis of Speech: A New Technique / Neeta Awasthy, J.P.Saini, D.S.Chauhan // International Journal of Information and Communication Engineering. – 2006.

29. Давыдов А.В. Цифровая обработка сигналов: Спектральное представление сигналов. / А.В. Давыдов // Екатеринбург: УГГУ, ИГиГ, кафедра геоинформатики [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: http://www.prodav.narod.ru/dsp/index.html. – Дата доступа: 08.08.2011.

30. Using Phase Spectrum Information For Improved Speech Recognition Performance : The 35th International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Dallas, USA, 14 – 19 March, 2010.

31. The Effectiveness of Higher Order Spectral Phase Features in SpeakerIdentification : The Speaker and Language Recognition Workshop, Toledo, Spain 31 May – 3 June, 2004.

32. Loong Justin Leo Cheang. Comparison of MFCC and Cepstral Coefficients as a Feature Set for PCG Biometric Systems / Justin Leo Cheang Loong, Khazaimatol S Subari, Muhammad Kamil Abdullah, Nurul Nadia Ahmad, Rosli Besar // World Academy of Science, Engineering and Technology. – 2010.

33. Makhijani Rashmi. Speech Enhancement Using Pitch Detection Approach For Noisy Environment / Rashmi Makhijani // International Journal of Engineering Science and Technology. – 2011. Vol. 3. – No. 2.

34. Hybrid Scalar/Vector Quantization of Mel-Frequency Cepstral Coefficients for Low Bit-Rate Coding of Speech: Data Compression Conference, March 29 - 31, 2011.

35. Klapuri A. P. Multiple fundamental frequency estimation based on harmonicity and spectral smoothness / A. P. Klapuri // IEEE Trans. Speech and Audio Proc. – 2003. – Vol. 11. – No. 6. – P. 804–816.

36. Hidden Markov Model Toolkit // Cambridge University. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://htk.eng.cam.ac.uk/. – Дата доступа: 19.08.2011.

37. Sphinx-4 // Carnegie Mellon University, Sun Microsystems Laboratories, Mitsubishi Electric Research Labs, Hewlett Packard. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cmusphinx.sourceforge.net/sphinx4/. – Дата доступа: 19.08.2011.

38. Sukittanon Somsak. Modulation-Scale Analysis for Content Identification / Somsak Sukittanon, Les E. Atlas, James W. Pitton // IEEE Transactions On Signal Processing. – 2004. – Vol. 52. – No. 10.

39. Singh S. K. Features and Techniques for Speaker Recognition / S. K. Singh // Credit Seminar Report, Electronic Systems Group, EE Dept, IIT Bombay. – 2003.

40. Sharma Kapil. Comparative Study Of Speech Recognition System Using Various Feature Extraction Techniques / Kapil Sharma, H.P.Sinha, R.K. Aggarwal // International Journal of Information Technology and Knowledge Management. – July-December, 2010. – Vol. 3. – No. 2. – P. 695-698.

41. Separation of Voiced and Unvoiced using Zero-Crossing Rate and Energy of the Speech Signal : proceedings of the American Society for Engineering Education (ASEE). – 2008.

42. Segmentation of Continuous Punjabi Speech Signal into Syllables: Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science, San Francisco, USA 20-22 October, 2010.

43. Pitch Detection Algorithm: Autocorrelation Method And AMDF: proceedings of The 3rd International Symposium on Communications and Information Technologies. – 2003.

44. Improving LPC Spectral Envelope Extraction Of Voiced Speech By True-Envelope Estimation : proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Toulouse, France, 14-19 May, 2006.

45. Funaki Keiichi. Robust F0 Estimation Based on Complex LPC Analysis for IRS Filtered Noisy Speech / Keiichi Funaki, Tatsuhiko Kinjo // IEICE Trans. Fundamentals. – 2007. – Vol. E90-A. – No.8.

46. Fast Formant Estimation by Complex Analysis of LPC Coefficients : proceedings of the 12th European Signal Processing Conference, Vienna, Austria, 6-10September, 2004.

47. Sheikhan Mansour. Enhancement of LPC-10 Speech Coder Using LSP Parameters and Neural Vector Quantizers / Mansour Sheikhan, Dovood Gharavian, Ali Eslamzabeh // World Applied Sciences Journal. – 2010. – No. 10. – P. 41-48.

48. Пикон Юзеф. Методы моделирования сигнала в распознавании речи / Юзеф Пикон : пер. Руслан Попов. – 2000. – 20 с.

49. Давыдов А.В. Цифровая обработка сигналов: Лекции по вейвлетам. / А.В. Давыдов // Екатеринбург: УГГУ, ИГиГ, кафедра геоинформатики [Электронный ресурс].– 2007. – Режим доступа: http://www.prodav.narod.ru/dsp/index.html. – Дата доступа: 26.01.2010.

50. KaramJalal. Various Speech Processing Techniques For Speech Compression And Recognition / JalalKaram // World Academy of Science, Engineering and Technology. – 2007. – No. 36.

51. RioulOlivier. Fast Algorithms for Discrete and Continuous Wavelet Transforms / Olivier Rioul, Pierre Duhamel // IEEE Transactions On Information Theory. – 1992. – Vol. 38. – No. 2.

52. KhalifaOthman O.Compression using Wavelet Transform / Othman O. Khalifa, Sering Habib Harding, Aisha-Hassan A. Hashim // Signal Processing: An International Journal. – 2008. – Vol. 2. – No. 5.

53. Debyeche Mohamed. Improved Vector Quantization Approach for Discrete HMM Speech Recognition System / Mohamed Debyeche, Jean-Paul Haton, Amrane Houacine // The International Arab Journal of Information Technology. – 2007. – Vol. 4. – No. 4.

54. PanShing-Tai. Fuzzy Vector Quantization on the Modeling of Discrete Hidden Markov Model for Speech Recognition / Shing-Tai Pan // International Journal of Fuzzy Systems. – 2011. – Vol. 13. – No. 2.

55. GillManjot Kaur. Vector Quantization based Speaker Identification / Manjot Kaur Gill, Reetkamal Kaur, Jagdev Kaur // International Journal of Computer Applications. – 2010. – Vol. 4. – No. 2.

56. KekreH. B. Speech Data Compression using Vector Quantization / H. B. Kekre, Tanuja K. Sarode // International Journal of Computer and Information Engineering. – 2008. – Vol. 2. – No. 8.

57. McLaughlin Steve. Nonlinear methods for speech analysis and synthesis / Steve McLaughlin, Petros Maragos // Advances in Nonlinear Signal and Image Processing ; edited by Stephen Marshall, Giovanni L. Sicuranza. – Hindawi Publishing Corporation, 2006. – Ch. 5. – P. 103-136.

58. KoizumiT. Glottal source – vocal tract interaction / T. Koizumi, S. Taniguchi, and S. Hiromitsu// The Journal of the Acoustical Society of America. – 1985. – Vol. 78. – No. 5. – P. 1541–1547.

59. TeagerH. M.Evidence for nonlinear sound production mechanisms in the vocal tract // H. M. Teager and S. M. Teager // Speech Production and Speech Modelling. – 1989.,vol. 55. – P. 241–261.

60. StylianouYannis. Harmonic plus Noise Models for Speech, combined with Statistical Methods, for Speech and Speaker Modification / Yannis Stylianou // Nationale Superieure des Telecommunications. – 1996.

61. On a simple algorithm to calculate the 'energy' of a signal: proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. – 1990.

62. Dimitriadis Dimitrios. Modulation And Chaotic Acoustic Features For Speech Recognition / Dimitrios Dimitriadis, Petros Maragos, Vasilis Pitsikalis, Alexandros Potamianos // Journal of Control and Intelligent Systems. – 2002.

63. Discontinuity Detection In Concatenated Speech Synthesis Based On Nonlinear Speech Analysis : proceedings of the Interspeech. – 2005.

64. Speech nonlinearities, modulations and energy operators: proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. – 1991.

65. On separating amplitude from frequency modulations using energy operators: proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. – 1992.

ЭКНИС
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ
ЭКОНОМИЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ. УСТРОЙСТВА ПЛАВНОГО ПУСКА
ABB drives alliance
Sales and Support
ООО «ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ «ЭКНИС» ВЫПОЛНЯЕТ:
– Техническое консультирование.
– Выбор технического решения.
– Разработку проектной документации.
– Комплексную поставку согласованного оборудования.
– Шеф-монтажные и пуско-наладочные работы.
– Сервисное техническое консультирование.
– Гарантийное и послегарантийное обслуживание.

Компактная серия: PSR…PSR105 1,5-22 кВт.
Универсальная серия: PSS 18/30…PSS300/515 7,5-160 кВт.
Усовершенствованная серия: PST30…PSTB1050B 15-560 кВт.
ООО «Электротехническая компания «ЭКНИС» г. Минск УНП 190575885
Тел.: +375 (17) 288-15-22, +375 (29) 689-18-90, www.ecnis.biz, e-mail: office@ecnis.biz

АПЕРИОДИЧЕСКИЕ АНАЛОГОВЫЕ ФИЛЬТРЫ

В.Голуб, к. т. н., Научно-производственная фирма VD MAIS,
e-mail: V.Golub@vdmais.kiev.ua

Рассмотрены принципиальные различия между аналоговыми, апериодическими и дискретными (в том числе, цифровыми) периодическими фильтрами. Рассмотрены основы аналоговых фильтров, широко применяемых в современной технике. Рассмотрены их схемные построения, а также характеристики в зависимости от вида фильтрации, аппроксимации и порядка. Рассмотрены также некоторые специальные применения фильтров. Работу можно рассматривать в качестве введения в аналоговые фильтры.

Введение

Фильтры подразделяют на аналоговые и цифровые [1]. Первые из них имеют апериодические передаточные функции и, соответственно, апериодические АЧХ и ФЧХ, вторые – периодические или, иначе, гребенчатые. Периодические (гребенчатые) функции могут иметь и нецифровые фильтры [2], причем те же функции, что и цифровые. Поэтому правильнее подразделять фильтры по другому принципу, а именно – на аналоговые и дискретные. Последние могут быть как нецифровыми, так и цифровыми.

Итак, аналоговые и дискретные фильтры имеют, соответственно, апериодические и периодические характеристики. Периодичность характеристик иногда бывает полезной [2], но в большинстве случаев с ней приходится бороться, оставляя один из «гребней» и подавляя остальные. Что же является определяющим в данном вопросе? Почему дискретные (цифровые) фильтры имеют периодические характеристики?

Основой построения фильтров являются инерциальные элементы. В аналоговых фильтрах используются элементы с затуханием, характеризуемые экспоненциальными переходными характеристиками, а в дискретных – элементы временной задержки, без затухания. В этом состоит основное (исходное) различие аналоговых и дискретных фильтров. И это определяет вид их характеристик – отсутствие или наличие периодичности.

Ниже рассмотрено построение аналоговых апериодических фильтров и получение требуемых их характеристик.

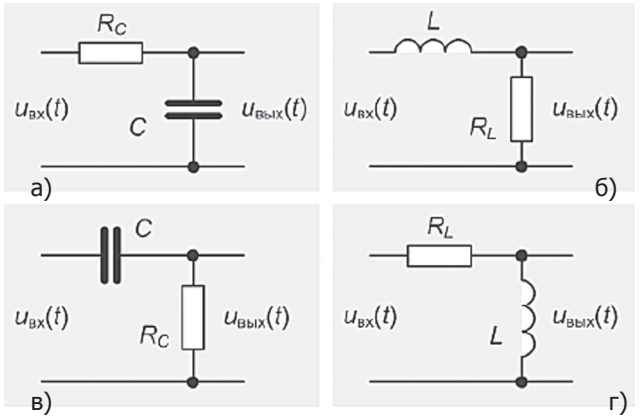


Рис. 1. Элементарные цепи фильтрации нижних (вверху) и верхних (внизу) частот первого порядка. Постоянные времени цепей τ = RCC и τ = L/RL

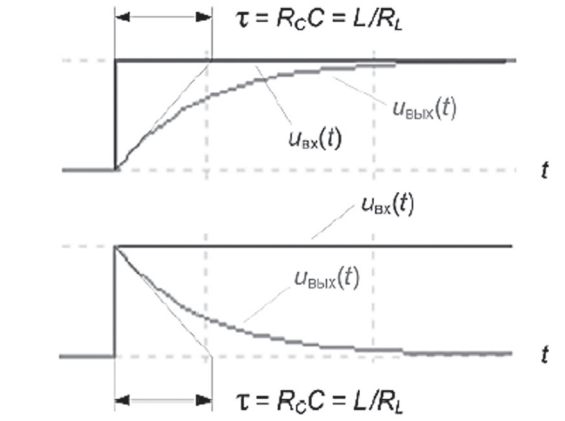


Рис. 2. Переходные характеристики цепей фильтрации нижних (вверху) и верхних (внизу) частот первого порядка, показанных на рис. 1

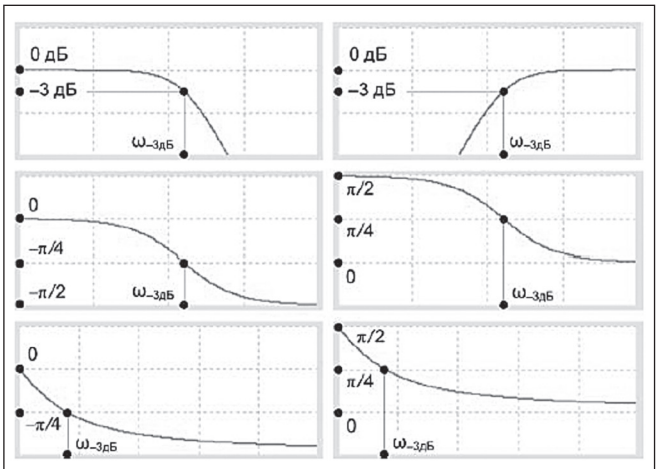


Рис. 3. АЧХ (первый ряд) и ФЧХ (второй и третий) фильтров первого порядка нижних (слева) и верхних (справа) частот. В первом и втором ряду масштаб по горизонтали – логарифмический, в третьем – линейный. Частота среза АЧХ ω–3дБ = 1/τ, где τ – постоянная времени фильтров.

Рассмотрены некоторые особенности фильтров, на которые обычно не обращается внимание. Более подробное изложение вопросов фильтрации дается в литературных источниках [1, 3, … 12].

Фильтры первого порядка

Основным (простейшим) элементом аналогового фильтра является апериодическая цепь первого порядка, которая может быть типа RCC или LRL, как показано на рис. 1. Для различия, активные сопротивления цепей обозначены по-разному – RC и RL. Цепи являются элементарными ФНЧ и ФВЧ-фильтрами нижних и верхних частот, показанными на рис. 1а, б и рис. 1в, г, соответственно.

На рис. 2 показаны переходные характеристики цепей, являющиеся функциями времени, а на рис. 3 – их частотные характеристики (АЧХ и ФЧХ).

Переходные характеристики описываются выражениями

$$u_{вых}(t) = u_{вх}(t)(1 - e^{-t/\tau}); \quad (1)$$

$$u_{вых}(t) = u_{вх}(t)e^{-t/\tau} \quad (2)$$

для цепей ФНЧ (рис. 2,а) и ФВЧ (рис. 2,б), соответственно, где

$$\tau = R_C C = L/R_L \quad (3)$$

– постоянная времени цепей, а $u_{вх}(t)$ – ступенчатое напряжение на входе.

На рис. 2 и 3 видно проявление дискретизации построенных характеристик, однако, в данном случае, дискретизация обусловлена не рассматриваемыми цепями, а используемой для построения характеристик программой моделирования [13].

Для описания передаточных функций аналоговых цепей используют преобразование Лапласа (для дискретных – z-преобразование [2]). Передаточными функциями рассматриваемых цепей (нижних и верхних частот, соответственно) являются

$$K_{нч}(p) = 1/ (1 + p\tau); \quad (4)$$

$$K_{вч}(p) = p\tau / (1 + p\tau), \quad (5)$$

где $p = j\omega$ – оператор Лапласа, а ω – круговая частота. Сумма обеих функций (4) и (5), ФНЧ и ФВЧ, равна единице.

Передаточным функциям (4) и (5) соответствуют АЧХ и ФЧХ:

$$k_{нч}(\omega) = 1/ \sqrt{[1 + (\omega\tau)^2]}; \quad (6)$$

$$k_{вч}(\omega) = (\omega\tau)/ \sqrt{[1 + (\omega\tau)^2]}; \quad (7)$$

$$\varphi_{нч}(\omega) = -arctg(\omega\tau), \quad (8)$$

$$\varphi_{вч}(\omega) = \pi/2 - arctg(\omega\tau). \quad (9)$$

Графики характеристик приведены на рис. 3. Произведение $\omega\tau$, используемое в (6), … (9), можно выразить также в виде ω/ω_0 или ω/ω–3дБ, где

$$\omega_0 = \omega - 3дБ = 1/\tau \quad (10)$$

– частота среза обеих АЧХ, показанная на рис. 3.

ФЧХ цепей (8) и (9) содержат одну и ту же функцию частоты, равную – $arctg(\omega\tau)$, а различаются ФЧХ тем, что вторая из них дополнительно содержит составляющую постоянного фазового сдвига, равную $\pi/2$. Линейный масштаб ФЧХ по оси частот (рис. 3), по сравнению с логарифмическим, дает более наглядное представление о фазовой зависимости сигнала в полосе пропускания ФНЧ (от 0 до ω -3 дБ).

Существует еще один параметр и, соответственно, характеристика (в зависимости от частоты) – временная задержка, которая равна производной от фазы с обратным знаком:

$$\tau_{зад}(\omega) = -d\varphi(\omega) / d\omega = = \tau / [1+ (\omega\tau)^2], \quad (11)$$

где $\varphi(\omega)$ – это $\varphi_{нч}(\omega)$ или $\varphi_{вч}(\omega)$, согласно (8) и (9). При

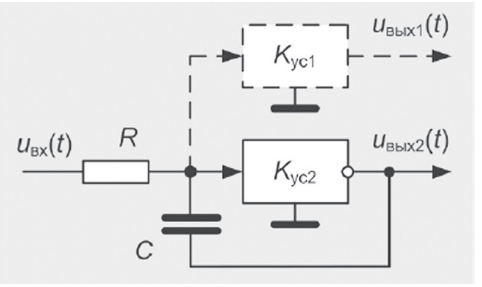


Рис. 4. Активный ФНЧ первого порядка, в котором емкость конденсатора эквивалентно увеличена в $(1 + K_{ус2})$ раз

«нулевой» частоте задержка (для ФНЧ) определяется постоянной времени цепи:

$$\tau_{зад}(0) = \tau. \quad (12)$$

Используемые фильтры первого порядка обычно являются пассивными, но не всегда. На рис. 4 показан пример активного ФНЧ первого порядка, в котором, благодаря обратной связи, эквивалентно увеличена емкость конденсатора:

$$C_{экв} = (1 + K_{ус2})C. \quad (13)$$

Передаточные функции указанного ФНЧ

$$K_{нч}(p) = K_{ус1} / (1 + pRC_{экв}); \quad (14)$$

$$K_{нч}(p) = -K_{ус2} / (1 + pRC_{экв}) \quad (15)$$

– для выходов $u_{вых1}(t)$ и $u_{вых2}(t)$, соответственно. При $K_{ус2} = 10$ эквивалентная емкость $C_{экв} = 11C$, а выходной сигнал $u_{вых2}(t)$ – инвертированный и усиленный в 10 раз. Но на выходе $u_{вых1}(t)$ он может быть без усиления и инвертирования. ФНЧ с $u_{вых2}(t)$ на рис. 4 отличается от интегратора тем, что $K_{ус2}$ имеет конечную величину.

Возможен вариант схемы, отличающийся применением операционного усилителя в инверсном включении и резистора обратной связи ($R_{обр}$). Передаточная функция ФНЧ, вместо (15), будет

$$K_{нч}(p) = -K_{ус2} / (1 + pR_{обр}C), \quad (16)$$

где $K_{ус2} = R_{обр}/R$, а $R_{обр} = RC_{экв}$.

Пассивные фильтры второго порядка

Рассмотренные выше цепи являются простейшими фильтрами первого порядка. Следующими, можно сказать, являются фильтры второго порядка. Они могут состоять из двух последовательно включенных фильтров первого порядка, как показано на рис. 5а, или быть, например, типа LCR (рис. 5б). Первые из них – это двухкаскадные фильтры. Между каскадами, как и на входе и выходе, могут включаться развязки, исключающие, в данном случае, влияние нагрузок на каскады и, следовательно, на их характеристики.

В случае применения двух однотипных (ФНЧ или ФВЧ) фильтров по схеме на рис. 5а результирующий фильтр будет того же типа (ФНЧ или ФВЧ), но, соответственно, второго порядка (об определении порядка фильтра сказано ниже). В случае применения фильтров двух типов, ФНЧ и ФВЧ, включенных последовательно, результирующий фильтр будет полосовым (ПФ), также второго порядка, но

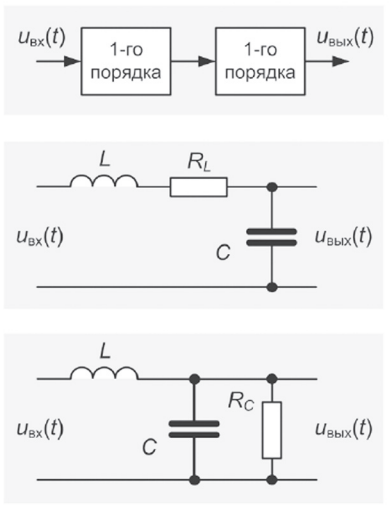


Рис. 5. Пассивные фильтры второго порядка, состоящие из двух первого порядка (вверху) и два ФНЧ типа LCR (внизу)

с меньшим, чем для ФНЧ и ФВЧ, коэффициентом передачи (его можно увеличить введением усиления). Отметим, что ПФ первого порядка не бывает.

Показанный на рис. 5б фильтр со съемом сигнала с конденсатора С является ФНЧ, но LCR фильтр может быть использован и как ФВЧ или ПФ, если снимать сигнал с элемента индуктивности L или резистора RL. Все три фильтра: ФНЧ, ФВЧ и ПФ, в отличие от предыдущего двухкаскадного, имеют один и тот же коэффициент передачи – на нулевой, «бесконечной» и средней частотах, соответственно. Если в качестве выходного сигнала использовать не напряжение, а ток цепи, он будет иметь характеристику ПФ (подобно напряжению на RL). Широко применяется вариант LCR фильтра (с RC), показанный на рис. 5в.

Показанные на рис. 5 фильтры являются пассивными (без усилительных элементов). Отметим, однако, что LCR фильтры, в отличие от RC и LR фильтров, применяются обычно с повышенной добротностью, обеспечиваемой явлением резонанса в цепи. Помимо пассивных, существуют еще и активные RC фильтры (подобно фильтру на рис. 4), в которых повышение добротности осуществляется благодаря наличию обратных связей с выхода усилительных элементов.

Но для начала рассмотрим двухкаскадные пассивные фильтры второго порядка (рис. 5а). Для двухкаскадного ФНЧ, состоящего из двух первого порядка (рис. 1а, б),

$$K_{нч}(p) = 1/ [(1 + p\tau_1)(1 + p\tau_2)] = \\ = 1/ [1 + p(\tau_1 + \tau_2) + p^2\tau_1\tau 2], \quad \textbf{(17)}$$

где τ_1 и τ_2 – постоянные времени каждого из ФНЧ первого порядка. При равенстве постоянных времени

$$K_{нч}(p) = 1/ [1 + 2p\tau + (p\tau)^2], \quad \textbf{(18)}$$

где $\tau = \tau_1 = \tau_2$.

Выражения в знаменателях (17) и (18), как и в (4) и (5), являются полиномами, откуда и название фильтров – полиномиальные. В (4) и (5) полиномы – первого порядка, а в (17) и (18) – второго. Порядок полинома в знаменателе определяет порядок фильтра. Отметим, однако, что полиномиальными называют не все типы фильтров с полиномами, а только те, числитель функции которых равен единице или постоянному коэффициенту (то есть простейшие ФНЧ разных порядков) [4].

Выражения (17) и (18) могут быть записаны иначе:

$$K_{нч}(p) = 1/ [1 + p/\omega_0 Q + (p/\omega_0)^2], \quad \textbf{(19)}$$

где

$$\omega_0 = 1/\sqrt{(\tau_1\tau_2)}; \quad \textbf{(20)}$$

$$Q = [\sqrt{(\tau_1\tau_2)}]/(\tau_1 + \tau_2). \quad \textbf{(21)}$$

– собственная частота и добротность фильтра, которые равны $\omega_0 = 1/\tau$ и $Q = 0.5$ при $\tau = \tau_1 = \tau_2$. Добротность $Q = 0.5$ является максимальной (при последовательном включении пассивных фильтров), фильтр с указанной добротностью носит название фильтра с критическим затуханием [3].

Иногда вместо добротности используют другой параметр – упоминаемое выше затухание, которое обратно-пропорционально добротности:

$$\delta = 1/ (2Q). \quad \textbf{(22)}$$

В результате, наряду с (18), используется выражение

$$K_{нч}(p) = 1/ [1 + p2\delta/ \omega_0 + (p/ \omega_0)^2]. \quad \textbf{(23)}$$

Отметим, что критическое затухание, согласно (22), равно $\delta_{крит} = 1$ при указанной выше $Q = 0.5$.

Для LCR фильтра (рис. 5б), как и для фильтра на рис. 5а, действуют те же функции (19) и (23), которые являются обобщенными, но с другими, чем (20) и (21), выражениями для ω_0 и Q:

$$\omega_0 = 1/\sqrt{(LC)}; \quad \textbf{(24)}$$

$$Q = \rho/RL, \quad \textbf{(25)}$$

где

$$\rho = \sqrt{(L/C)} \quad \textbf{(26)}$$

– «характеристическое» сопротивление LCR цепи. В данном случае, добротность может быть сколько угодно большой, определяемой явлением резонанса (при малом RL), однако, ее ограничивают весьма небольшой величиной, необходимой для выбираемого типа аппроксимации.

Для разновидности LCR фильтра, показанной на рис. 5в, параметры ω_0 и ρ – также согласно (24) и (26), но добротность

$$Q = RC/\rho \quad \textbf{(27)}$$

отличается от (25). Последнее обусловлено тем, что активное сопротивление в цепи на рис. 5б включено последовательно, а в цепи на рис. 5в – параллельно конденсатору (а также параллельно элементу индуктивности, но через источник сигнала). Соответственно, между указанными сопротивлениями существует зависимость

$$RC/RL = Q2. \quad \textbf{(28)}$$

Выражение (19) является передаточной функцией ФНЧ. Функциями для ПФ и ФВЧ, соответственно, будут

$$K_{пф}(p) = (p/\omega_0 Q)/[1 + p/\omega_0 Q + (p/\omega_0)^2]; \quad \textbf{(29)}$$

$$K_{вч}(p) = (p/\omega_0)^2/[1 + p/\omega_0 Q + (p/\omega_0)^2]. \quad \textbf{(30)}$$

Они отличаются членами в числителях функций, являющимися членами полинома в знаменателе: 1, $p/\omega_0 Q$ и $(p/\omega_0)^2$ – для ФНЧ, ПФ и ФВЧ, соответственно. Функции (19), (29) и (30) в сумме, как и (4) и (5), равны единице.

Функции ФНЧ (19) и ФВЧ (30), как и функция ПФ (29), являются «классическими», но они могут быть и другими, если для них использовать суммы функций ФНЧ и ПФ или ПФ и ФВЧ:

$$K_{НЧ}(p) = (1 + p/\omega_0 Q)/[1 + p/\omega_0 Q + (p/\omega_0)^2]; \quad \textbf{(31)}$$

$$K_{ВЧ}(p) = [p/\omega_0 Q + (p/\omega_0)^2]/ [1 + p/\omega_0 Q + (p/\omega_0)^2]. \quad \textbf{(32)}$$

Существуют также заграждающий (ЗФ) и всепропускающий (ВФ) фильтры. Первый – обратный полосовому, а второй – с равномерной АЧХ, но с переменной ФЧХ. Их передаточные функции можно получить, используя функции ФНЧ, ФВЧ и ПФ. Функцию ЗФ – вычитанием функции ПФ (29) из единицы, а функцию ВФ – сложением функций ФНЧ (19), ФВЧ (30) и вычитанием функции ПФ. Фильтры ФНЧ, ФВЧ и ПФ можно считать основными (с одним членом в числителе функции, из числа членов полинома в знаменателе), а ЗГ и ВФ – производными от них (с многочленом в числителе функции). Существуют и другие фильтры, у которых в числителе функций содержатся более сложные полиномы, но об этих фильтрах сказано ниже.

Выше рассматривались передаточные функции. Они определяют амплитудно-частотную (АЧХ) и фазово-частотную (ФЧХ) характеристики фильтров. Рассмотрим АЧХ и ФЧХ фильтров второго порядка. Отметим, что при последовательном (каскадном) включении фильтров их АЧХ, как и передаточные функции, перемножаются, а ФЧХ суммируются. Примером перемножения передаточных функций является выражение (17).

В соответствии со сказанным, АЧХ и ФЧХ для ФНЧ второго порядка определяются выражениями

$$k_{НЧ}(\omega) = 1/\sqrt{\{[1 + (\omega\tau_1)^2][1 + (\omega\tau_2)^2]\}} = 1/\sqrt{[1 + (1/Q^2 - 2)x^2 + x^4]}; \quad \textbf{(33)}$$

$$\varphi_{НЧ}(\omega) = -[arctg(\omega\tau_1) + arctg(\omega\tau_2)] = -arctg[(1/Q)/(1/x - x)], \quad \textbf{(34)}$$

в которых показан параметр $x = \omega/\omega_0$ – нормированная частота (ее часто используют и в приведенных выше выражениях передаточных функций), а ω_0 и Q – согласно, например, (20) и (21). Из выражений (33) и (34) наглядно видно, что нормированные АЧХ и ФЧХ, помимо аргумента x, зависят от добротности Q, которая и определяет их аппроксимацию.

ФЧХ для ПФ и ФВЧ второго порядка отличаются от ФЧХ для ФНЧ (34), как и для ФЧХ первого порядка (8) и (9), наличием постоянных фазовых сдвигов при той же составляющей, зависящей от частоты (в данном случае, от аргумента x):

$$\varphi_{ПФ}(\omega) = \pi/2 - arctg[(1/Q) / (1/x - x)]; \quad \textbf{(35)}$$

$$\varphi_{ВЧ}(\omega) = \pi - arctg[(1/Q) / (1/x - x)]. \quad \textbf{(36)}$$

Существует еще одна характеристика – временная задержка, аналогичная (11),

$$\tau_{зад}(\omega) = -d\varphi_{НЧ}(\omega) / d\omega = \tau_{зад0} + \Delta\tau_{зад}(\omega), \quad \textbf{(37)}$$

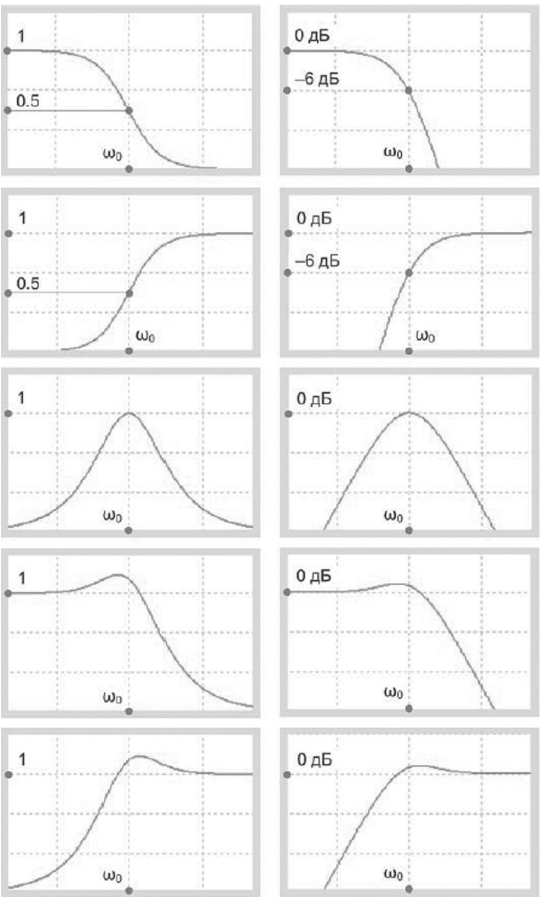


Рис. 6. АЧХ фильтров второго порядка с добротностью Q = 0.5: ФНЧ, ФВЧ, ПФ, ФНЧ + ПФ, ФВЧ + ПФ (сверху вниз, соответственно). Масштаб графиков: по горизонтали – логарифмический; по вертикали – линейный (слева), логарифмический (справа)

где $\tau_{зад0} = a_1$ – начальная задержка (при $\omega = 0$), $a_1 = 1/\omega_0 Q$ – коэффициент при втором члене полинома (см. ниже), $\Delta\tau_{зад}(\omega)$ – частотно-зависимая составляющая задержки, равная нулю при $\omega = 0$. С помощью характеристики (37) удобно оценивать линейность ФЧХ. Чем равномернее $\tau_{зад}(\omega)$, тем более линейной является ФЧХ.

На рис. 6 приведены АЧХ, соответствующие функциям (19), (29), … (32) при добротности Q = 0.5. Для наглядности, характеристики показаны в двух вариантах – с линейным (в левой части рисунка) и логарифмическим (в правой части) масштабами по вертикали. Отметим, что крутизна каждого из двух спадов, левого и правого, характеристики ПФ вдвое меньше, чем у одного спада характеристик ФНЧ и ФВЧ. Это следует учитывать при использовании полосовых фильтров. Такую же пониженную крутизну спада имеют характеристики ФНЧ и ФВЧ, описываемые функциями (31) и (32). Кроме того, характеристики (31) и (32) имеют большее «перекрытие» по частоте. Применяются обычно ФНЧ (19) и ФВЧ (30).

На рис. 7 приведены ФЧХ (34) для разных значений Q. Переменные составляющие ФЧХ, показанные на рис. 7, соответствуют также (35) и (36), которые отличаются от (34) постоянным фазовым сдвигом. Представляют интерес ФЧХ в полосе пропускания ФНЧ и ПФ. Первая

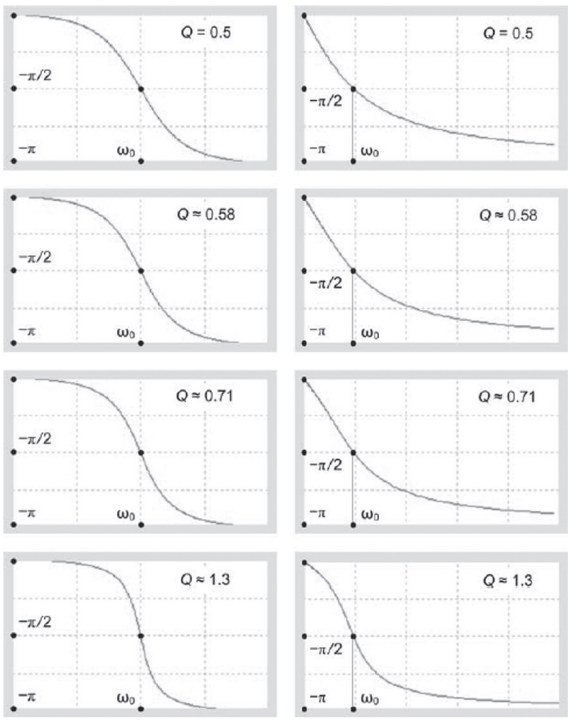


Рис. 7. ФЧХ фильтров нижних частот второго порядка – с критическим затуханием (Q = 0.5) и аппроксимациями Бесселя (Q ≈ 0.58), Баттерворта (Q ≈ 0.71) и Чебышева (Q ≈ 1.3, АЧХ «с волнистостью» 3 дБ). Слева – логарифмической шкалой по горизонтали, справа – с линейной

из них – при аппроксимациях, линеаризирующих ФЧХ (в полосе пропускания), о которых сказано ниже, другая – в области ω_0, также с линеаризированной ФЧХ (при больших Q и, соответственно, при повышенной крутизне), используемая, в частности, для амплитудно-частотного преобразования сигналов.

Активные фильтры второго порядка

Выше рассмотрены два варианта построения пассивных фильтров второго порядка. Первый из них, благодаря малой добротности, которая не может обеспечить получение требуемых аппроксимаций фильтров, применяется редко. Второй, показанный, например, на рис. 5в, находит применение в токовых цепях нагрузок.

Широко используются активные RC фильтры, которые обладают такими же характеристиками, как и пассивные LCR фильтры. Схемы обычно применяемых фильтров второго порядка показаны на рис. 8 [1, 3, 4]. Активные RC фильтры, как и пассивные, являются слаботочными (для фильтруемого сигнала), но с дополнительным потреблением усилительными элементами. При этом они обладают, подобно LCR фильтрам, возможностью реализации высоких добротностей. Активные фильтры описываются теми же общими выражениями (19), (29) и (30) передаточных функций, что и пассивные фильтры.

Первый из активных фильтров (рис. 8а) – с положительной, а второй (рис. 8б) – с отрицательной обратными связями с выхода усилителей. Однако, несмотря на различие в схемах, фильтры обладают одинаковыми фильтрующими свойствами. Дело в том, что они отличаются не только разным включением усилительных элементов, но и разными схемами применяемых RC цепей, показанными на рис. 9. Цепь на рис. 9б, по сравнению с цепью на рис. 9а, является как бы инвертированной (между выводом обратной связи и общим проводом). В результате, в активных фильтрах независимо от схемы включения усилительных элементов обеспечивается, как и в схеме на рис. 4, положительная обратная связь, благодаря которой повышается добротность фильтров.

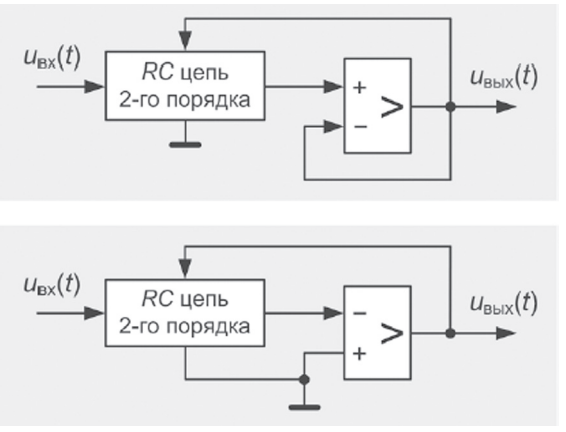


Рис. 8. Активные RC фильтры второго порядка – с положительной (на рисунке вверху) и отрицательной (внизу) обратными связями с выхода усилителей

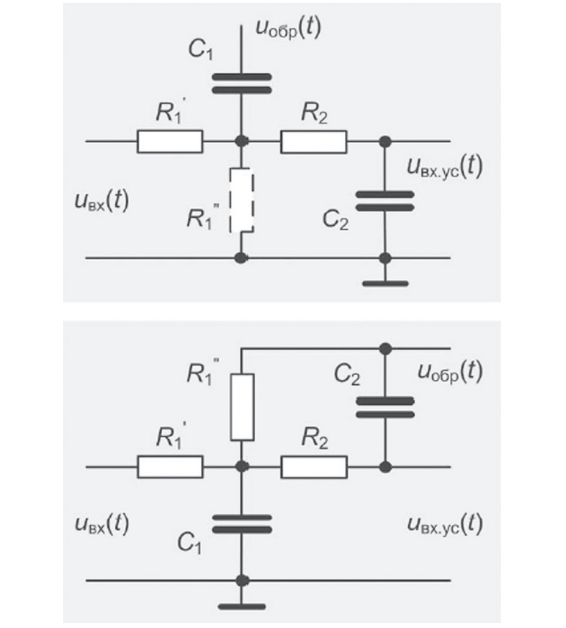


Рис. 9. Простейшие RC цепи второго порядка для ФНЧ на рис. 8 (вверху и внизу, соответственно)

Фильтры, схемы которых показаны на рис. 8 и 9, обычно используются при повышенной, но относительно невысокой добротности – примерно до $Q = 2$. В фильтрах с более высокой добротностью используются аналогичные, но видоизмененные фильтры (с дополнительными обратными связями в усилителях), а также фильтры, обусловленные другими схемными решениями. Фильтры с большой добротностью могут быть в составе многокаскадных фильтров высокого порядка.

Виды аппроксимаций

Идеализированный фильтр (ФНЧ, ФВЧ, ПФ или другого типа) характеризуется АЧХ с постоянным коэффициентом передачи в полосе пропускания (например, равным единице) и полным подавлением в полосе заграждения (подавления), а также линейной ФЧХ (в полосе пропускания). «Нулевая» ФЧХ невозможна, так как соответствует добротности фильтра, равной бесконечности. Между полосами пропускания и подавления существует переходная зона, ширина которой также не может быть равной нулю. Реальные характеристики фильтров отличаются от идеализированных. Насколько и как они близки к ним определяют так называемые аппроксимации, являющиеся математическим приближением реальных (аппроксимированных) характеристик к идеализированным. Иногда, однако, реальные фильтры, благодаря своим аппроксимациям, могут превышать возможности идеализированных фильтров (но, все-таки, с отклонениями от новой идеализации). Примером «новой идеализации» может быть, например, то, что АЧХ, обусловленная суммой двух функций, ФНЧ и ФВЧ, без учета функции ПФ, может быть равна единице.

Существуют аппроксимации Бесселя, Баттерворта, Чебышева и другие. Фильтр с аппроксимацией Бесселя обладает в полосе пропускания АЧХ (с неравномерностью от 0 до -3 дБ) максимально линейной монотонной ФЧХ. Существует аппроксимация Батерворта-Томпсона, являющаяся промежуточной между аппроксимациями Бесселя и Баттерворта. Ей соответствует несколько более линейная ФЧХ, но с некоторым нарушением ее монотонности.

Фильтр с аппроксимацией Бесселя (или фильтр Бесселя), обладает не только монотонной ФЧХ, но и монотонной АЧХ. Монотонной АЧХ обладает также и фильтр Баттерворта, причем с максимально «плоской» АЧХ в полосе пропускания. Последнее является его отличительным свойством, сопровождаемым, однако, некоторым увеличением нелинейности ФЧХ.

У фильтра Чебышева (точнее, у семейства фильтров Чебышева) – более узкая переходная зона (между полосами пропускания и подавления), но АЧХ в полосе пропускания характеризуется «волнистостью», амплитуда которой, в зависимости от разновидности аппроксимации, может быть в пределах от 0 до 3 дБ (в принципе, она может быть и больше). Чем больше указанная «волнистость», тем уже переходная зона. Фильтр Баттерворта является частным случаем фильтра Чебышева (с нулевой «волнистостью») и характеризуется, как уже сказано, монотонностью АЧХ (в полосе пропускания).

Несколько слов о ширине переходной зоны. Крутизна спада АЧХ (между полосами пропускания и подавления) для фильтров одного порядка не зависит от вида аппроксимации. Для ФНЧ второго порядка, например, она составляет минус 12 дБ на октаву (для ФВЧ, соответственно, – подъем с крутизной плюс 12 дБ на октаву). Но конфигурация АЧХ в области ω_0 зависит от вида аппроксимации, что приводит, в частности, к изменению ширины переходной зоны. При этом переходная зона либо сужается (при аппроксимации Чебышева), либо расширяется (при аппроксимации Бесселя). Последнее связано еще и с тем, что АЧХ нормируют относительно частоты среза, что приводит к смещению спада (подъема) АЧХ. В результате, чем выше добротность фильтра, обусловленная видом аппроксимации, тем уже переходная зона. Сказанное наглядно видно из рис. 10, где показано расположение частот среза для разных аппроксимаций (но без указанного нормирования). Нижняя (по уровню) граница переходной зоны не показана, но она является одной и той же для всех указанных выше аппроксимаций.

Аппроксимации, как уже говорилось, связаны с рассмотренной выше добротностью фильтров. Для фильтра второго порядка, например, добротность составляет $Q = 1/\sqrt{3} \approx 0.58$, $Q = 1/\sqrt{2} \approx 0.71$ и $Q \approx 0.71 \ldots 1.3$ – для аппроксимаций Бесселя, Баттерворта и Чебышева, соответственно. Последнее значение ($Q \approx 1.3$) – для АЧХ с «волнистостью» 3 дБ (в полосе пропускания).

Подобно тому, как аппроксимация Баттерворта-Томпсона обеспечивает оптимально-линейную ФЧХ, еще одна из аппроксимаций, Лежандра, обеспечивает получение оптимально монотонной АЧХ. Последняя менее плоская, чем при аппроксимации Баттерворта, но имеет более узкую переходную зону. Аппроксимация Лежандра «отпочковывается» от аппроксимации Баттерворта, начиная с третьего порядка фильтра.

Рассмотренные выше аппроксимации имеют отношение к «обычным» фильтрам. Существуют, однако, фильтры, производные от них, к которым относятся инверсный фильтр Чебышева и эллиптический фильтр (иначе, фильтр Кауэра, или Чебышева-Кауэра). Первый из них имеет АЧХ в полосе пропускания, аналогичную АЧХ фильтра Баттерворта, но в полосе подавления – с «волнистостью», свойственной для полосы пропускания обычного фильтра Чебышева. А эллиптический фильтр характеризуется «волнистостью» в обеих полосах – пропускания и подавления. Особенностью обоих фильтров (особенно, второго) является более узкая полоса переходной зоны – между полосами пропускания и подавления. Инверсный фильтр Чебышева характерен тем, что у него сочетаются плоская АЧХ в полосе пропускания (подобно фильтру Баттерворта) и узкая переходная зона (подобно фильтру Чебышева).

Прежде чем продолжить рассмотрение аппроксимаций, дополнительно рассмотрим представление передаточных функций с обобщенными коэффициентами. Приведенные выше передаточные функции ФНЧ первого и второго порядков запишем в виде

$$K_{НЧ}(p) = 1/(1 + pa_1); \quad \textbf{(38)}$$

$$K_{НЧ}(p) = 1/(1 + pa_1 + p^2a_2), \quad \textbf{(39)}$$

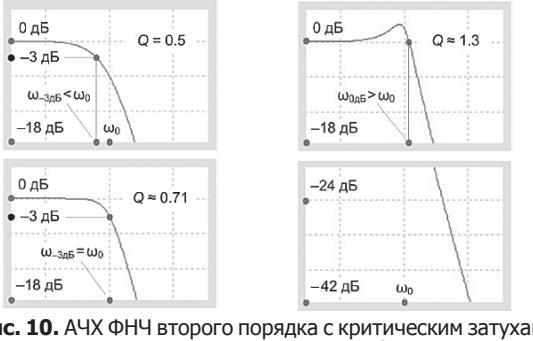


Рис. 10. АЧХ ФНЧ второго порядка с критическим затуханием и аппроксимациями по Баттерворту и Чебышеву, последняя с «волнистостью» 3 дБ. Внизу показано продолжение АЧХ (ниже -18 дБ), которое практически одно и то же для всех АЧХ

где, согласно (4), $a_1 = \tau$, и, согласно (19), $a_1 = 1/\omega_0 Q$, $a_2 = 1/\omega_0^2$. В общем случае, для ФНЧ любого, *N*-го, порядка

$$K_{нч}(p) = 1/(1 + pa_1 + p^2a_2 + \ldots + p^Na_N). \quad \textbf{(40)}$$

Построение фильтров может быть разным. Для однокаскадных фильтров используется общий полином функции (40), а для многокаскадных – совокупность перемножаемых полиномов первого и второго порядков. Так, например, передаточные функции двухкаскадных ФНЧ третьего и четвертого порядков описываются выражениями

$$K_{нч}(p) = 1/[(1 + pa_1) \times (1 + pb_1 + p^2b_2)]; \quad \textbf{(41)}$$

$$K_{нч}(p) = 1/[(1 + pa_1 + p^2a_2) \times (1 + pb_1 + p^2b_2)], \quad \textbf{(42)}$$

где a_1 и a_2 – коэффициенты при членах полинома первого каскада, а b_1 и b_2 – второго. Показанное произведение полиномов в (41) и (42) должно быть равно общему полиному (40).

Рассмотренные выше аппроксимации характеризуются соответствующими полиномами Бесселя, Баттерворта, Чебышева и др. Полиномы Бесселя и Баттерворта используются в качестве полиномов передаточных функций (в их знаменателях), причем полином Баттерворта – непосредственно, а полином Бесселя – с некоторым пересчетом, обусловленным указанным выше нормированием АЧХ по частоте. Для фильтра Чебышева полином передаточной функции характеризуется более сложным выражением (и также с пересчетом):

$$T(p) = 1 + \varepsilon T_{чеб}(p), \quad \textbf{(43)}$$

где ε – коэффициент неравномерности («волнистости») АЧХ в пределах полосы пропускания, а $T_{чеб}(p)$ – полином Чебышева соответствующего порядка.

В [3] даются таблицы с указанными в (38)…(42) коэффициентами, предназначенными для расчета фильтров. В других источниках – таблицы с координатами так называемых полюсов, о которых рассказано в [1, 4]. В табл. 1, в качестве примера и согласно [3], приводятся коэффициенты для полиномов младших порядков рассмотренных выше трех аппроксимаций. Приводятся они для частот среза $\omega_{-3дБ} < \omega_0$, $\omega_{-3дБ} = \omega_0$ и $\omega_{0дБ} > \omega_0$ – для АЧХ фильтров с аппроксимациями Бесселя, Баттерворта и Чебышева (3 дБ), из которых первая и третья являются нормированными (для аппроксимации Баттерворта нормирование не требуется).

Вернемся к рассмотрению инверсного фильтра Чебышева. Согласно [4], передаточная функция ФНЧ второго порядка с «волнистостью» 0.5 дБ равна

$$K_{нч}(p) = K_0(1 + k_2a_2p^2)///(1 + a_1p + a2p^2), \quad \textbf{(44)}$$

где $K_0 = 2/a_2$, $k_2 = 0.5/a_2$, $a_1 = a_1/a_2$ и $a_2 = 1/a_2$, определяемые указанными коэффициентами a_1 и a_2 полинома обычного фильтра Чебышева. Существенной особенностью функции (44) служит то, что она является суммой двух функций – ФНЧ и ФВЧ, из которых функция ФВЧ обусловлена членом $k_2a_2p^2$ в числителе. Полоса пропускания указанной функции ФВЧ соответствует полосе подавления инверсного фильтра, в связи с чем имеет пониженный уровень, определяемый коэффициентом k_2.

Аналогичной функцией, но третьего порядка, приведенной в [4], является

$$K_{нч}(p) = K_0(1 + k_3a_2p^2)/(1 + a_1p + a_2p^2 + a_3p^3), \quad \textbf{(45)}$$

где $k_3 = 0.75/a_2$, a_2 – коэффициент третьего члена полинома в (45), являющегося членом полосовой фильтрации. Дополнительно отметим, что в приведенных выше выражениях для k_2 и k_3 фигурируют коэффициенты a_2 с одинаковым обозначением, однако это коэффициенты разных полиномов – из функций (44) и (45).

По аналогии с (44) и (45) для ФНЧ, можно записать передаточные функции и для инверсных ФВЧ Чебышева (также второго и третьего порядков):

$$K_{нч}(p) = K_0(k_2 + a_2p^2)/(1 + a_1p + a_2p^2); \quad \textbf{(46)}$$

$$K_{нч}(p) = K_0(k_3a_1p + a_3p^3)/(1 + a_1p + a_2p^2 + a_3p^3), \quad \textbf{(47)}$$

где k_2 и k_3 – те же коэффициенты, что и в (44) и (45).

Таблица 1. Коэффициенты полиномов в знаменателе передаточной функции полиномиальных фильтров

Параметры		Аппроксимация			
Порядок фильтра	Коэффициенты	Бесселя		Баттерворта ($\omega_{-3дБ}/\omega_0 = 1$)	Чебышева, 3 дБ
		ω_0	$\omega_{-3дБ}$		$\omega_{0дБ}$
Однокаскадные фильтры					
1	a_1	1			
2	a_1	1	1.3617	1.4142	1.0650
	a_2	1/3	0.6180	1	1.9305
3	a_1	1	–	2	–
	a_2	2/5		2	
	a_3	1/15		1	
4	a_1	1	–	2.613	–
	a_2	3/7		3.414	
	a_3	2/21		2.613	
	a_4	1/105		1	
Многокаскадные фильтры					
3	a_1	–	0.7560	1	3.3496
	b_1		0.9996	1	0.3559
	b_2		0.4772	1	1.1923
4	a_1	–	1.3397	1.8478	2.1853
	a_2		0.4889	1	5.5339
	b_1		0.7743	0.7654	0.1964
	b_2		0.3890	1	1.2009

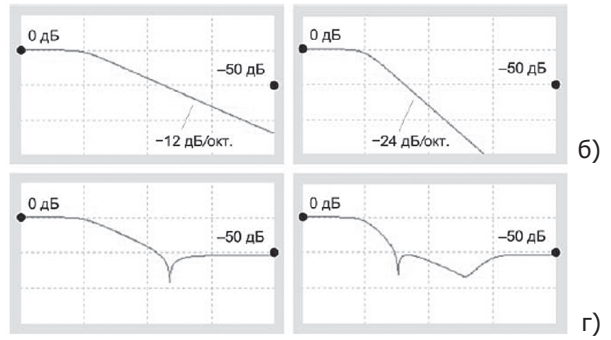


Рис. 11. АЧХ фильтров нижних частот второго (слева) и четвертого (справа) порядков – Баттерворта (вверху) и инверсного Чебышева (внизу)

Рассмотрим графическое представление АЧХ инверсных фильтров Чебышева. На рис. 11а, б показаны АЧХ фильтров Баттерворта второго и четвертого порядков, которые будем считать исходными, а на рис. 11в, г – АЧХ инверсных фильтров. У первых крутизна спада равна -12 и -24 дБ/окт., соответственно, причем без ограничения в полосе подавления, а у вторых с ограничением, показанным на фиксированном уровне, около -50 дБ. Показанное ограничение сопровождается сужением переходной зоны (рис. 11в, г), которое видно при сравнении с АЧХ фильтров Баттерворта (рис. 11а, б). Сужение обусловлено деформацией спада АЧХ в области соприкосновения его с полосой подавления, определяемой составляющей передаточной функции с дополнительным членом. В сужении переходной зоны, но при фиксированном уровне подавления и заключается особенность инверсного фильтра Чебышева. Отметим, что эффективность сужения переходной зоны зависит от уровня полосы подавления. При этом, оба явления находятся в противоречии: чем меньше (хуже) подавление, тем уже (лучше) переходная зона.

Построение АЧХ эллиптического фильтра является аналогичным, но отличается от построения АЧХ инверсного фильтра тем, что вместо исходной АЧХ с аппроксимацией Баттерворта (рис. 11а, б) используется АЧХ с аппроксимацией Чебышева. По аналогии с аппроксимациями Баттерворта и Чебышева, можно сказать, что аппроксимация инверсного фильтра является частным случаем аппроксимации эллиптического фильтра.

Сложные передаточные функции

Примером простейших передаточных функций, обеспечивающих реализацию трех фильтров – ФНЧ, ФВЧ и, в том числе, ПФ, являются функции второго порядка (19), (29) и (30). Их знаменатель представляет собой полином, порядок (в данном случае, второй) и добротность которого определяют порядок и добротность фильтра. Наличие в числителе одного из членов полинома определяет то, каким из указанных является фильтр – ФНЧ, ФВЧ или ПФ.

Существуют, однако, фильтры, передаточные функции которых вместо одного члена в числителе содержат полином (многочлен) в составе двух или более членов. Такие фильтры можно подразделить на несколько групп:

- фильтры ЗФ (заграждающий) и ВФ (всепропускающий);
- ФНЧ и ФВЧ (31) и (32) и другие аналогичные;
- инверсные фильтры Чебышева и эллиптические фильтры;
- двухканальные, НЧ и ВЧ, фильтры (или многоканальные, дополнительно с ПФ) второго и более высоких порядков, результирующая АЧХ которых равна единице.

Фильтры первых трех групп рассмотрены выше, поэтому рассмотрим фильтры четвертой группы. Они интересны не только сами по себе. Они интересны также и тем, что дают возможность проследить дополнительные возможности фильтров.

Типичным представителем указанных фильтров являются кроссоверы Линквица-Райли [11, 12] – двухканальные (или многоканальные) частотные расщепители аудио сигналов. Двухканальный кроссовер содержит каналы ФНЧ и ФВЧ, причем, в данном случае, четных (в основном, второго и четвертого) порядков. На рис. 12 и 13 показаны АЧХ и ФЧХ указанных фильтров, а также их суммарного (акустического) выхода. Погрешности, вносимые акустической системой, здесь не рассматриваются.

При обычной фильтрации частоты среза АЧХ находятся на краю частотных диапазонов ФНЧ и ФВЧ. В данном же случае, частоты среза обоих фильтров соответствуют середине суммарного диапазона частот, что предъявляет повышенные требования к качеству «сшивки» обеих (или нескольких) АЧХ. Отметим, что получение суммарной АЧХ, равной единице, несмотря на неиспользование составляющих полосовой фильтрации, обеспечивается как выбором вида аппроксимации и порядка фильтров, так и соответствующего фазирования (в фазе или в противофазе) выходных сигналов.

Для второго порядка (рис. 12) используется аппроксимация с Q = 0.5 (с критическим затуханием), для которой

$$T_2(p) = 1 + 2p + p^2 \qquad \textbf{(48)}$$

– полином в знаменателе, а суммирование производится в противофазе (сигнал ФВЧ инвертируется). При инвертировании фазовый диапазон ФВЧ «π...0» преобразуется в «0...$-\pi$», такой как и у ФНЧ. Для четвертого порядка (рис. 13) – аппроксимация определяется полиномом

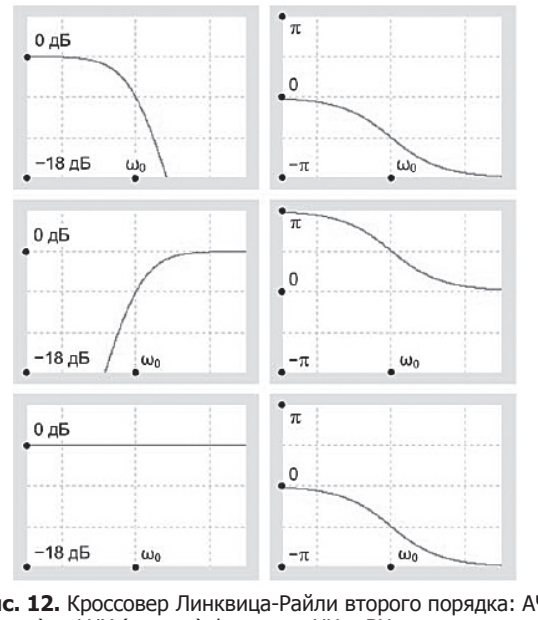


Рис. 12. Кроссовер Линквица-Райли второго порядка: АЧХ (слева) и ФЧХ (справа) фильтров НЧ и ВЧ и их разностной функции на выходе (внизу). Полином функции $1 + 2p + p^2$, уровень отсечки -6 дБ, фазовый диапазон – от 0 до -π

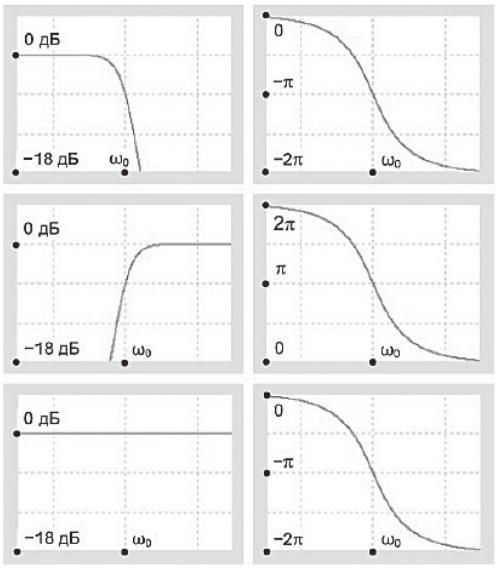


Рис. 13. Кроссовер Линквица-Райли четвертого порядка: АЧХ (слева) и ФЧХ (справа) фильтров НЧ и ВЧ и их суммарной функции на выходе (внизу). Полином функции $1 + (2\sqrt{2})p + + 4p^2 + (2\sqrt{2})p^3 + p^4$, уровень отсечки −6 дБ, фазовый диапазон – от 0 до -2π

$$T_4(p) = 1 + (2\sqrt{2})p + 4p^2 + (2\sqrt{2})p^3 + p^4, \quad \textbf{(49)}$$

являющимся результатом перемножения двух полиномов Баттерворта второго порядка $1 + (\sqrt{2})p + p^2$, для каждого из которых $Q = 1/\sqrt{2} \approx 0.71$, а суммирование – в фазе. Последнее обусловлено тем, что фазовый диапазон ФВЧ «$2\pi...0$» – это одно и то же, что и «$0...-2\pi$» для ФНЧ (рис. 13). Уровни среза АЧХ обоих кроссоверов равны -6 дБ (рис. 12 и 13).

Суммарные передаточные функции кроссоверов:

$$K_2(p) = (1 - p^2)/T_2(p); \quad \textbf{(50)}$$

$$K_4(p) = (1 + p^4)/T_4(p), \quad \textbf{(51)}$$

где $T_2(p)$ и $T_4(p)$ – полиномы (48) и (49).

АЧХ и ФЧХ кроссоверов, как уже сказано, показаны на рис. 12 и 13, а на рис. 14 и 15 – эпюры напряжений в их цепях. Эпюры показаны для каналов ФНЧ, ФВЧ и суммарного сигнала на выходе, причем для трех частот – в полосах пропускания ФНЧ ($0.1\omega_0$), ФВЧ ($10\omega_0$) и для частоты среза (ω_0). На частоте среза оба сигнала, ФНЧ и ФВЧ, – в два раза меньше (отличаются на указанные выше −6 дБ). Эпюры показаны в одном геометрическом масштабе (по горизонтали), независимом от частоты, и, чтобы не было «накладок», разнесенными по вертикали.

Структура активных фильтров

Обычно активные фильтры высоких порядков строятся многокаскадными, состоящими, в основном, из каскадов второго порядка, показанных на рис. 8. Если фильтр нечетного порядка, один из каскадов может быть первого или, даже, третьего порядка. Для расчета многокаскадных фильтров в [1, 3, 4] даются таблицы с данными для разных порядков и разных видов аппроксимации.

Существуют и другие схемные решения фильтров, два из которых представляют интерес. Одно из них – это биквадратное звено фильтра, содержащее два интегратора и один инвертирующий усилитель. Оно может использоваться для одновременного формирования нескольких передаточных функций второго порядка [1, 10]. В выпускаемых

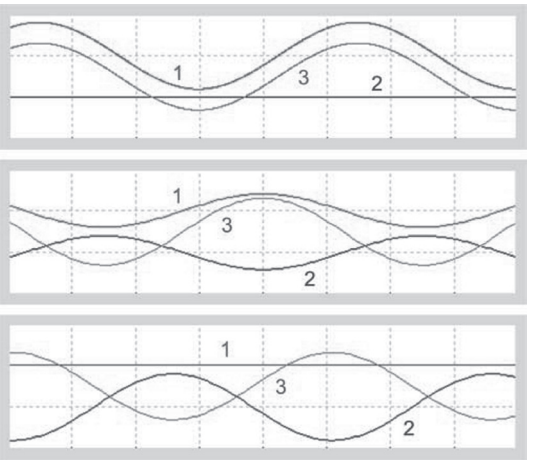


Рис. 14. Эпюры напряжений кроссовера Линквица-Райли второго порядка на частотах $0.1\omega_0$ (на верхнем рисунке), ω_0 (на среднем), $10\omega_0$ (на нижнем): на выходе ФНЧ (1), на выходе ФВЧ (2), разностный сигнал (3). Уровень разностного сигнала от частоты не зависит

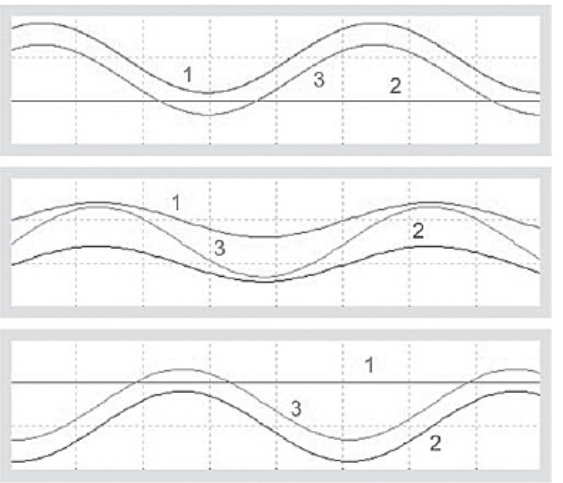


Рис. 15. Эпюры напряжений кроссовера Линквица-Райли четвертого порядка на частотах $0.1\omega_0$ (на верхнем рисунке), ω_0 (на среднем), $10\omega_0$ (на нижнем): на выходе ФНЧ (1), на выходе ФВЧ (2), суммарный сигнал (3). Уровень суммарного сигнала от частоты не зависит

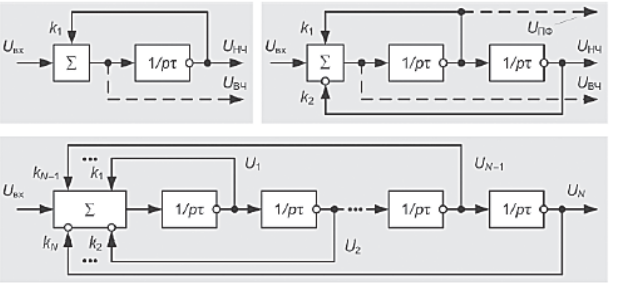


Рис. 16. Активные фильтры первого (вверху слева), второго (вверху справа) и N-го (внизу) порядков, использующие структуру «переменных состояний»

ИМС дополнительно содержится еще один усилительный элемент, благодаря чему порядок фильтра может быть доведен до трех.

Второе решение – это, можно сказать, развитие первого на базе метода так называемых «переменных состояний» [1]. Структурные схемы указанных фильтров первого, второго и более высоких порядков, описываемые для ФНЧ функциями (37) … (39), показаны на рис. 16. На рис. 16в показана схема фильтра четного N-го порядка, но фильтры, в общем, могут быть как четного, так и нечетного порядка. Кроме того, они могут быть не только с выходом ФНЧ, но и одновременно с выходами ФВЧ и ПФ (как и для предыдущего фильтра).

По сравнению с многокаскадными, однокаскадные фильтры на рис. 16 содержат повышенное количество усилительных элементов – операционных усилителей (ОУ). Так, например, фильтры второго порядка на рис. 8а, б содержат по одному ОУ, а фильтр того же второго порядка на рис. 16б содержит три ОУ (по одному в каждом интеграторе и третий ОУ – общий, используемый для инвертирования во входной цепи).

Однако указанное усложнение оправдано. Фильтр со структурой «переменных состояний», как уже сказано, может одновременно выполнять несколько видов фильтрации – нижних и верхних частот и полосовой фильтрации, а с дополнительным суммированием – и других видов. Его схема «прозрачна» и относительно легко рассчитывается. Рассматриваемый фильтр может использоваться, например, при проектировании и отработке различных систем, а затем, на завершающем этапе, заменяться фильтром с более лаконичной структурой.

Рассмотрим указанные фильтры. В упрощенном виде, при коэффициенте обратной связи $k_1 = 1$, передаточные функции фильтра первого порядка (рис. 16а) равны

$$K_{НЧ}(p) = U_{НЧ}/U_{вх} = -1/(1 + p\tau); \quad \textbf{(52)}$$

$$K_{ВЧ}(p) = U_{ВЧ}/U_{вх} = p\tau/(1 + p\tau). \quad \textbf{(53)}$$

Передаточные функции фильтра второго порядка (рис. 16б), но уже при $k_2 = 1$, равны

$$K_{НЧ}(p) = U_{НЧ}/U_{вх} = 1/[1 + k_1 p\tau + (p\tau)^2]; \quad \textbf{(54)}$$

$$K_{ПФ}(p) = U_{ПФ}/U_{вх} = -p\tau/[1 + k_1 p\tau + (p\tau)^2]; \quad \textbf{(55)}$$

$$K_{ВЧ}(p) = U_{ВЧ}/U_{вх} = (p\tau)^2/[1 + k^1 p\tau + (p\tau)^2]. \quad \textbf{(56)}$$

Аналогичным образом могут быть записаны передаточные функции для фильтров более высоких порядков, а также для фильтра по обобщенной схеме на рис. 16в.

Заключение

В заключение отметим, что фильтры могут выпускаться в виде универсальных ИМС (чипов), на базе которых строятся фильтры требуемой аппроксимации и порядка. При этом к чипу подключаются требуемые резисторы и конденсаторы, а также производятся требуемые соединения. Однако разнообразие применяемых фильтров весьма велико. Поэтому обычно для построения фильтров используются операционные усилители, ассортимент которых достаточно велик. Совершенствование операционных усилителей непрерывно продолжается, разрабатываются новые усилители. Следует учитывать, что фильтры могут содержать относительно габаритные конденсаторы. Кроме того, в выходных фильтрах, используемых, например, в коммутационных аудио усилителях класса D, содержатся еще и дроссели. Обычно фильтры являются составными частями более сложных устройств. Кроме того, фильтрацией могут сопровождаться и другие процессы, и она косвенно может использоваться, например, в сигма-дельта модуляторах или в цепях частотного преобразования в радиоприемных устройствах.

Выпускаются различного вида руководящие материалы, в которых даются рекомендации по применению конкретных компонентов, а также методики расчета фильтров. К ним относится как рассмотренная выше литература [1, 3, 4], так и другие источники, в частности [5, … 12]. Данную работу можно рассматривать в качестве введения в аналоговые фильтры.

Информацию о компонентах для построения фильтров и других устройств можно получить в НПФ VD MAIS (info@vdmais.kiev.ua), являющейся авторизованным дистрибьютором фирмы Analog Devices и других фирм в Украине. Для отработки разрабатываемых устройств с использованием ИМС фирмы Analog Devices возможна бесплатная поставка образцов ИМС через НПФ VD MAIS.

Литература

1. Лэм Г. Аналоговые и цифровые фильтры. Пер. с англ. – М.: Мир, 1982.

2. Финкельштейн М. И. Гребенчатые фильтры. – М.: Сов. Радио, 1969.

3. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. Пер. с нем. – М.: Мир, 1982.

4. Мошиц Г., Хорн П. Проектирование активных фильтров. Пер. с англ. – М.: Мир, 1984.

5. Op Amp Applications / by ed. W. G. Jung. – Analog Devices, Inc., 2002, www. analog.com (Ch. 5: Analog Filter / by H. Zumbahlen, p. 5.1–5.134).

6. H. Zumbahlen, Phase Relations in Active Filters, Parts 1, 2 // Analog Dialogue, 41-04 (Apr. 2007), 43-09 (Sep. 2009), www. analog.com/analogdialogue.

7. Analog Devices' Application Note AN-209: 8th Order Programmable Low Pass Analog Filter Using Dual 12-Bit DACs / by B. Slattery (www.analog.com).

8. Analog Devices' Circuit Note CN-0127: 8-Pole Active Low-Pass Filter Optimized for Precision, Low Noise, and High Gain Using the AD8622 and the ADA4062-2 Op Amps / Rev. 0, 1/10 (www. analog.com).

9. S. Butterworth, On the Theory of Filter Amplifi ers // Experimental Wireless & The Wireless Engineer, Oct. 1930, p. 536-541.

10. Burr-Brown' Application Bulletin: Filter Design Program for the UAF42 Universal Active Filter / by J. Molina, R. M. Stitt. July 1991 (www.burr-brown.com).

11. Linkwitz Lab' Site: Active Filters, Oct. 4, 2011 (www. linkwitzlab.com/fi lters. htm).

12. Linkwitz Lab' Site: Crossovers, Oct. 4, 2011 (www. linkwitzlab.com/crossovers. htm).

13. Макаренко В. Моделирование радиоэлектронных устройств с помощью программы NI Multisim, части 1, …

9 // ЭКиС, 2008, №№ 1-4, 6-9, 12 (журнал, издаваемый НПФ VD MAIS, www.vdmais.kiev.ua).

УЧЕНЫЕ СОЗДАЛИ «РАСТВОРИМУЮ» ЭЛЕКТРОНИКУ, ПРИГОДНУЮ ДЛЯ ИМПЛАНТАЦИИ

Американские биоинженеры научились изготавливать «растворимые» электронные имплантаты, которые можно уничтожить прямо внутри организма, не прибегая к хирургическим операциям, и опубликовали инструкции по сборке таких приборов в журнале Science.

Инженеры из Университета Тафтса и Университета Иллинойса разработали способ производства растворимой электроники — устройств, которые через некоторое время после имплантации самостоятельно распадаются и выводятся из организма.

Основой растворимых электронных устройств стал натуральный шелк. Ранее авторы исследования научились создавать из него тонкие пластинки, которые можно было использовать в качестве подложки для проводов и микрочипов. Варьируя толщину и плотность шелка, инженеры могли контролировать скорость растворения устройства в организме.

В новой статье авторы описали способ производства недостающих компонентов временных устройств: растворимых проводников и полупроводников.

Для создания проводов инженеры предложили использовать металлический магний. Из-за высокой реакционной способности его практически не применяют в электронике. Однако для создания растворимых устройств химическая активность оказалась преимуществом. Из-за нее тонкие пленки металла под действием воды со временем окисляются и превращаются в ионы.

В качестве полупроводников авторы использовали обычный кремний. Инженеры показали, что его достаточно тонкие пластины относительно быстро растворяются в водной среде. Например, при толщине в 100 нм пластинка использованного инженерами кремния растворялась со скоростью 4,5 нм в сутки.

Роджерс и его коллеги уже много лет пытаются найти идеальный рецепт для изготовления «растворимой» электроники, экспериментируя с различными органическими и неорганическими соединениями.

Как отмечают ученые, все компоненты такой электроники – изолирующие подложки, проводники и полупроводники – должны беспрепятственно выводиться из организма, не нанося ему вреда. Кроме того, готовый прибор должен быть достаточно гибким и компактным для успешной имплантации под кожу или в другие части тела человека.

Чистый магний и его оксид используются в качестве «строительного материала» для проводящих электродов и диэлектрической подложки для транзисторов. Тончайшие полоски кремния необходимы для работы транзисторов и других полупроводниковых приборов, в том числе датчиков температуры, микроскопических фотосенсоров и фотокамер. Молекулы биополимера, составляющего основу шелка, используются в качестве гибкой и растворимой оболочки прибора.

«Растворимая» электроника изготавливается следующим образом. Сначала ученые печатают заготовки для транзисторов из тонких кремниевых пленок, затем поверх них наносятся лини из оксида магния и чистого металла, после чего прибор упаковывается в слой гибкого полимера на базе шелка. Структура полимера определяет срок годности имплантата – относительно непрочные молекулы шелка позволят ему просуществовать в теле пациента несколько дней, тогда как более сложный полимер продержится несколько месяцев или даже лет.

«Существует множество классов задач, на реализацию которых уходит различное время. Медицинские имплантаты, задачей которых является мониторинг и борьба с инфекциями после операций, должны работать в течение двух недель. В случае со «встраиваемой» потребительской электроникой производитель будет ориентироваться на один-два года непрерывной работы», – пояснил Роджерс.

Для демонстрации этой технологии ученые изготовили имплантат с датчиком бактерий и вживили его под кожу крысы. Устройство не вызывало раздражения у грызуна, успешно следило за появлением микробов и растворилось после окончания срока службы. Кроме того, Роджерсу и его коллегам удалось собрать более сложный прибор – цифровую камеру из 64 пикселей на основе этой технологии. Для одного из устройств нашлось практическое применение: работающий по радиоканалу датчик температуры авторы предложили имплантировать в раны, чтобы контролировать возможное развитие воспаления.

Биоинженеры полагают, что применение таких приборов не ограничивается медициной и нательной электроникой. В частности, сотовые телефоны и другие портативные электронные устройства на базе растворимых компонентов можно будет утилизировать, закапывая в землю или растворяя в воде.

Над созданием биосовместимых электронных устройств работают многие группы инженеров. Недавно в качестве альтернативы традиционным проводникам и полупроводникам было предложено использовать меланин. Ученые показали, что по своим электронным характеристикам он потенциально способен заменить кремний.

www.russianelectronics.ru

ПОДПИСКА-2013
Подписку на журнал «Электроника инфо» можно оформить в отделении связи по месту жительства с любого месяца.

ПОДПИСКА В БЕЛАРУСИ: «Белпочта» (подписной индекс – 00822).

ПОДПИСКА В РОССИИ: «Роспечать» (подписной индекс – 00822), «АРЗИ – Почта России» (подписной индекс – 91654).

Читатели также могут подписаться по национальным каталогам: агентств «МК-Периодика», «Информнаука», «Интерпочта-2003» и «Урал-Пресс»; «Пресса» (Украина»).

НАИМЕНОВАНИЕ ТОВАРА	ЦЕНА	НАЗВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ	АДРЕС, ТЕЛЕФОН
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ			
Индукционные лампы Saturn 40, 80, 120, 150, 290, 300W. В комплекте электронный балласт	**80-380 у.е.**	**ООО «ФЭК»**	**г. Минск. Тел./ф.: 200-34-23, тел.: 200-04-96. E-mail: lighting@fek.by**
Индукционные лампы Smart Dragon 40, 80, 120, 150, 200, 300W.	**80-380 у.е.**		
Дроссели, ЭПРА, ИЗУ, пусковые конденсаторы, патроны и ламподержатели для люминесцентных ламп	**Договор**	**ООО «Альфалидер групп»**	**г. Минск. Тел./ф.: 391-02-22, тел.: 391-03-33. www.alider.by**
КВАРЦЕВЫЕ РЕЗОНАТОРЫ, ГЕНЕРАТОРЫ, ФИЛЬТРЫ, ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ			
Любые кварцевые резонаторы, генераторы, фильтры (отечественные и импортные)	**от 0,10 у.е.**	**УП «Алнар»**	**г. Минск. Тел./ф.: 209-69-97, тел. (029) 644-44-09. E-mail: alnar@alnar.net www.alnar.net**
Кварцевые резонаторы Jauch под установку в отверстия и SMD-монтаж	**от 0,10 у.е.**		
Кварцевые генераторы Jauch под установку в отверстия и SMD-монтаж	**от 0,50 у.е.**		
Термокомпенсированные кварцевые генераторы	**от 2,20 у.е.**		
Резонаторы и фильтры на ПАВ			
Пьезокерамические резонаторы, фильтры, звонки, сирены	**от 0,04 у.е.**		
СПЕЦПРЕДЛОЖЕНИЕ			
Большой выбор электронных компонентов со склада и под заказ	**Договор**	**ЧТУП «Чип электроникс»**	**г. Минск. Тел./ф.: 269-92-36. E-mail: chipelectronics@mail.ru www.chipelectronics.by**
Широчайший выбор электронных компонентов (микросхемы, диоды, тиристоры, конденсаторы, резисторы, разъемы в ассортименте и др.)	**Договор**	**ООО «Альфалидер групп»**	**г. Минск. Тел./ф.: 391-02-22, тел.: 391-03-33. www.alider.by**
Мультиметры, осциллографы, вольтметры, клещи, частотомеры, генераторы отечественные и АКИП, APPA, GW, LeCroy, Tektronix, Agillent	**1-й поставщик**	**ООО «Приборостроительная компания»**	**г. Минск. Тел./ф.: 284-11-18, тел.: 284-11-16. E-mail: 4805@tut.by**

Журнал «Электроника инфо» является официальным представителем в Республике Беларусь Издательского дома «Электроника» (г. Москва). В редакции журнала можно приобрести издания ИД «Электроника»: ежегодник «Новая электроника России», журналы «Электронные компоненты», «Производство электроники», «Встраиваемые системы» и «Современная светотехника».

Тел./факс: +375 (17) 204-40-00, e-mail: electronica@nsys.by

Оптимизация системы автоматизации с помощью новых беспроводных модулей ввода/вывода

ADVANTECH

Enabling an Intelligent Planet

Бесшовная интеграция через проводные и беспроводные соединения

- Использование IEEE 802.15.4 с поддержкой ячеистой (mesh) топологии сети с частотой 2.4 ГГц для организации экономически эффективных систем распределенного мониторинга
- Предельно низкое энергопотребление — Двух батареек AA хватает для обновления каналов ввода/вывода модуля серии ADAM-2000Z с интервалом в 1 минуту в течение года
- Поддержка протокола Modbus / RTU для интеграции проводных и беспроводных систем

ADAM-2520Z
Беспроводной шлюз данных для сетей Modbus RTU

ADAM-2510Z
Беспроводной маршрутизирующий узел

ADAM-2051Z/2051PZ
Беспроводной 8-канальный узел дискретного ввода/ Беспроводной 8-канальный узел дискретного ввода с усилителем мощности

ADAM-2017Z
Беспроводной 6- канальный узел аналогового ввода

ADAM-2031Z
Беспроводной узел для подключения датчиков температуры и влажности

www.advantech.ru

IoT Devices

Advantech
117437, Москва,
ул. Профсоюзная, д.108, 6 этаж, оф. 648
Тел.: +7 (495) 232-16-92
Факс: +7 (495) 232-16-93
E-mail: bel2@advantech.com

БЕЛОРУССКИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ЭЛЕКТРОНИКИ

Контрактное производство электроники
Автоматический и ручной монтаж печатных плат
Поставка печатных плат
Поставка электронных компонентов
Поставка трафаретов из нержавеющей стали
Разработка электроники на заказ

ЭЛЕКТРОКОНТИНЕНТ
КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ

www.elcontinent.by

ПОЛНЫЙ КОМПЛЕКС УСЛУГ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ - ДО КРУПНЫХ СЕРИЙ

Республика Беларусь, 220026, г. Минск, пер. Бехтерева, 8, офис 35
тел. (+375 17) 205 06 94, 296 31 61, Velcom (+375 29) 115 35 75
e-mail: info@elcontinent.com

ELTICON

ВСЁ НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ

Группа компаний **ЭЛТИКОН**

- Промышленные компьютеры, серверы, центры обработки и хранения данных;
- Встраиваемые и бортовые вычислительные системы, в т.ч. для жестких условий эксплуатации;
- ПЛК и микроконтроллеры, распределенные системы управления и сбора данных;
- Средства операторского интерфейса: мониторы, панели оператора, консоли управления, клавиатуры, трекболы, указательные устройства, информационные табло и мониторы для уличных применений;
- Устройства локального и удаленного ввода-вывода сигналов, АЦП, ЦАП, решения для управления движением, нормализаторы сигналов;
- Сетевое и коммуникационное оборудование для различных сетей, шлюзы данных, коммутаторы Ethernet, медиа-конверторы, сетевые контроллеры, модемы, удлинители сетей, преобразователи интерфейсов, протоколов и т.п.;
- Датчики для различных применений;
- Источники вторичного электропитания для промышленных, медицинских, бортовых и специальных применений, инверторы электропитания, программируемые источники питания;
- Решения на основе полупроводниковых источников света для уличного освещения и архитектурной подсветки;
- Специализированные датчики, контроллеры и устройства для «умного дома»
- Корпуса, конструктивы, субблоки в стандарте евромеханика, шкафы, стойки, компьютерные корпуса;
- Крепежные элементы, клеммы, монтажный инструмент, провода и кабели, кабельные вводы, соединители;
- Программное обеспечение всех уровней АСУТП, SCADA-система Genesis, OPC-серверы и средства их разработки

ADVANTECH, ADLINK TECHNOLOGY INC., XP, ProSoft АВТОРИЗОВАННЫЙ ДИЛЕР, Akiwa Technology, Inc. SUBSIDIARY OF GUANGHSING INDUSTRIAL - TAIWAN, iKey, iCONICS, LITEMAX, OCTAGON SYSTEMS, Getac, iBASE, TDK·Lambda, APC by Schneider Electric, BELDEN SENDING ALL THE RIGHT SIGNALS, PEPPERL+FUCHS ELCON, Transcend, WEINTEK, SCAIME L'INFINIMENT PRECIS INFINITE PRECISION, InnoDisk Beyond your imagination, EtherWAN, rtd, CEHCOP, Schroff, ifm electronic, PLANAR, WAGO, Fastwel, DATAFORTH, mcn mikro elektronik gmbh · nürnberg, VIPA art of automation, InduKey Industrial Input Devices, TRI-M ENGINEERING

УНП 191092652

- ✓ Более 50 вендоров в программе поставок
- ✓ Широкий диапазон продукции "из одних рук"
- ✓ Сервисный центр и послегарантийное обслуживание продукции
- ✓ Компетентный анализ технических решений с гарантией совместимости и работоспособности конфигурации
- ✓ Наличие сертификатов и ГТД
- ✓ Развитая система логистики, нестандартные схемы поставок, склады в Минске, Москве и Гамбурге
- ✓ Производство промышленных компьютеров, шкафов автоматики, сборка телекоммуникационных шкафов

220125 Минск, пр-т Независимости, 183 • Тел. (017) 289-6333 • Факс (017) 289-6169 • E-mail: info@elticon.ru • Web: www.elticon.ru