

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Радиотехнический факультет



ИНЖЕНЕРНЫЕ КАДРЫ – БУДУЩЕЕ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

Материалы IV Всероссийской
студенческой конференции

Йошкар-Ола, 20-23 ноября 2018 г.

Часть 3

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ,
РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ ПРОРЫВНЫХ
ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Йошкар-Ола
2018

УДК 378:621.3

ББК 74.58

И 62

Руководитель проекта

Андреанов Ю. С., начальник Управления
научной и инновационной деятельности ПГТУ

Редакционная коллегия:

Дедов А. Н. – канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники
и связи, декан радиотехнического факультета ПГТУ;

Зуев А. В. – канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи,
зам. декана радиотехнического факультета;

Алиев М. Т. – канд. техн. наук, доцент кафедры проектирования
и производства электронно-вычислительных средств.

**Инженерные кадры – будущее инновационной экономики
И 62 России:** материалы IV Всероссийской студенческой конференции
(Йошкар-Ола, 20-23 ноября 2018 г.): в 8 ч. Часть 3: Новые техно-
логии инфокоммуникаций, радиотехники и электроники для про-
рывных отраслей промышленности. – Йошкар-Ола: Поволжский
государственный технологический университет, 2018. – 182 с.
ISBN 978-5-8158-2047-0
ISBN 978-5-8158-2050-0 (Ч. 3)

В сборнике материалов Всероссийского студенческого форума
«Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России»
представлены результаты научно-исследовательских работ студентов,
магистрантов, аспирантов в области радиотехники и электроники с пер-
спективой их практического использования.

УДК 378:621.3

ББК 74.58

ISBN 978-5-8158-2050-0 (Ч. 3)

ISBN 978-5-8158-2047-0

© Поволжский государственный
технологический университет, 2018

ПРЕДИСЛОВИЕ

Важным направлением развития современной промышленности России являются новые технологии инфокоммуникаций, радиотехники и электроники. Создавая техническое будущее нашей страны, они обеспечивают возможность развития современных технологий.

В данной книге представлены материалы Всероссийской студенческой конференции «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России», состоявшейся 20-23 ноября 2018 года на базе Поволжского государственного технологического университета. В конференции приняли участие студенты, магистранты и аспиранты из вузов Йошкар-Олы, Казани и Ярославля.

В сборник вошли наиболее интересные доклады и сообщения, сделанные на секции «Новые технологии инфокоммуникаций, радиотехники и электроники для прорывных отраслей промышленности». Представленные результаты демонстрируют исследовательские и инновационные возможности научных молодежных групп.

Тематика прозвучавших на конференции выступлений актуальна и разнообразна. Она касается важных сфер радиотехники и электроники. Основными из них являются следующие:

- исследования на основе разработок по экзоскелету;
- исследования параметров вибраторных антенн;
- исследование данных ионосферных измерений;
- разработки новых технологий получения тонких пленок;
- варианты модернизации существующих сетей связи;
- анализ технологий беспроводных сетей;
- исследования в области процесса изготовления печатных плат.

В современных условиях участие молодежи в подобных мероприятиях призвано способствовать решению задач развития современной российской IT-сферы.

УДК 681.2

Шашин Дмитрий Евгеньевич,

направление Электроника, радиотехника и система связи (аспирантура)

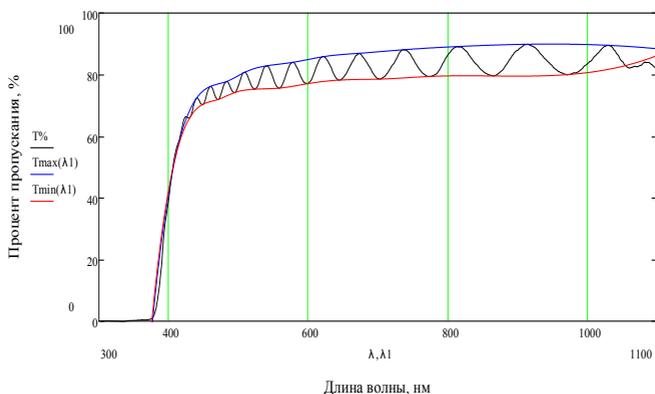
Научный руководитель **Сушенцов Николай Иванович,**

канд. техн. наук, зав. кафедры конструирования и производства
радиоаппаратуры

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»
г. Йошкар-Ола*

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК ZnO С ФИКСИРОВАННЫМ ЗНАЧЕНИЕМ КОМПЛЕКСНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ

Спектры пропускания тонких пленок оксида цинка были получены на спектрофотометре СФ-2000 в диапазоне длин волн 190-1100 нм, с шагом 1 нм. Оксид цинка напылялся на кварцевое оптическое стекло марки ВК толщиной 1,5 мм, с поглощением в интервалах длин волн 170-250 нм. Показатель преломления и коэффициент поглощения определяли из спектра пропускания конвертным методом, достаточно полно описанным в [1, 2]. Конвертные кривые $T_{\max}(\lambda)$ и $T_{\min}(\lambda)$ являются основой конвертного метода. Они строятся с помощью параболической или линейной интерполяции, полученных в ходе исследования на спектрофотометре точек, которые находятся на максимумах и минимумах интерференционных волн (см. рисунок).



**Спектр пропускания тонкой пленки оксида цинка толщиной 1230 нм,
и конвертные кривые**

Из значений показателя преломления и коэффициента пропускания для каждой пленки была определена величина диэлектрической проницаемости. Показатель преломления $n(\lambda)$ и коэффициент поглощения $k(\lambda)$ входят в действительную (1) и мнимую (2) части комплексной диэлектрической проницаемости (3):

$$\varepsilon_1 = n^2 - k^2, \quad (1)$$

$$\varepsilon_2 = 2nk^2, \quad (2)$$

$$\varepsilon = \varepsilon_1 - i\varepsilon_2. \quad (3)$$

Математическая модель технологического процесса — это математическая зависимость выходного показателя изделия (Y) от технологических параметров, его определяющих ($X = (X_1, X_2, \dots, X_k)$). Расчетные процедуры и их алгоритм для разработки математической модели взят из [1].

Зависимость выходного показателя изделия (Y) от технологических параметров, его определяющих ($X = (X_1, X_2, \dots, X_k)$), описывается уравнением регрессии

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i X_i + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i < j}}^k b_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} X_i^2, \quad (4)$$

где b_0 , b_i , b_{ij} , b_{ii} — коэффициенты уравнения регрессии; k — число входных параметров.

При записи в матричной форме это уравнение приобретает вид

$$X \times B = Y, \quad (5)$$

где X — матрица значений; Y — вектор отклика модели; B — вектор коэффициентов уравнения.

При вычислении, уравнение приобретает следующий вид [1]:

$$B = (X^T X)^{-1} X^T Y, \quad (6)$$

где T — знак транспонирования.

Методики расчета математических моделей и примеры их применения достаточно подробно рассмотрены в [1-3].

Реализация планирования эксперимента, содержащего некоторое количество опытов, позволяет вычислить выборочные коэффициенты уравнения регрессии, точность этих коэффициентов нуждается в проверке. Величины переменных в уравнении X_i имеют значения +1 и -1. Для описания процессов роста тонких пленок наиболее подходят модели второго порядка, для их нахождения применяются планы Бокса B_n и

Коно Ко₂₃, в этих планах эксперименты проводятся по определенному алгоритму в точках +1, -1 и в точке 0 (центр плана). В работах [1-3] для составления плана эксперимента рекомендуется рототабельный центральный композиционный план (план Бокса-Уилсона). Этот план дополняется экспериментом в звездных точках. Звездное плечо определяется по формуле

$$\alpha = 2^{\frac{k-p}{4}}, \quad (7)$$

Центр плана: давление – 1 Па, содержание кислорода – 50 %, время напыления – 300 с. Параметры варьировались в пределах $\pm 0,2$ Па, ± 10 %, ± 60 с.

Результаты расчетов:

$$b_0 = 3,923; b_1 = 0,52; b_2 = 0,25; b_3 = 0,0006; b_{12} = 0,0005; \\ b_{13} = 0; b_{23} = 0; b_{11} = 0,03; b_{22} = 0,023; b_{33} = 0,029.$$

Для определения оценки значимости коэффициентов регрессионного уравнения применяют критерий Стьюдента:

$$|b_i| > \varepsilon = t\sigma(b), \quad (8)$$

где t – критерий Стьюдента (при количестве степеней свободы $f = N - 1$); N – число экспериментов; $\sigma(b)$ – ошибка в значении коэффициента [1].

При вычислении $\sigma(b)$ используется формула

$$\sigma^2(b_i) = \frac{\sigma^2(Y_i)}{\sum_{u=1}^N X_{iu}^2}, \quad (9)$$

где $\sigma^2(Y)$ – дисперсия воспроизводимости по параметру Y .

Дисперсия $\sigma^2(Y)$ может быть определена с помощью эксперимента, или задаваться допустимыми значениями погрешности, в частности принимается $\sigma^2(Y) = 0,05 \times b_0$ (5%-ная погрешность модели).

После определения ε , члены уравнения регрессии, значения которых $|b_i| < \varepsilon$ отбрасываются. В итоге оставлены следующие коэффициенты регрессии:

$$b_0 = 3,923; b_1 = 0,52; b_2 = 0,251; b_{11} = 0,03.$$

После нахождения незначимых факторов, уравнение проверяется на адекватность. В данном расчете для этого был использован критерий Фишера:

$$F = \frac{\sigma_{ад}^2(Y)}{\sigma_{вос}^2(Y)}, \quad (10)$$

где $\sigma_{ад}^2(Y) = \frac{\sum_{u=1}^N (Y_u - Y_u')^2}{f_1}$ – дисперсия адекватности;

$\sigma_{вос}^2(Y) = \frac{\sum_{q=1}^n (Y_q - Y_q')^2}{f_2}$ – дисперсия воспроизводимости;

f_1, f_2 – значение степеней свободы;

Y – экспериментальное значение;

Y' – расчетное значение;

N – количество опытов;

n – количество параллельных опытов.

Для проверки адекватности расчетные значения F сравнивают с табличными. Если $F_{расч.} < F_{табл.}$, то с вероятностью 95 %, полученную математическую модель можно считать адекватной.

Проверка на адекватность показала, что разработанную математическую модель, связывающую технологические параметры получения с диэлектрической проницаемостью тонких пленок оксида цинка, можно с вероятностью 95 % считать адекватной ($F_{расч.} = 2,368 < F_{табл.} = 2,7$).

Полученное регрессионное уравнение принимает следующий вид:

$$Y = 3,923 + 0,52X_1 + 0,03X_1^2 + 0,251X_2.$$

Выводы. Получена серия образцов тонких пленок оксида цинка. Разработана математическая модель вида $Y = 3,923 + 0,52X_1 + 0,03X_1^2 + 0,251X_2$, связывающая технологические параметры магнетронного распыления с комплексной диэлектрической проницаемостью полученных пленок.

Список литературы

1. Гусейнов, Ф. Г. Планирование эксперимента в задачах электроэнергетики / Ф. Г. Гусейнов, О. С. Мамедяров. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 150 с.
2. Налимов, В. В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / В. В. Налимов, Н. А. Чернова. – М.: Наука, 1965. – 275 с.
3. Гаскаров, Д. В. Оптимизация технологических процессов в производстве электронных приборов / Д. В. Гаскаров, А. А. Дахнович. – М.: Высшая школа, 1986. – 191 с.

УДК 615.477.22

**Широкова Ксения Николаевна, Семёнова Алина Владимировна,
Москвина Анна Евгеньевна,**
направление Управление и информатика в технических системах
(бакалавриат), гр. УИТС-31

Научные руководители: **Кудрявцев Игорь Аркадьевич,**
начальник СКБ;
Перистый Виталий Федорович,
инженер СКБ

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЭКЗОСКЕЛЕТА И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ

Актуальность. Проблемы людей с опорно-двигательным аппаратом – частое явление в современной жизни. Врожденные дефекты, возрастные заболевания, последствия травмы делают процент такого явления недопустимо высоким.

Необходимо отметить, что длительность адаптации, физические затраты персонала и уменьшение срока пребывания пациентов в реабилитационном учреждении предъявляют повышенные требования к рациональному выбору и сочетанию адекватных методов и средств реабилитации.

Применение роботизированных систем (экзоскелетов) совместно с новыми методиками их использования уже само по себе дает ощутимый положительный сдвиг. Нас заинтересовало здесь то, что в ряде современных научных работ отмечено еще одно новшество – использование импульсов электрического тока для форсирования функций мышц, происходящее синхронно с циклом шага пациента в экзоскелете. Такой метод позволяет улучшить двигательную и вестибулярную функции, активизировать волевое усилие. Неходячий человек, делая такие шаги, испытывает высочайший эмоциональный подъем, обретает веру в возможность выздороветь. Лечение при этом становится продуктивным.

Цели работы:

- оценить зависимость эффективности методики синхронизированного применения функциональной электростимуляции (ФЭС) совместно с использованием экзоскелета от параметров стимуляционных токов;
- разработать алгоритм задания параметров физиостимулирующих импульсов (временная последовательность в каналах, интенсивность в каналах) в связи с фазами шага;

- посредством реконструкции ходьбы в экзоскелете определить границы временных интервалов подачи импульсов на гониограммах нижних конечностей экзоскелета.

Задачи исследования:

- рассмотреть существующие устройства ФЭС как самостоятельный электронный модуль;
- разработать свой, более совершенный;
- изучить эффективность методики синхронизированного применения токов ФЭС с экзоскелетом в отношении двигательных функций у пациентов;
- оценить влияние синхронизированных токов ФЭС на динамику показателей мобильности;
- разработать методику включения экзоскелета с ФЭС в комплексные программы лечения и реабилитации пациентов с последствиями травмы опорно-двигательного аппарата.

ФЭС – метод лечебного воздействия импульсными токами, включая прерывистый гальванический ток, с целью возбуждения или усиления деятельности определенных органов или систем.

Анализ результатов проведенных исследований показал, что использование экзоскелета с ФЭС способствует восполнению двигательного дефицита за счет совершенствования контроля за мышцами спины и разгибателями тазобедренного сустава (в среднем на 25 %), улучшению устойчивости ходьбы в продольном и поперечном направлениях (в среднем на 32 % и 25 %), в вертикальном направлении позволяет передвигаться с наименьшими затратами энергии (на 40 %) [1].

Подтверждено, что у пациентов после физических тренировок на экзоскелете с ФЭС показатели психологического статуса в среднем на 20 % выше, чем при стандартной реабилитации. Совершенствование психоэмоционального фона и качества жизни, в свою очередь, позволяет данному контингенту пациентов получить не только физическую реабилитацию, но и социально-бытовую адаптацию в обществе.

Выводы. Разработана методика применения экзоскелета в комплексной реабилитации данной группы больных. Основные принципы включения экзоскелета в реабилитационные программы могут быть использованы в качестве базовой модели при оказании высокотехнологичной медицинской помощи на 2-м этапе реабилитации [2].

Практическое использование заключается в разработке и оценке реабилитационной методики автоматизированной механотерапии для восстановления ходьбы в экзоскелете с ФЭС, а также возможности её использования в отделениях медицинской реабилитации, реабилитационных центрах, специализированных санаториях, а кроме того, применения на амбулаторном этапе [3].

Использование вышеуказанного метода предупреждает возникновение вторичных осложнений, гипотрофии мышц; повышает эффективность восстановления двигательных функций (тренировка опорно-двигательного и вестибулярного аппаратов); сокращает сроки реабилитации; минимизирует физическую нагрузку на инструкторов-методистов ЛФК; способствует формированию компенсации ограничений жизнедеятельности, вызванных нарушением опорно-двигательного аппарата и нервной системы. Технология автоматизированной механотерапии для восстановления ходьбы в экзоскелете будет обеспечивать непрерывную двигательную реабилитацию на стационарном и амбулаторном этапах.

Список литературы

1. Даминов, В. Д. Использование экзоскелета в комплексной реабилитации пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой / В. Д. Даминов, П. В. Ткаченко, О. Э. Карпов // Вестник восстановительной медицины. – 2017. – № 2. – С. 126-132.
2. Карпов, О. Э. Клиническая практика применения экзоскелетов / О. Э. Карпов, П. С. Ветшев, В. Д. Даминов, П. В. Ткаченко // Вестник восстановительной медицины. – 2017. – № 4. – С. 22-28.
3. Ткаченко, П. В. Синхронизированное применения экзоскелета с функциональной электростимуляцией у пациентов с последствиями травмы спинного мозга / П. В. Ткаченко, В. Д. Даминов, О. Э. Карпов // Вестник восстановительной медицины. – 2018. – № 3. – С. 123-130.

УДК621.396.946:519

Трушкова Ольга Александровна,

инженер группы обеспечения использования радиочастотного ресурса
Управления по Республике Марий Эл филиала ФГУП «ГРЧЦ»
в Приволжском федеральном округе

Научные руководители: **Зуев Алексей Валерьевич,**
канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи;

Кислицын Алексей Александрович,

ст. преподаватель кафедры радиотехники и связи

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПОЛОСЫ ЧАСТОТ УСТОЙЧИВОЙ РАДИОСВЯЗИ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ С УЧЕТОМ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ФАКТОРА

Цель проекта – разработка информационно-коммуникационной модели определения надежной радиосвязи с использованием модуля

корректировки дисперсионных искажений для применения в проектировании оборудования систем спутниковой связи.

Проблема распространения в трансионосферном канале широкополосных сигналов обуславливается негативным воздействием дисперсности среды, то есть при распространении через неё происходит изменение фазовых соотношений между гармоническими составляющими сигнала. Это может привести к потере полезной информации в сигнале-носителе [1]. Поэтому **актуальной задачей** является разработка математической модели такого канала распространения радиоволн и получение на ее основе оценки возможных искажений радиосигналов, а также определение оптимальной полосы частот работы систем связи в условиях изменчивой среды. При создании информационно-коммуникационной модели предлагается использовать широкополосные и сверхширокополосные сигналы.

Для осуществления расчетов физическая среда распространения (ионосфера) на основе принципа эквивалентности заменяется линейной системой (радиоканалом) с частотной и импульсной системными характеристиками.

В качестве оценки дисперсионных искажений в проекте используется параметр канала, называемый его полосой когерентности. Полоса когерентности является предельно допустимой величиной для полосы частот канала. В проекте она рассчитывается по экспериментальным исследованиям полного электронного содержания ионосферы. В случае, когда полоса канала превышает полосу когерентности, возникают потери в импульсной мощности.

С помощью построения импульсных характеристик с линейной частотной дисперсией возможно оценить потери в импульсной мощности из-за влияния частотной дисперсии, а именно изменения амплитуды пика формы сигнала, а также наличие шумов. Пример изменений импульсной мощности показан на рисунке 1.

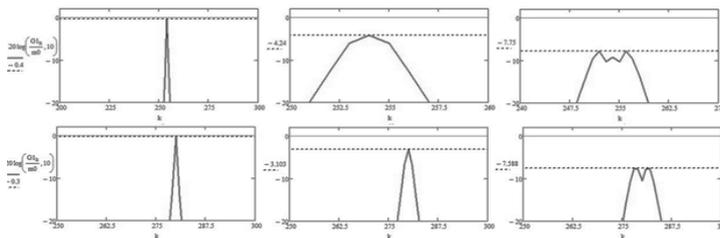


Рис. 1. Потери в импульсной мощности импульсной характеристики из-за влияния частотной дисперсии

Результаты исследований предполагается соединить в единый продукт, представленный в виде интернет-базы, содержащей рекомендации по подбору оптимальной полосы частот для устойчивой связи при любых состояниях ионосферы. В базе данных будет возможно совершать запросы по различным параметрам, а также получить рекомендации по выбору спутниковых систем связи и конкретного оборудования.

Предполагается, что сайт состоит из следующих разделов:

1. База данных по выбору полосы частот.
2. Подбор оборудования – рекомендации по выбору конкретного оборудования для разработчиков систем связи.
3. Подбор ССС – рекомендации по выбору ССС при известном местоположении и других параметров.

Предполагаемый вид интерфейса программы представлен на рисунке 2.

БД по выбору
полосы частот

Подбор
оборудования

Подбор ССС

Определение полосы частот устойчивой связи

Выбор региона

Выбор системы/частота

Поток радионизлучения

Индекс Кр утро день вечер ночь

Вспышки на Солнце
слабые средние сильные

Рис. 2. Предполагаемый вид интерфейса программы

С географической точки зрения, проект является актуальным преимущественно для европейской части Российской Федерации, так как территориальный охват реализации проекта зависит от площади покрытия базовых станций, предоставляющих данные для проведения исследования.

Выводы. Разработанная информационно-коммуникационная модель может быть использована организациями, занимающимися разработкой перспективных систем спутниковой связи, радионавигации. На стадии

проектирования и эксплуатации средств космических и спутниковых систем можно будет закладывать разработанный модуль для учёта влияния дисперсионных искажений с дальнейшей целью их компенсации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-37-00079.

Список литературы

1. Искажения широкополосного радиосигнала в ионосфере, вызванные нелинейной частотной дисперсией / Д. В. Иванов, В. А. Иванов, М. И. Рябова, Н. Н. Михеева, Е. В. Катков // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер. Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. № 2 (18). – С. 5-15.

2. Влияние частотной дисперсии на распространение сигналов при трансионосферном зондировании / В. А. Иванов, Н. В. Рябова, М. И. Рябова, А. А. Кислицын // Материалы XV Международной научно-технической конференции «Проблемы техники и технологий телекоммуникаций» (ПТиТТ-2014). – Казань, 2014. – С. 136-139.

УДК 681.7.068

Смирнов Алексей Николаевич,

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи
(магистратура), гр. ИТС-11

Научный руководитель **Григорьевых Елена Андреевна,**

канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехнических
и медико-биологических систем

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

СЛОЖНЫЕ СИГНАЛЫ В ОПТИЧЕСКОЙ РЕФЛЕКТОМЕТРИИ

Настоящая работа посвящена исследованию принципов оптической рефлектометрии и применению в ней сложных сигналов.

Актуальность. В связи с активным развитием телекоммуникационных технологий, оптическая рефлектометрия вплотную подошла к своим предельным возможностям. Оптические магистрали и регенерационные участки продолжают расти. Требования к точности и скорости измерений линейного волоконно-оптического тракта также постоянно возрастают [1].

Применение сложных сигналов позволяет улучшить разрешающую способность, а также повысить дальность измерений оптического рефлектометра. На практике такие сигналы вызывают много трудностей [2]. Поэтому анализ и решение этих проблем выступают актуальными и необходимыми задачами в оптической рефлектометрии.

Целью работы является исследование возможности применения сложных сигналов для улучшения быстродействия, повышения разрешающей способности, а также увеличения дальности действия современных оптических рефлектометров.

Для решения поставленных задач предлагается исследовать комплекснозначные сигналы применительно к оптической рефлектометрии, их генерирование, обработку и распознавание.

В более ранних исследованиях сложных сигналов в радиолокации и связи комплекснозначные сигналы показали себя оптимальными с точки зрения задач разрешения и распознавания.

В телекоммуникации и связи комплекснозначные сигналы практически позволили достигнуть предела Шеннона. С помощью комплекснозначных сигналов можно решать задачи разрешения и дальности [3].

Для исследования проблемы были поставлены и последовательно решались следующие **задачи**:

- 1) анализ научно-технической литературы, научных публикаций;
- 2) обзор методов рефлектометрии;
- 3) исследование существующих методов применения сложных сигналов в рефлектометрии;
- 4) исследование комплекснозначных сигналов;
- 5) применение в оптической рефлектометрии комплекснозначных сигналов;
- 6) обобщение и анализ результатов исследования, подведение итогов.

Список литературы

1. Измерения на ВОЛП методом обратного рассеяния: учебное пособие для вузов / В. А. Андреев, В. А. Бурдин, В. С. Баскаков, А. Л. Косова, – Самара: СРТЦ ПГАТИ, 2000. – 107 с.: ил.
2. Семин, А. В. Способы формирования сложных зондирующих сигналов для оптических рефлектометров / А. В. Семин, В. Б. Архангельский // Труды учебных заведений связи. – СПб ГУТ. – СПб., 2003. – № 169. – С. 200-213.
3. Фурман, Я. А. Комплекснозначные сигналы и их применение в связи: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов «Телекоммуникации» / Я. А. Фурман, А. А. Роженцов, Р. Г. Хафизов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 167 с.: ил., табл.

УДК 621.396.96

Шаронов Дмитрий Евгеньевич, Ишкаев Тимур Маратович,
направление Электроника, радиотехника и системы связи (аспирантура)

Научный руководитель **Веденькин Денис Андреевич,**
канд. техн. наук, доцент кафедры радиотоники и микроволновых технологий
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А. Н. Туполева – КАИ», г. Казань

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНО-СЕЛЕКТИВНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ПРЯМОУГОЛЬНЫМИ НАГРУЖЕННЫМИ РЕЗИСТОРАМИ СТРУКТУРАМИ

Цель работы – повышение потенциала электромагнитных экранов в СВЧ-диапазоне.

Актуальность исследования обусловлена тем, что в настоящее время широко используются частотно-селективные поверхности в качестве экранов зеркальных антенн, средств радиомаскировки и т.д.

Частотно-селективные поверхности представляют собой решетки проводящих или апертурных элементов. Реализация возможности управления электрофизическими свойствами приведет к расширению возможных применений [1].

Методика и результаты исследования. Для оценки характеристик частотно-селективных поверхностей (ЧСП) был смоделирован делитель, на выходе которого сигналы находятся в противофазе (рис. 1, а). На высоте 2λ над делителем был установлен приемный порт. Коэффициенты отражения и передачи на приемном порте составили $-7,8$ dB и -179 dB соответственно (рис. 1, б) [2].

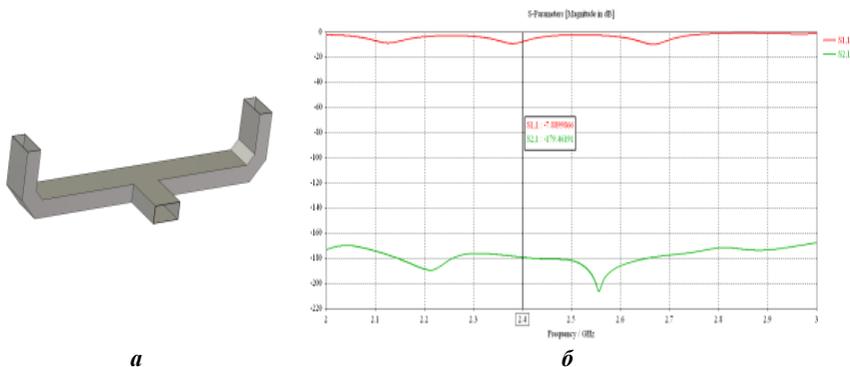


Рис. 1. Модель делителя (а) и коэффициенты приема и передачи делителя (б)

В дальнейшем между одним из выходов делителя и приемным портом был расположен лист из идеального проводника размерами 440×440 мм и толщиной 5 мм (рис. 2, а), для того чтобы проверить, как повлияет внесение неоднородностей между делителем и приемным портом. Полученные коэффициенты отражения и передачи составили -8,6 dB и -25,5 dB соответственно (рис. 2, б).

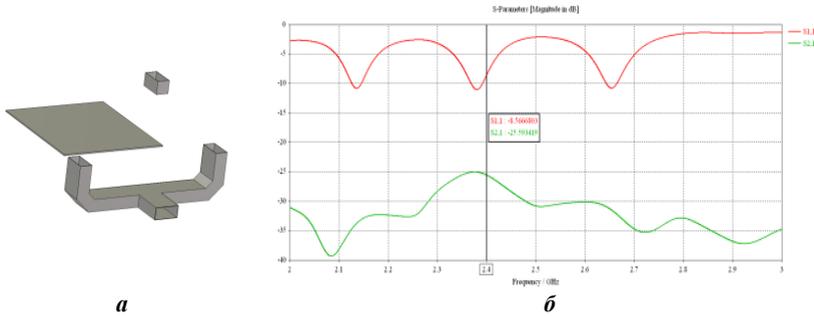


Рис. 2. Модель делителя с неоднородностью (а) и коэффициенты приема и передачи делителя через неоднородность (б)

Так как на выходах делителя сигналы находятся в противофазе, то при закрытии одного выхода делителя листом из проводника коэффициент передачи увеличивается за счет снижения передачи накрытого выхода.

Лист из идеального проводника был заменен листом базовой поверхности из диэлектрика. Размеры листа остались такими же. Полученные коэффициенты отражения и передачи составили -8 dB и -41 dB соответственно. В дальнейших исследованиях будет учитываться только коэффициент передачи, поскольку он должен быть минимален (в случае «разностного» метода на приемной стороне максимальный).

В лист диэлектрика были внедрены полоски из токопроводящего материала, они имеют форму прямоугольников. Ширина токопроводящего материала составила от 2 до 9,5 мм с шагом 1,5 мм (рис. 3, а).

Полученные коэффициенты передачи представлены на рис. 3, б. Наилучший коэффициент передачи получен при ширине токопроводящего материала равной 9,5 мм и составил -38,3 dB.

Затем 1 и 2, 3 и 4 и т.д. элементы ЧСП были соединены между собой нагрузкой. В результате наилучший коэффициент передачи был получен также при использовании структуры с шириной неоднородности в 9,5 мм и составил -34,3 dB (рис. 4, а). После этого каждый элемент ЧСП, т.е. 1 и 2, 2 и 3 и т.д., были соединены нагрузкой, в результате наилуч-

ший коэффициент передачи был также получен при использовании структуры с шириной 9,5 мм, и он составил -28,1 dB (рис. 4, б) [3-4].

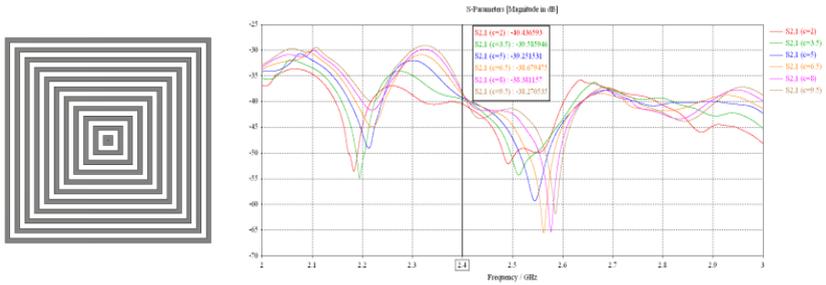


Рис. 3. Структура ЧСП (а) и коэффициенты передачи через полученную структуру (б)

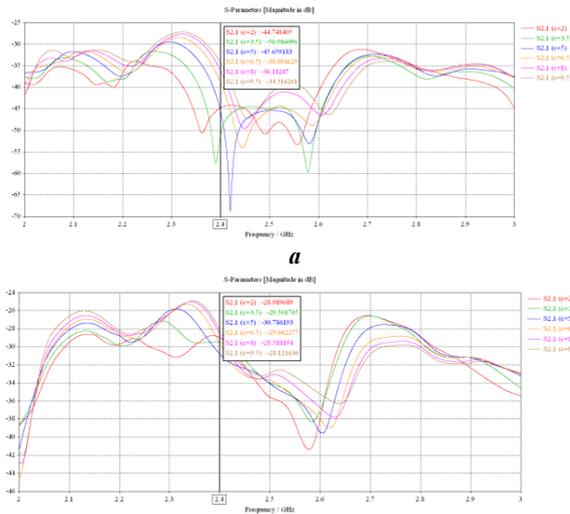


Рис. 4. Коэффициенты передачи при соединении нагрузкой: а – 1 и 2, 3 и 4 и т.д. элементов; б – 1 и 2, 2 и 3 и т.д. элементов

Вывод. В ходе исследований была создана модель делителя с поворотом фазы для оценки характеристик ЧСП. По результатам исследования выявлена наилучшая структура ЧСП из проверенных, с шириной неоднородности, составляющей 9,5 мм.

Список литературы

1. Веденькин, Д. А. Анализ характеристик управляемой частотно-селективной поверхности в СВЧ диапазоне / Д. А. Веденькин, Д. Е. Шаронов // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 2. – С. 1-9.
2. Веденькин, Д. А. «Разностная» модель оценки свойств частотно-селективной поверхности / Д. А. Веденькин, Д. Е. Шаронов, Т. М. Ишкаев // XXIII Туполевские чтения (школа молодых ученых): материалы Международной молодёжной научной конференции. – Казань: Изд-во Академии наук РТ, 2017. – Т. 3. – С. 452-456.
3. Латыпова, А. Ф. Разработка радиопоглотителя на основе печатных биконических вибраторов, нагруженных резисторами / А. Ф. Латыпова, А. Г. Рыжиков // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2014. – Т. 10, № 4. – С. 88-92.
4. Шаронов, Д. Е. Математическое моделирование управляемых частотно-селективных поверхностей / Д. Е. Шаронов, Т. М. Ишкаев // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 2. – С. 1-8.

УДК 621.3

Тришина Евгения Валерьевна,

направление Электроника и наноэлектроника (бакалавриат), гр. ЭиНЭ-41

Научный руководитель **Сушенцов Николай Иванович,**
канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой конструирования
и производства радиоаппаратуры

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВРЕМЕНИ НАПЫЛЕНИЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК ZnO

В статье приведены исследования влияния времени напыления тонких пленок ZnO на их спектр пропускания, показатель преломления и поглощения. Определены ширина запрещенной зоны, а также скорость напыления пленок методом реактивного магнетронного распыления.

Актуальность. ZnO – прямозонный полупроводник n-типа с шириной запрещенной зоны 3,37 эВ. Благодаря своим уникальным оптическим и пьезоэлектрическим свойствам, он может применяться в газовых сенсорах, в качестве детекторного материала для регистрации УФ-излучения. Слои оксида цинка широко используются в «прозрачной» электронике, где применяются для улучшения токосяема, для изменения оптических свойств, а также для создания диффузионного барьера [1].

Важнейшими свойствами являются прозрачность слоев ZnO в видимом диапазоне и совместимость с традиционными электродными материалами, а также возможность улучшения эффективности преобразования солнечного излучения в ультрафиолетовой области спектра [2].

Цель работы – исследовать влияние времени напыления тонких пленок ZnO на их оптические свойства для дальнейшего применения в солнечной энергетике.

Предмет исследования – процесс формирования пленок ZnO.

Задачи: определить влияние времени напыления пленок оксида цинка на спектр пропускания, показатель преломления и поглощения, оценить толщину полученных пленок и ширину их запрещенной зоны.

Методика эксперимента. Для проведения исследований было выполнено 6 образцов с различным временем напыления. Тонкопленочные структуры оксида цинка были получены методом реактивного магнетронного распыления. Параметры технологического процесса напыления представлены в таблице 1.

Таблица 1

Технологический параметр	Значение
Активный газ	50 % Ar
Реактивный газ	50 % O ₂
Материал мишени	Zn
Диаметр мишени	90 мм
Давление	1 Па
Температура нагрева подложек	110 °С
Рабочее напряжение	360 В
Время напыления	3, 5, 7, 10, 15, 20 минут

Спектры пропускания получены на спектрофотометре СФ-2000.

Для изучения показателей преломления и поглощения применялся конвертный метод. Основой его служат конвертные кривые, которые получаются с помощью параболической интерполяции экспериментально определенных точек, соответствующих положению интерференционных максимумов и минимумов на спектрах пропускания.

Используя формулы, приведенные в статье [3, р. 110], получены зависимости характеристик показателей преломления и поглощения от длины волны излучения и определена толщина тонких пленок.

Для определения ширины запрещенной зоны была проведена экстраполяция линейных участков зависимостей $(Kh\nu)^2 = f(h\nu)$ до пересечения с осью энергий $h\nu$.

Результаты эксперимента. На рисунке показаны спектры пропускания тонких пленок для всех 6 образцов.

Наличие пиков на кривых спектра пропускания пленок говорит о наличии интерференционных явлений, что свидетельствует о высоком структурном совершенстве тонких пленок. В области длин волн возле края собственного поглощения пленок стеклянная подложка с пленкой остается полностью прозрачной. С увеличением времени напыления пленок область интерференционных максимумов и минимумов смещается в сторону ИК-излучения.

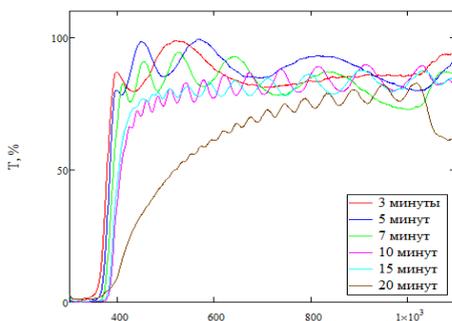


Рис. 1. Спектры пропускания тонких пленок

На рисунке 2 представлены зависимости коэффициентов преломления и поглощения от длины волны излучения. Анализируя зависимости, выявляем закономерное уменьшение показателя преломления и увеличение показателя поглощения с ростом толщины пленок.

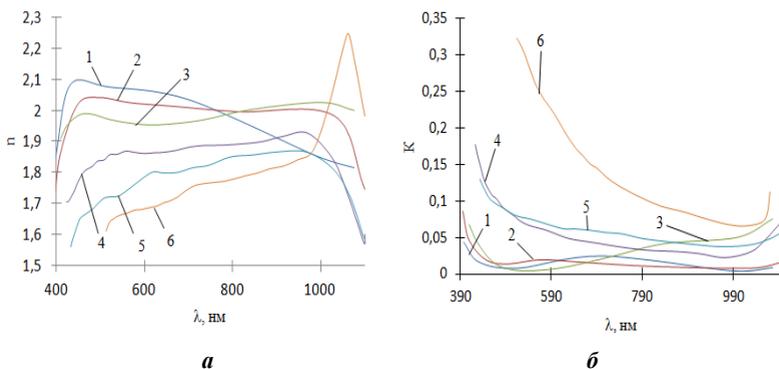


Рис. 2. Зависимость показателя преломления от длины волны излучения (а) и зависимость показателя поглощения от длины волны излучения (б); 1-3 мин., 2-5 мин., 3-7 мин., 4-10 мин., 5-15 мин., 6-20 мин.

Таблица 2 отображает данные по расчетам для толщины пленок и ширины запрещенной зоны для каждого образца.

Таблица 2

№	Время напыления t , мин	Толщина d , нм	Ширина запрещенной зоны E_g , эВ
1	3	286	2,87
2	5	549	3,01
3	7	720	2,81
4	10	1626	2,74
5	15	2012	2,66
6	20	2106	2,01

Средняя скорость напыления пленок методом реактивного магнетронного распыления примерно равна 118 нм/мин. Среднее значение ширины запрещенной зоны оказалось равным 2,68 эВ.

Выводы. В ходе проведения исследований были получены высококачественные тонкие пленки ZnO методом реактивного магнетронного распыления для дальнейшего применения в солнечной энергетике.

При помощи конвертного метода для каждого из 6 образцов были вычислены оптические константы тонких пленок.

С увеличением времени напыления пленки снижается показатель преломления и увеличивается показатель поглощения.

В области длин волн возле края собственного поглощения подложка с пленкой остается полностью прозрачной. При увеличении времени напыления область интерференционных экстремумов сдвигается в длинноволновую область.

Средняя скорость напыления составила 118 нм/мин. Среднее значение ширины запрещенной зоны – 2,68 эВ, что несколько ниже теоретического значения – 3,37 эВ. Кроме того, этот показатель уменьшается с увеличением толщины пленки.

Список литературы

1. Кашкул, И. Технология и свойства пленок оксида цинка для тонкопленочных солнечных модулей: дис. ... канд. наук: 05.27.06 / И. Кашкул. – СПб. гос. электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина). – СПб., 2017. – 117 с.
2. Наноструктурированные материалы на основе оксида цинка для гетероструктурных солнечных элементов / А. А. Бобков, А. И. Максимов, В. А. Мошников и др. // Физика и техника полупроводников. – 2015. – Т. 49, № 10. – С. 1402-1406.
3. Брус, В. В. Оптические свойства тонких пленок $TiO_2 - MnO_2$, изготовленных по методу электронно-лучевого испарения / В. В. Брус, З. Д. Ковалюк, П. Д. Марьянчук // Журнал технической физики. – 2012. – Т. 82, № 8. – С. 110-113.

Научный руководитель **Веденькин Денис Андреевич**,
канд. техн. наук, доцент кафедры радиотоники и микроволновых технологий
ФГБОУ «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ», г. Казань

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БИТОВЫХ ОШИБОК И АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФАЗОВОГО ДРОЖАНИЯ НА УРОВЕНЬ БИТОВЫХ ОШИБОК

Цель работы – создать алгоритм для определения битовых ошибок и посмотреть, как влияет фазовое дрожание на уровень этих ошибок.

Актуальность. В каналах связи при передаче информации возникают фазовые дрожания, что приводит к битовым ошибкам. Это обуславливает необходимость изучения битовых ошибок.

В работе рассмотрены цифровые форматы модуляции:

- двоичная – BPSK;
- квадратурная – QPSK.
- битовые ошибки для модуляции BPSK будут совпадать с символами.

Символьные ошибки определяются с помощью модели, собранной в программном пакете MATLAB Simulink (рис. 1).

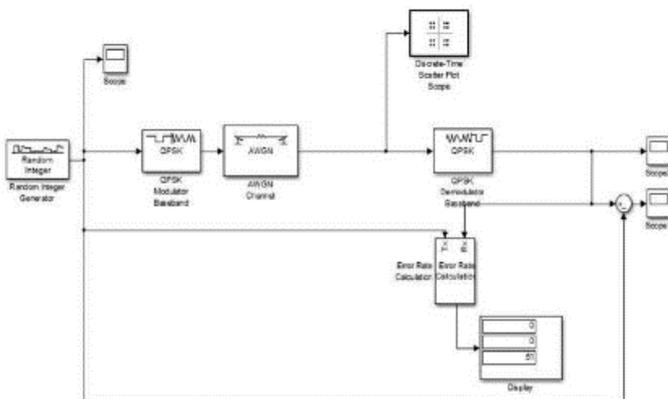


Рис. 1. Компьютерная модель с использованием QPSK модуляции

Однако компьютерные модели, созданные в Simulink, не предназначены для анализа битовых ошибок для QPSK модуляции. Этот факт привел к необходимости разработки алгоритма анализа уровня битовых ошибок при различных значениях фазового дрожания.

Алгоритм по определению битовых ошибок написан в программном пакете MATLAB в виде скрипта, здесь будет показан алгоритм.

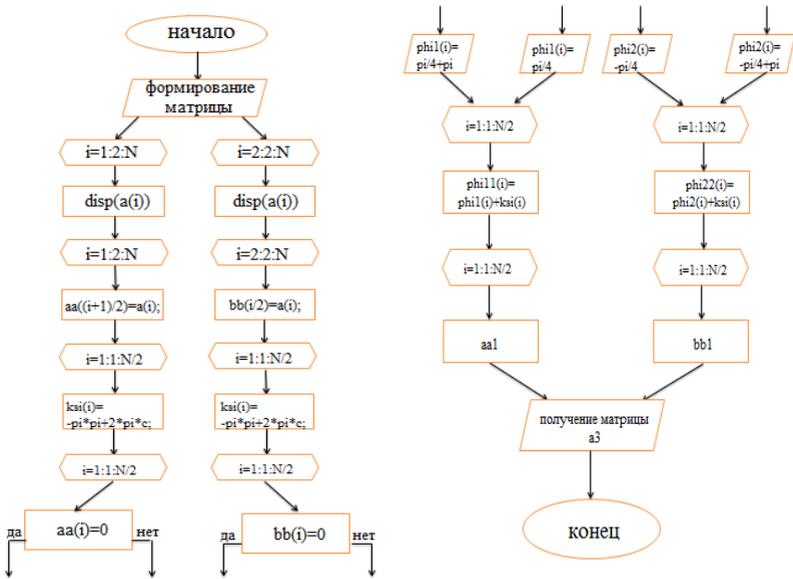


Рис. 2. Блок-схема, поясняющая работу кода для определения ошибочных битов

Фазовое дрожание изменялось от $[-\pi; \pi]$ до $[-\pi/2; \pi/2]$ количество бит $N = 100, 300, 500$. Изменяя фазовое дрожание и количество бит, наблюдали, как изменяется количество битовых ошибок.

Зависимость математического ожидания от количества экспериментов при различных фазах

M(N)	$[-\pi; \pi]$	$[-7\pi/8; 7\pi/8]$	$[-6\pi/8; 6\pi/8]$	$[-5\pi/8; 5\pi/8]$	$[-\pi/2; \pi/2]$
M(100)	54,66	40,66	36,74	32,22	24,24
M(300)	163,86	124,74	113,02	97,98	74,3
M(500)	269,44	204,62	188,34	162,12	127,16

Вывод. По результатам проведенной работы можно сделать вывод, что при уменьшении фазового дрожания количество битовых ошибок уменьшается при разном значении N . Данные исследования могут быть полезны при синтезе сложных радиосигналов, формирование которых описано в [1]. Следующим шагом в изучении стал вопрос о замене ошибочных битов.

Список литературы

1. Радиотонный синтез сложных радиосигналов с линейной частотной модуляцией / А. Р. Насыбуллин, О. Г. Морозов, Д. А. Веденькин, Н. В. Рябова, В. А. Иванов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2015. – № 12. – С. 35-39.

УДК 616-07:621.3

Сулова Анастасия Михайловна,

направление Биотехнические системы и технологии (магистратура),
гр. БТСм-21

Научный руководитель **Хафизов Ринат Гафиятулович,**

д-р техн. наук, проф. кафедры радиотехнических и медико-биологических систем
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Актуальность. В области медицинской диагностики появляются высокотехнологичные аппараты, которые проводят диагностику организма человека в мельчайших подробностях, что, несомненно, способствует скорейшему назначению лечения человеку и его выздоровлению. Однако для получения качественного изображения некоторые виды диагностики используют опасные для пациента излучения, многократное применение которых оказывает на организм пагубное воздействие (например, рентгенография, компьютерная томография).

Для решения данной проблемы необходим метод диагностики, безопасный и для пациента, и для врача, в то же время чтобы информативность полученных результатов исследования была бы на высоком уровне.

Цель данной работы – дать сравнительный анализ методов медицинской диагностики, выявить преимущества и недостатки, а также перспективы использования некоторых из них.

Для первичной диагностики патологий можно применять *термографию*, которая является безвредной, так как в ее основе лежит метод приема теплового поля человека в инфракрасном диапазоне.

Лучевая диагностика – это наука, изучающая применение излучений для исследования строения, а также функций здоровых и патологических систем организма человека с целью контроля, профилактики и определения заболевания. Излучения при лучевой диагностике можно разделить на ионизирующие и неионизирующие.

Лучи *ионизирующего излучения* при воздействии на человека способствуют распаду атомов на ионы в тканях организма. В качестве источника излучения выступает устройство диагностического прибора, например, рентгеновская трубка, радионуклиды или ускорители заряженных частиц. К такому виду излучения относятся рентгенодиагностика, ультразвуковая диагностика, радионуклидная диагностика и компьютерная томография.

Неионизирующие излучения не вызывают распад молекул на ионы, тем самым являются безопасными для человека. К ним можно отнести инфракрасное или тепловое излучение, а также резонансное, которое образуется при воздействии магнитного поля [1].

Рентгенодиагностика широко используется в травматологии, также ее активно применяют для исследования болезней легких, почек и пищеварительного тракта. Достоинства данного метода: быстрое выполнение исследования; простое устройство и экономичность рентген-аппаратов. Недостатки: высокая лучевая нагрузка при неоднократном одновременном проведении исследования; низкая разрешающая способность для анализа малоконтрастных тканей [2].

Ультразвуковая диагностика – метод исследования, который основан на визуализации внутренней среды организма человека за счет отражения ультразвуковых волн от тканей и органов. Широкое применение УЗИ в медицине обусловлено его быстротой, точностью и безопасностью для пациента и медицинского персонала. Недостатками метода УЗИ являются: высокая степень зависимости от аппарата и оператора; субъективная интерпретация изображения; достаточно плохая информативность застывших изображений; механическое, термическое и физико-химическое воздействие на ткани организма пациента [3].

Информативность изображения, получаемого при помощи *компьютерной томографии*, намного выше, чем в рентгенодиагностике, ввиду высокой точности измерения рентгеновской плотности. Также немаловажным достоинством метода является получение изображения в цифровом виде, которое можно использовать для дальнейшей математиче-

ской обработки. Недостатком метода является лучевое воздействие на организм пациента. Однако в КТ рентгеновский пучок действует локально и органы, которые не попадают в зону действия лучей, остаются в безопасности [1].

Магнитно-резонансная томография основывается на образовании в ядрах водорода, которые находятся в магнитном поле, электромагнитного сигнала при воздействии на них радиочастотных импульсов. Достоинства метода – это создание значительного контраста между интересующей областью и окружающими тканями; высокая информативность и высокое качество полученных изображений; не оказывает лучевой нагрузки на пациента и персонал, так как в данном методе используется магнитное поле. Недостатками являются противопоказания для пациентов с инородными металлическими телами, осколками, ферромагнитными имплантатами, а также беременных, больных клаустрофобией, пациентов с судорожным синдромом и с двигательной активностью; плохая визуализация костей.

Инфракрасная термография направлена на регистрацию теплового поля человека в инфракрасном диапазоне. Изображение теплового поля тела человека отображает распределение температуры на поверхности тела и является высокоинформативными. Это обусловлено тем, что с помощью термограммы могут быть получены данные о процессах, которые протекают внутри организма, во внутренних органах, в системе кровообращения и т.д. [3].

Результаты исследования. На основе рассмотренных методов диагностики можно подвести итоги и сделать следующие выводы.

Во-первых, для осуществления перечисленных видов диагностики применяют различные виды излучения: рентгеновское, электромагнитное, ультразвуковое. Данные виды излучения являются опасными для организма пациента и персонала.

Во-вторых, аппараты для томографии, рентгенографии требуют обязательного присутствия врача, который будет контролировать процесс диагностики.

В-третьих, приборы имеют весомые габариты, что позволяет работать с ними только в условиях больницы.

В-четвертых, сам аппарат, а также процедура исследования дорогостоящая, и не все желающие могут ее пройти.

В-пятых, существуют противопоказания к применению некоторых методов в связи с происхождением излучения.

Выводы. Термографический метод, по сравнению с томографией, рентгенографией и УЗИ, абсолютно безопасный метод диагностики, так

как в его основе лежит не излучение опасных лучей, а регистрация теплового излучения человека в инфракрасном диапазоне. Благодаря этому пациент и персонал не подвергаются лучевой нагрузке. Кроме того, данный метод недорогой ввиду дешевизны составляющих компонентов тепловизора, что обуславливает невысокую стоимость процедуры исследования. Однако данный метод в большей степени приемлем для первичной диагностики.

Список литературы.

1. Лучевая диагностика: Т.1 / по ред. проф. Г. Е. Труфановой. – М.: Изд. группа «ГЗОТАР-Медиа», 2007. – 416 с.
2. Терновой, С. К. Лучевая диагностика и терапия: учебное пособие / С. К. Терновой, В. Е. Сеницын. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 304 с.
3. Источники ионизирующей радиации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.safework.ru/iloenc?doc&nd=857100191&nh=0&ssect=1> (дата обращения 08.03.2018).
4. Термография в медицине // Медицинская энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://doktorland.ru/termografiya.html> (дата обращения 23.11.2017).
5. Тепловизионная биомедицинская диагностика: учеб. пособ. для студ. фак. нано- и биомед. технологий, обуч. по спец. «Медицинская физика» и направлению «Биомедицинская инженерия» / А. В. Скрипаль, А. А. Сагайдачный, Д. А. Усанов. – Саратов, 2009. – 118 с.

УДК 621.396

Филареева Ирина Дмитриевна, Чикляев Никита Александрович,
направление Радиотехника (магистратура), гр. 5188

Научный руководитель **Веденькин Денис Андреевич,**
канд. техн. наук, доцент кафедры радиофотоники и микроволновых технологий,
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева» – КИИ, г. Казань

АНАЛИЗ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ, ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ИХ СНИЖЕНИЕ, И СПОСОБ УСТРАНЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ

В настоящее время все чаще можно заметить рост количества возводимых деревянных домов по всему миру, потому что древесина как конструкционный и отделочный материал обладает рядом достоинств.

Однако на древесину в процессе эксплуатации воздействует целый ряд факторов окружающей среды, таких как:

- климатические (УФ-излучение, влажность, ветровые нагрузки, кислород воздуха);
- биологические (грибные поражения, поражения насекомыми, бактериями, водорослями).

Данные факторы приводят к старению и разрушению древесины.

Самым сложноустраняемым недостатком является борьба с биологическим фактором.

Рассмотрим подробнее основные виды организмов, провоцирующих негативное воздействие данного фактора.

Грибы являются самыми безжалостными истребителями древесины в природе. В период зрелости гриб вырабатывает миллионы спор в сутки, хотя много их погибает, но много также переносится животными, насекомыми и ветром, приводя к заражению незащищенную древесину.

Самым распространённым вредителем древесины являются различные насекомые, такие как жуки (точильщики, дровосеки, короеды, долгоносики), рогохвосты, муравьи, термиты и другие. Некоторые из них проделывают ходы только в коре, а многие углубляются в древесину. Личинки насекомых проделывают в древесине ходы и отверстия до 40 м в длину.

При длительном хранении наиболее доступным способом защиты древесины от насекомых на всех стадиях их развития являются химические препараты. Но данные препараты могут отрицательно воздействовать на животных и человека.

Радикальным средством стерилизации очагов поражения является тепловая обработка древесины в электромагнитном поле СВЧ. Данная установка была предложена научными сотрудниками И. А. Ивановым, В. Н. Тихоновым, О. Э. Прониной [1]. Эта установка предназначена для уничтожения грибка и личинок древесного жука в деревянных конструкциях и на поверхности.

Работа данного излучателя состоит в следующем: излучение формируется вдоль оси излучателя (рупора) и излучает СВЧ-лучи на квадратную зону (максимально 30×30 см) в течение 5-10 мин., разогревая перед собой дерево и все, что находится внутри дерева.

Данная разработка обладает рядом достоинств, прежде всего таких, как практическая необходимость, малогабаритность, мобильность.

Но также она имеет существенный недостаток в виде маленькой зоны покрытия СВЧ-излучением. Для преодоления этого недостатка

предполагается добавить в установку дополнительные рупорные антенны и также их оптимизировать. Было предложено увеличить количество антенн до 4 штук, кроме того, рассматривается установка антенн в 2 разных комбинациях. Первая комбинация выстраивает антенны в квадрат. Вторая комбинация выстраивает антенны в ряд.

Также альтернативой рупорным антеннам решеткам может выступить сфокусированная фазированная антенная решетка (СФАР). Для нахождения жука можно использовать акустические методики. Используя СФАР, мы можем сфокусировать СВЧ-излучение в конкретной точке и уничтожить жука/личинку. Свойства СФАР и методы акустического поиска более подробно рассмотрены в статьях [2-6].

На данный момент идет поиск более эффективного метода решения поставленной задачи. В дальнейшем будут рассматриваться варианты практической реализации данного прототипа и проведение его испытаний.

Список литературы

1. Иванов, И. А. СВЧ установка для дезинсекции древесины [Электронный ресурс] / И. А. Иванов, В. Н. Тихонов, О. Э. Пронина // Современная техника и технологии. – 2015. – № 8. – URL: <http://technology.snauka.ru/2015/08/7713>.
2. Веденькин, Д. А. Разработка алгоритма пеленгации с использованием сфокусированной апертуры / Д. А. Веденькин, Н. А. Чикляев // Вестник НЦ БЖД. – 2018. № 3 – С. 134-138.
3. Веденькин, Д. А. Особенности построения решеток излучателей для задач акустического неразрушающего контроля / Д. А. Веденькин, Ю. Е. Седельников // Перспективы науки. – 2013. – № 10 (49). – С. 152-154.
4. Веденькин, Д. А. Свойства сфокусированных антенн для задач акустической эхолокационной диагностики / Д. А. Веденькин, Ю. Е. Седельников, О. В. Потапова // Нелинейный мир. – 2014. – Т. 12. № 10. – С. 64-68.
5. Свойства объемных случайных антенных решеток, сфокусированных в зоне ближнего излученного поля / Д. А. Веденькин, Ю. Е. Седельников, А. Р. Насыбуллин, Н. В. Рябова, В. А. Иванов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2015. – № 12. – С. 30-34.
6. Веденькин, Д. А. Сфокусированные антенны для систем радиосвязи с группой малоразмерных летательных аппаратов / Д. А. Веденькин // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2007. – Т. 10. – № 5. – С. 36.

УДК 621.396

Чикляев Никита Александрович, Филареева Ирина Дмитриевна,
направление Радиотехника (магистратура), гр. 5188

Научный руководитель **Веденькин Денис Андреевич,**
канд. техн. наук, доцент кафедры радиотоники и микроволновых технологий
*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А. Н. Туполева» – КАИ, г. Казань*

ВАРИАНТ ИНТЕГРАЦИИ Y-ПОДОБНОГО ДЕЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ В ДИАГРАММООБРАЗУЮЩУЮ СХЕМУ СВЧ-УСТАНОВКИ ДЛЯ САНИТАРНОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

Целью работы является совершенствование и оптимизация существующего метода дезинфекции древесины с использованием микроволнового излучения с Y-образным делителем мощности.

Актуальность. В настоящее время все большая часть населения желает жить в деревянных домах, потому что древесина как конструкционный и отделочный материал обладает рядом достоинств. Однако в процессе эксплуатации на древесину воздействует целый ряд факторов окружающей среды, приводя к ее старению и разрушению. Среди них различают климатические (УФ-излучение, влажность, ветровые нагрузки, кислород воздуха) и биологические (грибные поражения, поражения насекомыми, бактериями, водорослями) факторы.

Самыми распространёнными вредителями являются насекомые, уничтожающие дерево изнутри. Данный вид насекомых называется точильщики.

Одно из решений этой проблемы было найдено исследователями И. А. Ивановым, В. Н. Тихоновым, О. Э. Прониной [1]. Ими была предложена установка с использованием магнетрона, подключенного к блоку питания, и одной рупорной антенной, подключенной к магнетрону с максимальной зонной покрытия 30×30 см.

Данная установка излучала СВЧ-лучи на квадратную зону с удалением от дерева на 5-10 см, в течение 5-10 мин., разогревая перед собой дерево и все, что находится внутри его. Расстояние до дерева и время прогрева формировалось исходя из толщины деревянного перекрытия и его вида.

Данная установка представляет собой две коробки, соединенные между собой с помощью силового кабеля. Первая коробка представляла собой блок питания для магнетрона, а вторая являлась самим магнетроном и подключенной к нему рупорной антенной.

Также из блока питания выведен пульт для удаленного управления установкой. На данном пульте размещены регулятор для установки времени облучения СВЧ-лучами и кнопка удаленного включения/выключения установки [2].

Предлагаемая разработка обладает рядом достоинств, одно из которых – малогабаритность. Но также она имеет существенный недостаток в виде маленькой зоны покрытия СВЧ-излучением. Для преодоления этого недостатка предполагается добавить в установку Y-образный делитель мощности и установить дополнительную рупорную антенну. На данный момент рассматривается возможность добавления нескольких подобных делителей мощности для увеличения общего количества рупорных антенн.

Такой вариант позволит увеличить зону покрытия СВЧ-излучения. Но минусом данного варианта является увеличение время прогрева дерева, что скажется на общем качестве работы всей установки. Также перед каждой из антенн необходимо установить аттенюатор для возможности установки разных вариантов прогрева дерева.

На данный момент ведется активное изучение материалов по рассматриваемой тематике. Прорабатываются варианты подхода к данной проблеме, изучается соответствующая специальная литература, ведется поиск более эффективного метода решения поставленной задачи.

Также альтернативой может выступить использование сфокусированной антенной решетки (СФАР) [3]. Применяя СФАР, мы можем сфокусировать СВЧ-излучение в одной точке, где находится паразит, и избавиться от него. Свойства сфокусированных антенных решеток более подробно рассмотрены в опубликованных ранее статьях [4-7].

Список литературы

1. Иванов, И. А. СВЧ установка для дезинсекции древесины [Электронный ресурс] / И. А. Иванов, В. Н. Тихонов, О. Э. Пронина // Современная техника и технологии. – 2015. № 8. – URL: <http://technology.snauka.ru/2015/08/7713>.
2. Веденькин, Д. А. Оценка электромагнитной совместимости радиотехнического оборудования перспективных беспилотных летательных аппаратов на этапах разработки / Д. А. Веденькин, Ю. Е. Седельников, В. Е. Латышев // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2016. – № 1 (20). – С. 57-64.
3. Веденькин, Д. А. Разработка алгоритма пеленгации с использованием сфокусированной апертуры / Д. А. Веденькин, Н. А. Чикляев // Вестник НЦ БЖД. – 2018. – № 3. – С. 134-138.
4. Веденькин, Д. А. Оценка коэффициентов связи антенн для задач обеспечения ЭМС бортового РЭО перспективных беспилотных авиационных комплексов

сов / Д. А. Веденькин, В. Е. Латышев, Ю. Е. Седельников // Журнал радиоэлектроники. – 2014. – № 12. – С. 14.

5. Веденькин, Д. А. Особенности построения решеток излучателей для задач акустического неразрушающего контроля / Д. А. Веденькин, Ю. Е. Седельников // Перспективы науки. – 2013. – № 10 (49). – С. 152-154.

6. Веденькин, Д. А. Свойства сфокусированных антенн для задач акустической эхолокационной диагностики / Д. А. Веденькин, Ю. Е. Седельников, О. В. Потапова // Нелинейный мир. – 2014. – Т. 12. № 10. – С. 64-68.

7. Свойства объемных случайных антенных решеток, сфокусированных в зоне ближнего излученного поля / Д. А. Веденькин, Ю. Е. Седельников, А. Р. Насыбуллин, Н. В. Рябова, В. А. Иванов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2015. – № 12. – С. 30-34.

УДК 621.37

Таратин Иван Андреевич,

направление Радиоэлектронные системы и комплексы (бакалавриат), гр. РСК-41

Научный руководитель **Евдокимов Алексей Олегович,**

канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехнических

и медико-биологических систем

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

РОБОТ ДЛЯ ЛОГОПЕДИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕЧИ У ДОШКОЛЬНИКОВ

На сегодняшний день логопедия развита очень сильно, имеется множество методик по развитию речи человека. Логопеды чаще всего встречаются в заведениях среднего образования, детских садах, в медицинских учреждениях.

Наш проект будет направлен на разработку логопедического робота, призванного помочь специалистам в их деятельности.

Будет разработана специальная модель головы робота, все команды станут подаваться от устройства, созданного на базе Raspberry Pi или Arduino. Чтобы человек более спокойно воспринимал внешность робота, будет смоделирована модель головы, со специальными мимическими жестами лица.

Принцип работы заключается в следующем: робот будет основан на базе повторения слов, задаваемых программой, человек должен повторять произношение до тех пор, пока не будет более правильно произносить.

Прямых аналогов не существует, имеются косвенные аналоги по типу приложений «Мой говорящий Том», обычных роботов, которые, однако, не используют мимику, существуют японские роботы, которые не изображают точную мимику лица.

Реализация проекта рассчитана на два года. Проект будет запатентован. Данный робот может быть востребован в школах, детских садах, в медицинских учреждениях.

Список литературы

1. <http://raspberrypi.ru/> Русскоязычное сообщество пользователей Raspberry Pi.
2. <http://psylist.net>.
3. <https://ru.wiktionary.org/wiki>.

УДК 621.396

Конкин Никита Александрович,

направление Электроника, радиотехника и системы связи (аспирантура),
гр. ЭРСС-11

Научный руководитель **Рябова Наталья Владимировна,**

канд. физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой радиотехники и связи
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ ПОЛОС КОГЕРЕНТНОСТИ ИОНОСФЕРНЫХ РАДИОКАНАЛОВ

Актуальность. Созданный программный комплекс призван решить проблему представления информации о состоянии ионосферы по данным спутников ГЛОНАСС\GPS. С увеличением объемов обрабатываемых данных возникла проблема скорости создание электронных карт полос когерентности ионосферы Земли, решение данного вопроса является важной задачей для оперативного предоставления карт с необходимыми параметрами.

Стоит отметить, что разработанной комплекс программ способен создавать карты различных значений, например, полного электронного содержания или других различных статистических характеристик, но было выбрано значение полосы когерентности, представляющей собой полосу частот, на границах которой набег нелинейной составляющей фазы частотной характеристики равен 1 рад, т.е. полоса когерентности дает возможность получать значения частоты, наименее подверженные дисперсионным искажениям и идеальные для связи.

Методика и результаты исследования. Реализованный программный комплекс автоматизированного построения электронных карт полос когерентности ионосферных радиоканалов состоит из пяти элементов:

- 1) программное обеспечение для конвертации RINEX[1] файлов в текстовый формат .dat;
- 2) программное обеспечение для пересчета содержимого .dat файлов в формат, пригодный для создания электронных карт, которые отражают данные о полном электронном содержании;
- 3) программное обеспечение для получения данных о полном электронном содержании (ПЭС) из базы данных IRI (International Reference Ionosphere);
- 4) программное обеспечение для пересчета данных ПЭС (п. 2) в значения полос когерентности, с использованием полученной информации из IRI;
- 5) графический интерфейс, позволяющий не только строить электронные карты, но и выбирать интересующий временной диапазон, шаг, с которым меняется временной диапазон, необходимые приемные станции, а также графическую настройку карты.

Алгоритм работы представлен на рисунке 1, все основные модули реализованы на языке программирования AutoIt[2], в компиляции с базой данных PostgreSQL [3].

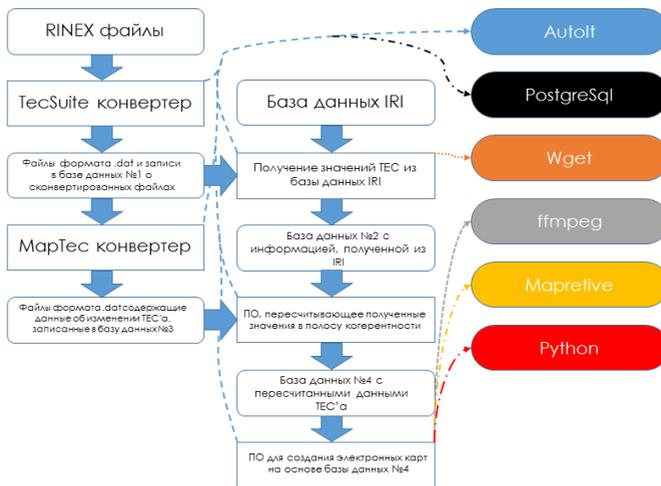


Рис. 1. Алгоритм построения электронных карт ионосферы Земли и используемое на каждой стадии программное обеспечение

Первая итерация комплекса показала, что для создания карт за длительный период времени (от нескольких недель) необходимо обработать очень большое количество информации конечной базы данных. Таким образом, создание карт занимает длительное время, например, для создания карты за сутки для 20 станций требуется 40 минут.

Для решения данной проблемы была модифицирована последняя стадия работы алгоритма и создан скрипт на языке программирования Python, позволивший разбить процесс создания на несколько потоков, количество которых зависит от количества ядер используемой рабочей станции. Вследствие данной модификации появилась возможность тонкой настройки итоговой карты.

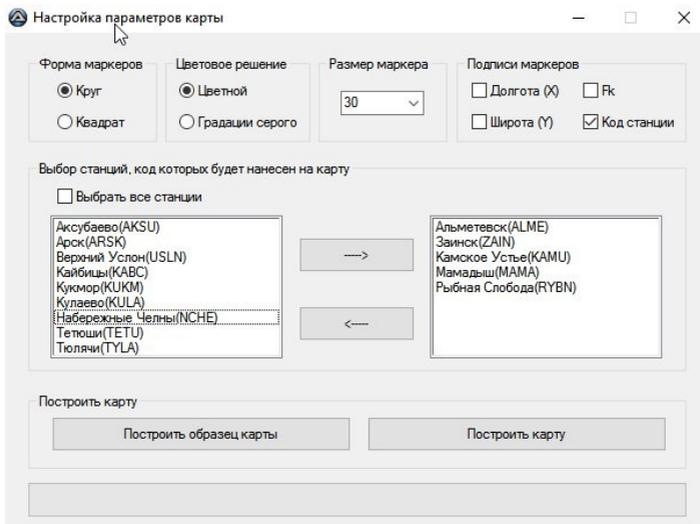


Рис. 2. Интерфейс тонкой настройки итоговой электронной карты

Данные настройки позволяют выбрать форму маркеров, их цветовое решение, размер, подписи. При большом количестве станций подписи могут перекрывать друг друга, для решения этой проблемы добавлен выбор станций, названия (код) которых будут нанесены на карту. Также перед финальным построением анимированной карты теперь есть возможность сделать предпросмотр карты с выбранными настройками, чтобы при желании изменить их.

Выводы. Таким образом, модернизированный программный комплекс автоматизированного построения электронных карт полос когерентности ионосферы Земли в последней своей версии позволил решить

проблему медленного построения карт, например, карта за сутки с шагом 30 секунд для 20 станций строится теперь за 8 минут, против 40 в первой итерации. Кроме того, появилась возможность улучшить подход к графической составляющей карт и к информационной путем произведения тонких настроек параметров карты. Получаемые в итоге карты представлены на рисунке 3.

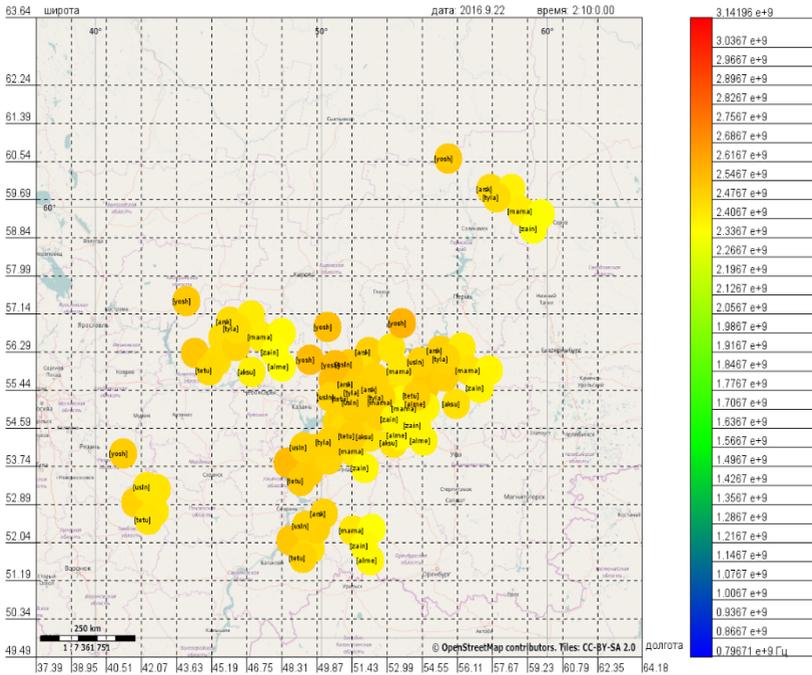


Рис. 3. Сэмпл карты полос когерентности ионосферы Земли

Работа выполнена при поддержке грантов Российского фонда фундаментальных исследований: № 17-07-01590; № 18-07-01377.

Список литературы

1. Werner Gurtner and Lou Estey. RINEX: The Receiver Independent Exchange Format Version 2.11., 2006. [ftp://igscb.jpl.nasa.gov/igscb/data/format/rinex211.txt].
2. Andy Flesner, AutoIt v3: Your Quick Guide. – O'Reilly Media, Inc. – 2007.
3. The PostgreSQL Global Development Group, PostgreSQL 10.6 Documentation. – 2018.

Пянькина Инесса Алексеевна,
направление Проектирование вычислительных систем (магистратура),
гр. ЭВСм-21

Научный руководитель **Рябов Игорь Владимирович,**
д-р техн. наук, профессор кафедры проектирование и производство ЭВС
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДАЛЬНЕЙ КВ-СВЯЗИ (ПЕРЕДАЮЩАЯ ЧАСТЬ)

В данной статье речь пойдет о передающей части аппаратно-программного комплекса дистанционного зондирования атмосферы, который формирует и усиливает сигнал для дальнего распространения коротких радиоволн на большие расстояния. Можно также получить амплитудно-частотные и дистанционно-частотные характеристики радиолиний на трассах различной протяженности, что может обеспечить связь в труднодоступных районах.

Ключевые слова: аппаратно-программный комплекс, КВ-связь, ионосфера, приемник навигационных сигналов ГЛОНАСС/GPS, синхрометр, цифровой вычислительный синтезатор, антенно-фидерное устройство.

Актуальность. В современном мире системы связи с использованием декаметровых радиоволн (коротких волн) сохраняют свою значимость. Радиосвязь на коротких волнах (КВ) ионосферными лучами является экономичным способом дальней связи. Короткие волны отражаются от ионосферы с малыми потерями и путём многократных отражений от ионосферы и поверхности Земли они могут распространяться на большие расстояния. Данный диапазон частот широко используется для радиовещания на труднодоступные районы страны и на другие страны [3].

Стоит отметить, что основным недостатком КВ-связи является низкая устойчивость к помехам. Для того чтобы повысить помехозащищенность, применяют габаритные антенны. С целью обеспечения помехозащищенности, увеличения области применения КВ связи предлагаем рассмотреть передающую часть базовой станции дистанционного зондирования атмосферы.

Аппаратно-программный комплекс предназначен для дистанционного зондирования атмосферы и может использоваться в радиолокации, навигации и связи. Преимуществом данного аппаратно-программного

комплекса является возможность получения АЧХ и дистанционно-частотных характеристик радиолиний на трассах различной протяженности и ориентации, а также проведения измерений доплеровского сдвига частоты отраженного радиосигнала [2].

Передающая часть аппаратно-программного комплекса (АПК) предназначена для формирования и усиления сигнала с целью излучения дальнего распространения коротких радиоволн на дальние расстояния.

Применение цифрового синтеза сложных сигналов дает возможность значительно (на 1-2 порядка) уменьшить мощность передатчика, сохраняя при этом помехозащищенность и помехоустойчивость связной аппаратуры.

Рассмотрим структурную схему передающей части АПК дистанционного зондирования атмосферы.

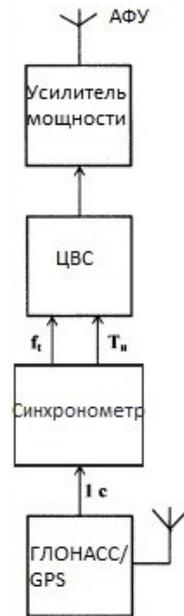
Передающая часть АПК содержит двухсистемный приемник навигационных сигналов ГЛОНАСС/GPS, подключенный к опорному входу синхронметра, выход которого подключен к тактовому входу ЦВС; последовательно соединенные цифровой вычислительный синтезатор, усилитель мощности; антенно-фидерное устройство [2].

Структурная схема аппаратно-программного комплекса дистанционного зондирования атмосферы приведена на рисунке. Далее рассмотрим принцип его работы.

Синхронметр, предназначенный для формирования и выдачи информации о текущем времени в виде последовательности импульсов, вырабатывает «синусоидальный» сигнал опорной частоты и импульс запуска для цифрового вычислительного синтезатора (ЦВС).

Сигнал опорной частоты поступает на тактовый вход цифрового вычислительного синтезатора.

Для увеличения точности поддержания частоты в синхронметре и привязке импульса запуска к сигналам точного времени используется двухсистемный приемник навигационных сигналов ГЛОНАСС/GPS.



Структурная модель передающей части АПК дистанционно-го зондирования атмосферы

Цифровые вычислительные синтезаторы обладают высокими техническими характеристиками, такими как:

- цифровое управление частотой и фазой выходного сигнала;
- цифровой интерфейс, позволяющий реализовать микроконтроллерное управление;
- быстрое переключение на другую частоту без фазовых разрывов.

Сигнал с выхода ЦВС подается на усилитель мощности. В базовой станции используется широкополосный усилитель. Он обеспечивает равномерное усиление в широком диапазоне частот.

Через антенно-фидерное устройство сигнал излучается в атмосферу Земли. Электрическое подключение антенны осуществляется с помощью фидера.

Передатчик базовой станции излучает реперный ЛЧМ-сигнал длительностью 1 секунда (в режиме синхронизации). На приемном конце радиолинии, изменяя задержку момента запуска Δt ЦВС, добиваются появления гармонического тонального сигнала; при этом отраженный сигнал попадает в полосу пропускания приемника [2].

Далее по заранее записанной программе увеличивают длительность ЛЧМ-сигнала до 120-240 секунд (снятие ДЧХ).

Выводы. Разработанная структура передающей части АПК дистанционного зондирования атмосферы обеспечивает формирование и передачу непрерывных частотно-модулированных сигналов в КВ-диапазоне частот на расстояние до трех-четырех мегаметров без использования ретрансляторов. Существенно, что при этом обеспечивается хороший уровень помехозащищенности, удается снизить мощность энергопотребления и соответственно стоимость передающей части аппаратно-программного комплекса.

Список литературы

1. Пат. 2611587 Российская Федерация. МПК G 01 S 19/14. Базовая станция дистанционного зондирования атмосферы / Рябов И. В., Толмачев С. В., Чернов Д. А., Юрьев П. М., Стрельников И. В., Клюжев Е. С. (РФ). – Оpubл. 28.02.2017. Бюл. № 7. – 10 с.
2. Пат. 2204197 Российская Федерация. МПК H 03 L 7/18. Цифровой синтезатор частотно-модулированных сигналов / Рябов К. В., Рябов В. И. (РФ). – Оpubл. 10.05.2003; Бюл. № 13. – 4 с.
3. Радиосвязь / О. В. Головин, Н. И. Чистяков, В. Шварц [и др.]. – М.: Горячая линия. – Телеком, 2003. – 288 с.

Антропов Дмитрий Николаевич,
направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи
(магистратура), гр. ЗИТС-31м

Научный руководитель **Зуев Алексей Валерьевич,**
канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ГЕОМАГНИТНЫХ УСЛОВИЙ НА КАЧЕСТВО РАБОТЫ ТРАНСИОНОСФЕРНОГО КАНАЛА

Цель работы – создание программно-аппаратного комплекса, разработка и исследование элементов универсальной экспертной системы, позволяющих решать задачи влияния геомагнитных факторов.

Актуальность проекта обусловлена тем, что в последние годы ученые активно работают над изучением фазовых флуктуаций и сбоев фазовых измерений и диапазона кода в спутниковой радионавигационной системе (СРНС) с точки зрения геомагнитных возмущений. Тем не менее, с точки зрения потребителя гораздо более актуальны исследования влияния геомагнитных возмущений на качество функционирования СРНС.

Оборудование и системы всегда подвержены влиянию геомагнитных возмущений, и любое электротехническое оборудование само по себе, более или менее, является генератором электромагнитных помех.

Геомагнитные условия тесно связаны с понятием электромагнитная совместимость (ЭМС). ЭМС – фундаментальный критерий, который обязательно должен учитываться во всех стадиях проектировки и производства продукции, а также в ходе установки и монтажа. Более того, ЭМС сейчас включена в стандарты и становится обязательным требованием. Именно поэтому в настоящее время затрагиваемая тема является актуальной.

Описание проекта. С помощью данного программного продукта на основе существующих методик и исходных данных можно оценивать геомагнитную составляющую различных радиоэлектронных средств.

Данная программа строится на основе экспертной системы. Алгоритм работы системы отображает работу самой системы. Начало программы – это пользовательский интерфейс, с помощью которого пользователь работает с системой. Далее производится выбор формулы для

определения, какого результата хочет получить пользователь от расчета. В зависимости от выбранной формулы необходимо ввести соответствующие константы.

Полученные расчеты сравниваются с эталонными данными, и в зависимости от результата сравнения система определяет, каким будет следующий шаг. При отрицательном результате производится анализ ошибки расчета и выдаются рекомендации по их устранению. При положительном результате сравнения производится формирование предложений и рекомендаций по использованию оборудования. Эта информация отображается на этапе вывода результатов.

Структура экспертной системы представлена на рисунке.

Пользователь – это непосредственно сам эксперт, которому требуется расчет для оценивания электромагнитной совместимости.

Интерфейс – через него осуществляется доступ к вводу данных, вывод результатов, а также доступ к редакторам баз.

Ввод данных – здесь производится ввод тех данных, которые необходимы для расчета.

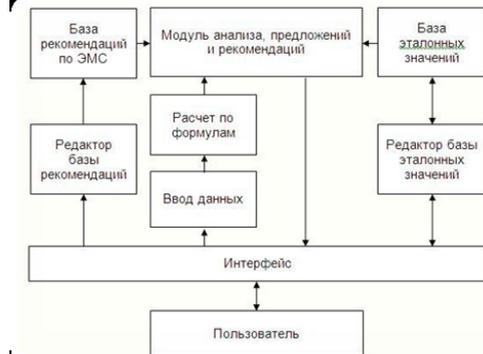
Расчет по формулам – здесь производится непосредственный расчет исходя из введенных данных.

Модуль анализа – этот модуль является сердцем системы, он играет главную роль. После расчета этот модуль производит анализ полученных результатов и сравнивает их с оптимальными характеристиками для данного расчета, после чего выдаются рекомендации по изменению каких-либо параметров.

Редакторы баз рекомендации и эталонного значения – это отдельные подпрограммы, которые дают возможность изменять, добавлять и удалять данные в базах.

Выводы. Существующие программно-аппаратные комплексы ориентированы на локальные объекты, а также на территории большой площади.

Предполагается также, что полученный продукт будет прост в использовании и сравнительно дешев.



Структура экспертной системы

Список литературы

1. Бадер, М. П. Электромагнитная совместимость / М. П. Бадер. – М., 2002. – 638 с.
2. Уилльям, Т. Электромагнитная совместимость для систем и установок / Т. Уилльям // СРР-технологии. – 2004. – 508 с.
3. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи / сост. Д. Р. Ж. Уайт Джермантаун. – Мериленд, 1971-1973. – Вып. 1: Общие вопросы ЭМС. Межсистемные помехи: пер. с англ. / под ред. А. И. Сапгира. – М.: Сов. радио, 1977. – 352 с.

УДК 615.477.22

**Семёнова Алина Владимировна, Москвина Анна Евгеньевна,
Широкова Ксения Николаевна,**

направление Управление и информатика в технических системах (бакалавриат),
гр. УИТС-31

Научные руководители: **Кудрявцев Игорь Аркадьевич,**
начальник СКБ;

Перистый Виталий Федорович,
инженер СКБ

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ И ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ В СОСТАВЕ ЭКЗОСКЕЛЕТА

Возникающие заболевания опорно-двигательного аппарата, а также растущая вместе с населением численность людей с ограниченными возможностями – явление, часто встречающееся в современной медицинской практике.

Актуальность поиска новых диагностическо-лечебных методик, ее социальная значимость здесь очевидны. Появление на рынке роботизированных комплексов (экзоскелетов) открывает новые возможности для лечения, диагностики, реабилитации, а также профилактики опорно-двигательного аппарата человека. Помимо выполнения механических функций движения конечностей, роботизированные комплексы могут выполнять врачебное диагностирование, электрофизическую стимуляцию мышц.

Эти дополнительные функции, помимо всего, позволяют расширить перечень охватываемых заболеваний и патологий у людей, нуждающихся в помощи.

Цель работы – посредством использования современных технических решений электронной элементной базы с применением программных средств разработать миниатюрное устройство, устанавливаемое на экзоскелет. Оно должно объединять в себе несколько функций. Осуществлять снятие электромиограмм с мышц конечностей – функция электромиографии (ЭМГ), а также по команде воздействовать электрическим импульсом на мышцы – функция функциональной электростимуляции (ФЭС).

Задачи исследования:

- рассмотреть существующие ЭМГ устройства, требования, предъявляемые к тракту ЭМГ, его построение;
- рассмотреть устройства ФЭС, используемые в медицине;
- изучить характеристики токов;
- изучить и проанализировать специальную литературу и методики применения по этой теме;
- рассмотреть, а затем разработать устройство, объединяющее два прибора (ЭМГ и ФЭС) в одно целое;
- проработать возможность подключения устройства к существующей системе управления экзоскелета, разрабатываемого в СКБ Поволжского государственного технологического университета;
- разработать техническую документацию на устройство;
- провести патентный поиск и оформить изобретение на полезную модель в случае наличия новых решений в конструктиве прибора.

Предполагается построить экспериментальный действующий образец прибора. После проведения первичных лабораторных испытаний намечено передать его для клинических испытаний.

Описание проекта. Врач, начиная работать с пациентом на первом и особенно на последующих этапах лечения, должен иметь максимально исчерпывающую информацию. Имея возможность снять ЭМГ одновременно с группы мышц больного с их фиксацией и последующим обобщением и анализом, причем сделать это в динамике, да еще удаленно, доктор получает замечательную возможность безошибочно поставить диагноз заболевания. Создаваемый нами прибор предоставляет такую возможность [2].

Разместив прибор в требующемся для исследования месте, соединив его с датчиками, установленными на мышцы больного, врач дистанционно может включить нужный ему режим. Параллельно с этим он получает в окнах рабочего стола компьютера данные о состоянии нервно-мышечной системы пациента.

Многоканальность измерений позволяет доктору объективно принимать решения.

Компактное беспроводное устройство, установленное на пациенте, находящегося в экзоскелете, открывает врачу широчайшие возможности при проведении лечебно-реабилитационных процедур.

Электромиографический сигнал, снимаемый с мышц конечностей посредством накладываемых электродов, несет в себе богатую информацию об интенсивности генерируемых нервной системой токах, вызывающих сокращение мышц человека. Их амплитуда лежит в пределах 0,02...3,0 мВ, а полоса частот расположена в 0,1...1000 Гц.

Эффективность компенсации окружающих помех, показатель разрешения канала ЭМГ, его способность регистрировать слабые сигналы мышц – современные цифровые методы позволяют успешно решить эти вопросы.

ФЭС представляет собой воздействие электрическим током специальной формы на мышцы посредством специальных контактов, накладываемых на кожу. Параметры канала ФЭС: знакопеременное напряжение с крутыми фронтами частотой 10-150 Гц; напряжение 40-120 В; ток лежит в пределах 0,1-20 мА [1].

Разрабатывая четырехканальный вариант устройства, объединяющий блоки ЭМГ и ФЭС в одном корпусе, используя для двухсторонней передачи данных и управления Wi-Fi канал связи, применяя современную энергоэкономичную микроэлектронную базу и методы программирования, есть шанс получить эффективное полезное устройство. Такими приборами можно комплектовать выпускаемые экзоскелеты, а также добавив питающий сетевой адаптер, рекомендовать их к автономному использованию. Выпуск таких устройств может быть востребован соответствующими медицинскими центрами.

На сегодня в мире производится уже десятки моделей экзоскелетов. Мощная конкуренция на этом рынке почти не оставляет шансов для вновь создаваемых моделей.

Проанализировав ситуацию, используя советы российских медицинских ученых и специалистов, удалось найти несколько технических решений, придающих таким изделиям новые качества, пока не воплощенные в производимых экзоскелетах. Одно из таких новшеств и относится к нашему устройству ЭМГ и ФЭС.

Наблюдать за биоэлектрической активностью целой группы мышц в цикле шага пациента, находящегося в экзоскелете, оперативно сравнивая результат с полученным ранее, варьируя токами стимуляции мышц, и все это за удобным рабочим столом – давняя мечта врача-специалиста.

При разработке устройства потребовалось организовать несколько рабочих мест, освоить целый ряд компьютерных программ. Для лабораторных операций по отладке задействованы специальные приборы.

Разработка потребовала освоения не только новых знаний, но и реальных практик: по составлению технической документации, радиоэлектронного макетирования, миниатюрного паяния и программирования. Все это позволяет сделать заключение о **практической полезности и научной содержательности** данной работы.

После прохождения и окончательного оформления документов на право медицинского использования прибора в составе экзоскелета с получением российского государственного удостоверения можно провести апробацию массового изготовления прибора на предприятиях электронной промышленности Республики Марий Эл, передав им оформленную документацию.

Список литературы

1. Скворцов, Д. В. Объективная оценка функции ходьбы // Клинические рекомендации [Электронный ресурс] / Д. В. Скворцов. – Режим доступа: <https://diseases.medelement.com/disease/объективная-оценка-функции-ходьбы-рекомендации-рф/15376>.

2. Скворцов, Д. В. Диагностика двигательной патологии инструментальными методами: анализ походки, стабилметрия / Д. В. Скворцов. – М.: ЧП Андреева М. М., 2007. – 325 с.

УДК 615.477.22

**Москвина Анна Евгеньевна, Широкова Ксения Николаевна,
Семёнова Алина Владимировна,**

направление Управление и информатика в технических системах (бакалавриат),
гр. УИТС-31

Научные руководители **Кудрявцев Игорь Аркадьевич,**
начальник СКБ;

Перистый Виталий Федорович,
инженер СКБ

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ СОВМЕСТНО С ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЕЙ

Актуальность проблемы заболеваний опорно-двигательного аппарата обусловлена, в первую очередь, высокой частотой встречаемости данного вида заболевания у людей, которые испытывают временные трудности с передвижением, а также тех, кто имеет более серьезные нарушения опорно-двигательного аппарата.

Длительность адаптации, физические затраты персонала и уменьшение длительности пребывания пациентов в реабилитационном учреждении предъявляют повышенные требования к рациональному выбору и сочетанию адекватных методов и средств реабилитации, разработке и созданию роботизированных систем, позволяющих улучшить двигательную функцию.

Цель работы – оценить эффективность методики применения функциональной электростимуляции (ФЭС) при совместном использовании с электромиографией (ЭМГ).

Задачи исследования:

- рассмотреть существующие устройства ФЭС и ЭМГ как отдельный электронный модуль;
- изучить эффективность методики совместного применения ФЭС и ЭМГ;
- получить компактный и надежный исследовательский инструмент.

ФЭС – метод лечебного воздействия импульсными токами, включая прерывистый гальванический ток, с целью возбуждения или усиления деятельности определенных органов или систем. Наиболее часто применяется и успешно развивается электростимуляция двигательных нервов и мышц.

Параметры сигналов: прямоугольные импульсы постоянного тока, длительностью от 100 миллисекунд и более. Амплитуда 100 Вольт и более. Частота повторения импульсов от 1 импульса в 2 секунды, до 30-150 импульсов в секунду.

ЭМГ – это диагностический метод, при помощи которого можно исследовать биоэлектрические потенциалы, возникающие в мышцах скелета при возбуждении нервных волокон.

Электромиографический сигнал представляет собой изменение во времени электрического потенциала мышц. Регистрируется с помощью электродов, накладываемых на кожу, в проекции исследуемых мышц. Диапазон изменения амплитуды сигнала составляет 0,02...3,0 мВ, частотный диапазон составляет 0,1...1000 Гц.

Электромиография считается одним из немногих объективных и информативных способов изучения заболеваний, связанных с проблемами передвижения.

Для экономии внутреннего пространства прибора за основу конструктива был принят блочно-модульный вариант компоновки.

Большинство элементов схемы устройства и его блоков расположено и закреплено на нижней базовой плате, служащей основанием всей конструкции. На ней установлены две объединительные платы ЭМГ и ФЭС, с миниатюрными многоконтактными разъемами. В эти разъемы

вставляются блоки ЭМГ и ФЭС. Блоки, каждый в своей группе, имеют одинаковые схемы и параметры.

Помимо этого, на плате расположены две субплаты. Одна со стабилизаторами питания и входным разъемом, другая – с цифровым приемопередатчиком Wi-Fi. Его блок максимально удален от входных усилителей. Такой прием позволяет защитить чувствительный входной блок ЭМГ.

Световая индикация в каждом канале дает возможность оперативно оценить правильность установки и надежность контакта электродов с кожным покровом, исправность проводников в отведениях [1].

Часть деталей преобразователя ФЭС, его повышающая часть, занимает угловое пространство нижней базовой платы, а другая его часть, формирователь переменного тока, угловое пространство верхней базовой платы.

Верхняя базовая плата несет несколько функций. Помимо электрических соединений, она удерживает и дистанцирует между собой съемные блоки, а также является экраном для усилителей ЭМГ и ФЭС.

Все устройство в сборе помещено в пластиковый корпус, состоящий из двух половинок. В местах расположения сигнализирующих элементов, контролируемых режимы, входные и питающие сигналы, вклеены прозрачные окошки.

Для обеспечения помехозащищенности и электробезопасности устройства, аналоговая часть имеет полную гальваническую развязку посредством оптических элементов, токоизмерительных микросхем и развязывающего преобразователя питания [2].

Некоторое усложнение схемы и конструкции в целом продиктовано совмещением двух разных по назначению устройств ЭМГ и ФЭС в одном корпусе с использованием беспроводного канала передачи данных.

Вывод. В результате можно сказать, что разрабатываемая аппаратура автономна, имеет высокую помехозащищенность, удобна в подключении и управлении, а также достаточно компактна.

Список литературы

1. Методы практического конструирования при нормировании сигналов с датчиков / авт. пер. Б. Л. Горшков, ред. пер. В. И. Силантьев // По материалам семинара «Practical design techniques for sensor signal conditioning». – СПб., 2016. – 251 с.
2. Скворцов, Д. В. Объективная оценка функции ходьбы // Клинические рекомендации [Электронный ресурс] / Д. В. Скворцов. – Режим доступа: <https://diseases.medelement.com/disease/объективная-оценка-функции-ходьбы-рекомендации-рф/15376>.

УДК 612.821

Никулина Анастасия Юрьевна,
направление Конструирование и технология электронных средств
(магистратура), гр. ЭВСм-21;

Глазырин Андрей Евгеньевич,
аспирант кафедры проектирования и производства ЭВС

Научный руководитель **Стешина Людмила Александровна,**
канд. техн. наук, доцент кафедры проектирования и производства ЭВС
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ И МЕТОДЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ СОТРУДНИКОВ СИЛОВЫХ ОРГАНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В данной работе представлены современные подходы к профессиональной подготовке сотрудников и определены модели компетентности, связанные со спецификой деятельности работников силовых органов.

Отличительной особенностью статьи является обзор указанных подходов в плоскости применения новейших средств на базе иммерсивных технологий, психофизиологических исследований и анализа биоэлектрической активности участков головного мозга (электроэнцефалография).

Актуальность. Представленный материал может быть использован для выбора технических средств с целью диагностики профессионально важных качеств сотрудников силовых органов. Данная статья может быть полезна специалистам в области эргатических систем управления, инженерной психологии и эргономики.

Современный мир стремительно меняется в сторону глубокой информатизации и усложнения технических средств, обеспечивающих критически важную для человека деятельность. Это может быть связано с энергообеспечением больших городов, управлением сложными реакторами, подвижными объектами и даже здоровьем и жизнью самого человека. Таким образом, аварии при эксплуатации сложных технических систем могут принести существенные экологические, экономические, людские потери.

К сожалению, доля влияния человеческого фактора в авариях и техногенных катастрофах продолжает увеличиваться [1]. В таблице приведена статистика чрезвычайных ситуаций за 2016 и 2015 годы.

Сравнительная таблица ЧС

ЧС по характеру и виду источников возникновения	Количество ЧС		Погибло		Пострадало	
	2016	2015	2016	2015	2016	2015
Техногенные ЧС	177	179	708	656	3970	1629
Аварии, крушения поездов	7	6	0	0	1	11
Аварии судов	2	6	14	64	59	147
Авиакатастрофы	39	31	238	67	296	130
ДТП	90	102	377	468	964	1170

Существует широкий перечень причин, но наиболее актуальными остаются социально-психологические аспекты взаимодействия человек–техническая система. В этом контексте человек рассматривается через призму субъекта с индивидуальными анатомическими параметрами, обладающего психофизиологическими особенностями, внутренней концепцией субъективного восприятия мира. Последний атрибут для военнослужащих играет ключевую роль (например, выполнение боевой задачи, оперативное принятие решения в критический момент и т.д.).

Соответственно отдельный интерес представляет профподготовка сотрудников силовых органов, что вызвано рядом причин.

Среди наиболее актуальных вопросов необходимо отметить модернизацию и глубокую информатизацию вооружения и военной техники.

Стоит подчеркнуть, что рост экспорта образцов военной техники требует иных методов в обучении и адаптации иностранных специалистов к эксплуатации вооружения. Кроме этого, усиливается присутствие военнослужащих РФ в разных регионах мира.

Указанные проблемы требуют немедленного разрешения в рамках анализа, подбора современных методов и способов профессиональной подготовки сотрудников силовых органов на основе новейших технологий, среди которых наибольший интерес представляют иммерсивные технологии, специализированные психофизиологические тесты и электроэнцефалография. Исследованию этих вопросов и посвящена данная работа.

Профессионально важные качества (ПВК) играют существенную роль в профессиональной деятельности, потому что позволяют с наибольшей эффективностью выполнять профессиональную деятельность. Не стали исключением военнослужащие, у которых существует соответствующий перечень ПВК, определяющий профпригодность. Военная профессиограмма включает такие составляющие [2]:

- организационно-техническую или функциональную;

- социограмму (раскрытие степени важности воинского труда);
- экономическую;
- медицинскую;
- санитарно-гигиеническую.

В контексте заявленной темы для нас представляет интерес функциональная профиограмма, которая включает ключевые аспекты целенаправленной деятельности в части выполнения должностных обязанностей.

После проведения анализа информации о ПВК военнослужащих можно выделить такие наиболее важные качества:

- нервно-психическую устойчивость;
- быстроту реакции;
- стрессоустойчивость;
- внимательность;
- организаторские способности;
- способность идти на риск;
- ответственность.

На сегодняшний день наиболее распространенными способами и методами профессиональной подготовки и отбора являются метрики с различными методиками («адаптивность», «стрессоустойчивость» и т.д.), специализированный профессионально-психологический отбор, система социально-психологических тестов для профессионального отбора, а также специализированные экспертные комиссии.

Ниже кратко охарактеризуем современные технологии профессиональной подготовки военнослужащих.

Иммерсивные технологии включают программно-аппаратные комплексы, способные оказывать глубокое психофизиологическое воздействие на человека в форме эффекта погружения [3].

Электроэнцефалография активно используется в исследовании и диагностировании внутреннего состояния военнослужащих [4]. Одной из методик выявления нервно-психической патологии является электроэнцефалография (ЭЭГ), которая представляет собой суммарную регистрацию электрической активности большого количества нейронных популяций и отражает функциональное состояние головного мозга [5].

Психофизиологические тесты – тесты, при помощи которых измеряют физиологические реакции. Используются тесты реакции на движущийся объект, реакции на приближающийся объект и зрительно-моторного слежения [6].

В заключение можно сказать, что с каждым годом технические средства совершенствуются. Появляется более мощная техника, и для го-

сударства важно иметь высокообразованных, морально устойчивых и физически развитых специалистов в различных сферах деятельности. Это чрезвычайно важно, потому что ценой ошибки может стать человеческая жизнь. Для этого и разделяют профессионально важные качества и профессиональную подготовку сотрудников.

Список литературы

1. <http://www.mchs.gov.ru/folder/33160904> (дата обращения 5.11.2018).
2. http://encyclopedia.mil.ru/encyclopedia/dictionary/details_rvsn.htm?id=14718@morfDictionary (дата обращения 5.11.2018).
3. <https://insights.samsung.com/2017/07/13/how-virtual-reality-is-changing-military-training/> (дата обращения 5.11.2018).
4. <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=4899> (дата обращения 5.11.2018).
5. Асылбекова, Л. У. К вопросу об адаптации военнослужащих с различным типом адаптивной пластичности мозга к оперативно-служебной деятельности / Л. У. Асылбекова, О. Б. Тапалова // Психология в России и за рубежом: материалы Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, октябрь 2011 г.). – СПб.: Реноме, 2011. – С. 66-68.
6. Петухов, И. В. Методологические основы оценки профпригодности оператора эргатических систем [Электронные ресурсы] / И. В. Петухов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2. – URL: www.science-education.ru/108-8581 (дата обращения 4.11.2018).

УДК 621.396

Качушкин Михаил Николаевич,
направление Радиотехника (магистратура)

Научный руководитель **Веденькин Денис Андреевич,**
канд. техн. наук, доцент кафедры радиотоники и микроволновых технологий
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ», г. Казань

МОДЕЛЬ СФОКУСИРОВАННОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Цель работы – создание математической модели сфокусированной акустической системы для последующего использования в различных устройствах, например: устройства эхолокации, неразрушающего контроля, медицинское оборудование и т.д.

В наши дни сфокусированные излучатели не получили широкого спектра применения из-за ряда недостатков, таких как большие размеры

устройств с акустическими линзами и невозможность изменять глубину фокусировки.

Актуальность проекта обусловлена тем, что необходимо разработать модель с учетом свойств сфокусированных систем, которые обычно не учитывались или были не изучены в достаточной мере.

Как исходные параметры были выбраны: частота 322 Гц, три излучателя и максимальная дальность 10 м.

Вначале в модель задаются: координаты излучателей, координаты точки фокусировки, а также координаты точки наблюдения.

$x_1 = 11$	$x_1 = 11$	$x_1 = 11$	$x_0 = 0$	$x_n = 11$
$y_1 = 3$	$y_1 = 3$	$y_1 = 3$	$y_0 = 0$	$y_n = 13$
$z_1 = 0$	$z_1 = 0$	$z_1 = 0$	$z_0 = 0$	$z_n = 9$

Координаты: $a, b, в$ – излучателей; z – точки фокусировки; d – точки наблюдения

На данный момент расчет производится для случая, когда излучатели лежат в одной плоскости (для упрощения расчетов). Впоследствии излучатели будут находиться в разных плоскостях, для того чтобы улучшить практическое применение данной модели.

Далее рассчитываются расстояния от излучателей до точки фокусировки и до точки наблюдения (на примере 1-го излучателя).

$$S_1 = \sqrt{(x_1 - x_n)^2 + (y_1 - y_n)^2 + (z_1 - z_n)^2};$$

$$s_1 = \sqrt{(x_1)^2 + (y_1)^2 + (z_1)^2}.$$

Так как воздействие векторов излучения энергии на точку нельзя посчитать как простую сумму нескольких векторов, необходимо каждый из них разложить на простейшие некопланарные вектора

$$E = (a \cdot i) + (b \cdot j) + (c \cdot k),$$

где a, b, c – необходимые коэффициенты;

i, j, k – мнимые единицы.

Далее необходимо выразить углы проекций векторов на координатные оси через простейшие некопланарные вектора.

Затем был произведен расчет вспомогательных функций для каждой из осей координат.

Ниже представлены пространственные распределения поля сфокусированного акустического воздействия для первого излучателя.

$$E_{x1} = J \cdot e^{\left[\left(\sqrt{-1} \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \right) (s_1 - s_1) \right]} \cdot \frac{e_{x1}}{S_1};$$

$$E_{y1} = J \cdot e^{\left[\left(\sqrt{-1} \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \right) (s_1 - s_1) \right]} \cdot \frac{e_{y1}}{S_1};$$

$$E_{z1} = J \cdot e^{\left[\left(\sqrt{-1} \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \right) (s_1 - s_1) \right]} \cdot \frac{e_{z1}}{S_1}.$$

Аналогичным образом считается поле и для других излучателей. Теперь, получив значения поля сфокусированного акустического воздействия от каждого источника, мы можем их просуммировать по каждой координате и получить поле сфокусированного акустического воздействия в наблюдаемой точке.

$$E_1 = |E_{x1} + E_{y1} + E_{z1}|;$$

$$E_2 = |E_{x2} + E_{y2} + E_{z2}|;$$

$$E_3 = |E_{x3} + E_{y3} + E_{z3}|;$$

$$E_{\text{решетки}} = E_1 + E_2 + E_3.$$

Выводы. На данный момент как результат мы имеем только сфокусированное поле акустического воздействия в наблюдаемой точке, оценка полученного значения не проводилась.

В дальнейшем планируются выполнение расчетов области фокусировки для ближней и дальней зон и последующая практическая реализация описанной модели, которая позволит существенно улучшить устройства, созданные на базе сфокусированных акустических систем.

Список литературы

1. Веденькин, Д. А. Особенности построения решеток излучателей для задач акустического неразрушающего контроля / Д. А. Веденькин, Ю. Е. Седельников; Фонд развития науки и культуры (Тамбов) // Перспективы науки. – 2013. – № 10 (49). – С. 152-154.
2. Овчаров, А. П. Направленные и энергетические характеристики антенн для СШП систем ближней радиолокации: дис. ... канд. техн. наук / А. П. Овчаров. – Казань: КНИТУ-КАИ, 2012.
3. Веденькин, Д. А. Свойства сфокусированных антенн для задач акустической эхолокационной диагностики / Д. А. Веденькин, Ю. Е. Седельников, О. В. Потапова // Нелинейный мир. – 2014. – Т. 12, № 10. – С. 64-68.
4. Каневский, И. Н. Фокусирование звуковых и ультразвуковых волн / И. Н. Каневский. – М.: Наука, 1977. – 336 с.
5. Красильников, В. А. Звуковые и ультразвуковые волны в воздухе, воде и твердых телах / В. А. Красильников. – 3-е изд. – М., 1960.

Научный руководитель **Веденькин Денис Андреевич**,
канд. техн. наук, доцент кафедры радиофотоники и микроволновых технологий
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ», г. Казань

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ, СФОКУСИРОВАННОЙ В ЗОНЕ БЛИЖНЕГО ИЗЛУЧЕННОГО ПОЛЯ И ФУНКЦИОНИРУЮЩЕЙ В ДИССИПАТИВНЫХ СРЕДАХ

Цели и задачи исследования:

- изучить существующие работы по теории сфокусированных антенн,
- определить свойства сфокусированных антенных решеток, подлежащих анализу [1].

Основные параметры математической модели сфокусированной антенной решетки следующие:

- 1) число излучателей – $n = 20$;
- 2) радиус ограничивающей сферы – 1000 м;
- 3) расстояние до точки фокусировки – 10 км;
- 4) возбуждающий ток в антенне парциального излучателя 0,1 А;
- 5) закон распределения координат парциальных излучателей антенной решетки по координатным осям – равномерный [1].

Для оценки влияния коэффициента затухания α введем его в формулу расчета напряженности электромагнитного поля сфокусированной антенной решетки в среде с потерями и представим её в следующем виде:

$$E_{\Phi}(t, u, v, \alpha) = \left| \sum_{q=1}^n \frac{I_q e^{-jk \left[\sqrt{(x_q-t)^2 + (y_q-u)^2 + (z_q-v)^2} - R_{\Phi,q} \right]} \cdot e^{-\alpha \sqrt{(x_q-t)^2 + (y_q-u)^2 + (z_q-v)^2}}}{\sqrt{(x_q-t)^2 + (y_q-u)^2 + (z_q-v)^2}} \right|,$$

где k – волновое число;

$(x_{\Phi}, y_{\Phi}, z_{\Phi})$ – координаты точки фокусировки;

(x_q, y_q, z_q) – координаты q -го излучателя;

(t, u, v) – переменные координаты по осям OX, OY и OZ;

α – коэффициент затухания в среде распространения электромагнитной волны.

Данная модель имеет преимущество перед имеющимися, так как здесь учитываются потери в среде [2].

Особенный интерес представляет зависимость распределения напряженности поля при различных фиксированных значениях коэффициента затухания. Все графики приведены на рисунке 1.

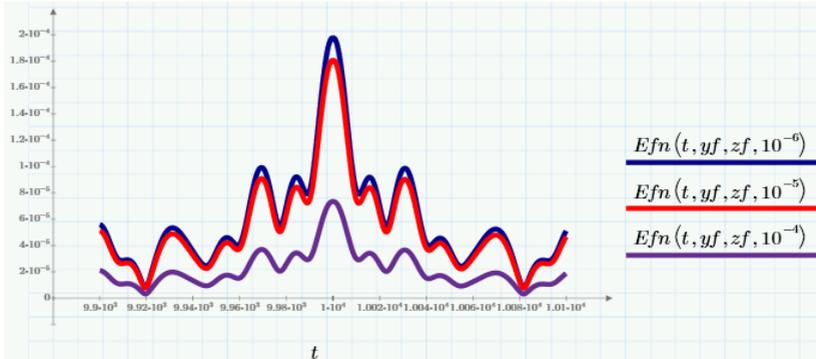


Рис. 1. Нормированное распределение напряженности сфокусированного поля в окрестности точки фокусировки

Как видно из графиков, представленных на рисунке 1, затухание среды вносит значительный вклад в качество фокусировки.

На рисунке 2 представлен график распределения напряженности электромагнитного поля вдоль оси OX при распространении в среде с различными коэффициентами затухания [2].

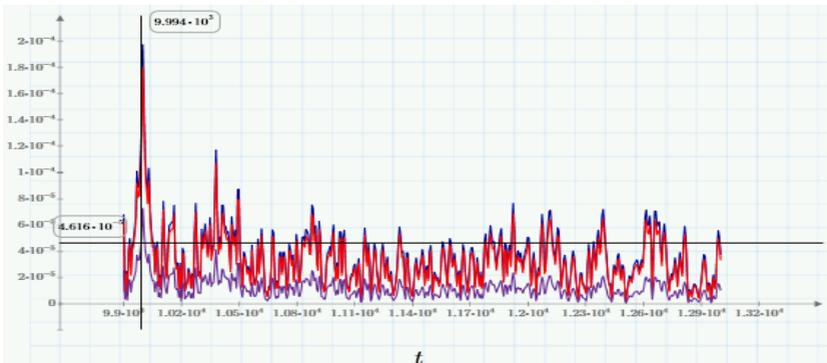


Рис. 2. Распределение напряженностей электромагнитного поля при распространении в средах с различными коэффициентами затухания, аналогично данным на рис. 1

Список литературы

1. Веденькин, Д. А. Активные сфокусированные антенные решетки для радиотехнических средств малоразмерных летательных аппаратов / Д. А. Веденькин, Ю. Е. Седельников // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2008. – Т. 11, № 4. – С. 40-46.

2. Веденькин, Д. А. Фокусировка электромагнитного излучения в диссипативной среде / Д. А. Веденькин, Ю. Е. Седельников, А. Р. Насыбуллин // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2017. – № 3 (35). – С. 61-68.

УДК 621.396

Королев Николай Николаевич,

направление Радиотехника (магистратура), гр. 5188

Научный руководитель **Веденькин Денис Андреевич,**

канд. техн. наук, доцент кафедры радиофотоники и микроволновых технологий
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ», г. Казань

МИКРОВОЛНОВЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС СУШКИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

В данной статье кратко рассмотрена проблема конструкции микроволнового сушильного комплекса для сыпучих материалов. Представлены существующие варианты сушильных комплексов, выявлены их недостатки и предложен модернизированный вариант исполнения.

Сегодня известно много высокоэффективных методов качественной сушки сыпучих материалов: древесных опилок, песка, различных зерновых культур. При этом одной из самых распространенных технологий, применяемых для достижения нужного показателя влажности материала, является микроволновая технология. Она заключается в выпаривании влаги из материала за счет сверхвысокочастотных электромагнитных волн.

На текущий момент времени было рассмотрено 3 существующих патента сушильных установок [1-3]. Представленные устройства обладают следующими основными преимуществами:

- экономичностью;
- высокой производительностью.

А к их недостаткам можно отнести:

- сложность конструкции;
- невозможность точного контроля температуры;
- неравномерность нагрева при крупной фракции материалов.

Альтернативой существующим сушильным комплексам предлагается способ сушки с использованием сфокусированной фазированной антенной решетки. Фокусировка ФАР производится по принципу электрического сканирования при помощи фазовращателей. Свойства СФАР и методы фокусировки подробно рассмотрены в статьях [4-7].

СФАР располагается сверху, а под нее устанавливается ванна с материалом. Данный способ позволит равномерно нагревать сыпучий материал с точным контролем температуры нагрева.

Для данного комплекса рассматриваются различные варианты расположения антенн в решетке (линейное и плоское), а также будет производиться моделирование, в ходе которого определяется необходимое количество антенн в решетке.

Преимуществом такого сушильного комплекса перед существующими заключается в том, что данное устройство можно расположить практически на любой конвейерной линии с минимальными доработками, при этом возможна установка нескольких сушек на одну линию для увеличения производительности.

Процесс сушки может происходить как в ручном режиме, когда оператор комплекса с помощью бесконтактного термометра измеряет температуру и выбирает, в каком месте необходимо произвести подогрев, так и в автоматическом, когда температура фракции контролируется с помощью встроенных в ванну датчиков, компьютером определяются места, которые либо требуют подогрева, либо которые наоборот необходимо прекратить нагревать.

В настоящий момент ведется активная проработка материалов по данной тематике. Прорабатываются варианты подхода к этой проблеме, ведется поиск более эффективного метода решения поставленной задачи. В конечном счете будет смоделирована данная установка, а также выбран наиболее оптимальный вариант расположения антенн.

Список литературы

1. Установка для сушки сыпучих материалов и вертикальная сушильная камера: пат. 2267067 Рос. Федерация: МПК F26B17/12 F26B3/347 / Смирнов Б. Г., Оболенский А. С., Сахаров Л. В., Суворин В. Г., Гусев Ю. М.; заявитель и патентообладатель ООО «Аграрные сверхвысокочастотные технологии»; заявл. 21.01.2004; опубл. 27.12.2005.

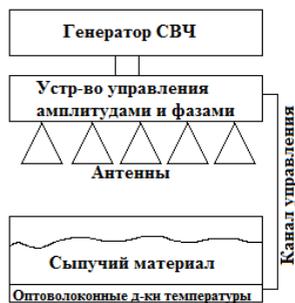


Схема альтернативного сушильного комплекса

2. Устройство для СВЧ-конвективной сушки диэлектрических материалов: пат. 2141179 Рос. Федерация: МПК H05B6/64 / Хаглеев Е. П., Хаглеев П. Е., Тришин В. В., Охота Ю. Ф., Кабанов В. А.; заявитель и патентообладатель Красноярский государственный технический университет; заявл. 26.05.1998; опубл. 10.11.1999.

3. Устройство для СВЧ-сушки сыпучих материалов: пат. 2141180 Рос. Федерация: МПК H05B6/64 / Редькин С. В., Аристов В. В., Иванов А. Н., Канделаки В. В., Бояркин С. В.; заявитель и патентообладатель ООО «Аграрные сверхвысокочастотные технологии» Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН. ООО НТС (новые технологии сельскохозяйственного производства); заявл. 24.06.1998; опубл. 10.11.1999.

4. Веденькин, Д.А. Широкополосные сфокусированные антенные системы и их применение в задачах радиосвязи, микроволновых технологиях и технической диагностики// СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии (КРЫМИКО'2016). – 2016. – № 26. – С. 926-933.

5. Веденькин, Д. А. Особенности построения решеток излучателей для задач акустического неразрушающего контроля / Д. А. Веденькин, Ю. Е. Седельников // Перспективы науки. – 2013. – № 10 (49). – С. 152-154.

6. Свойства объемных случайных антенных решеток, сфокусированных в зоне ближнего излученного поля / Д. А. Веденькин, Ю. Е. Седельников, А. Р. Насыбуллин, Н. В. Рябова, В. А. Иванов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2015. – № 12. – С. 30-34.

7. Веденькин, Д. А. Сфокусированные антенны для систем радиосвязи с группой малоразмерных летательных аппаратов / Д. А. Веденькин // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2007. – Т. 10. № 5. – С. 36.

УДК 621.396

Юлушева Айгуль Илфанлевна,
направление Радиотехника (магистратура), гр. 5288

Научный руководитель **Веденькин Денис Андреевич,**
канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и микроволновых технологий,
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ», г. Казань

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗНОСТНОГО ТИПА ДЛЯ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК, СФОКУСИРОВАННЫХ В ЗОНЕ БЛИЖНЕГО ИЗЛУЧЕННОГО ПОЛЯ

Рассмотрен принцип и рассчитана математическая модель пространственно-распределения разностного типа для антенных решеток в ближней зоне излучения.

Актуальность. В век бурного развития микроволновых технологий одной из важнейших задач является улучшение технических характеристик устройств для точной работы системы. Поэтому был выбран принцип пространственного распределения разностного типа, который повышает разрешающую способность антенной системы.

Суммарно-разностный метод заключается в том, что последовательно в строго определенные моменты времени антенной системой формируются однолепестковая (суммарная) и двухлепестковая (разностная) диаграммы направленности.

Однолепестковая (суммарная) ДН основного канала служит для передачи информации, а разностная – для передачи сигналов управления, запрещающих обмен информацией в боковых направлениях, где амплитуда разностной ДН превышает суммарную.

Провал (минимум) двухлепестковой ДН должен совпадать с максимумом однолепестковой. Уровень двухлепестковой ДН должен превышать боковые лепестки суммарной ДН и иметь максимальную крутизну внутренних склонов. Суммарно-разностный способ может быть использован как при передаче, так и при приеме сигналов [1, 2, 3].

Рассмотрим математическую модель сфокусированной антенной решетки, реализующей принцип пространственного разностного распределения напряженности поля в точке фокусировки с учетом особенностей, изложенных в [4].

Линейная эквидистантная антенная решетка длиной 250 м состоит из шести излучателей, расстояние до точки фокусировки составляет 600 м. Расположение излучателей линейной решетки иллюстрирует рисунок 1.

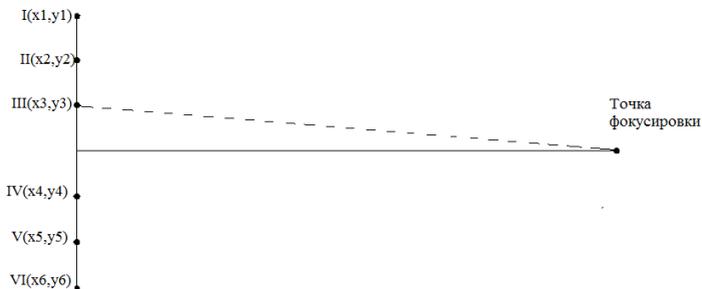


Рис. 1. Расположение излучателей линейной антенной решетки

Графики, характеризующие суммарное и разностное пространственные распределения, представлены на рисунке 2.

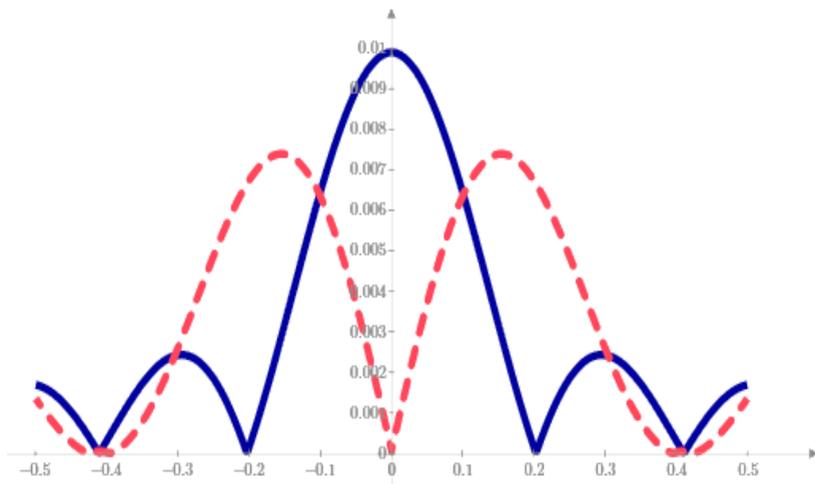


Рис. 2. Распределение полей: суммарное (сплошная линия) и разностное (пунктирная линия)

Суммарно-разностная обработка сигналов позволит получить ряд положительных эффектов, например, даст возможность повысить точность фокусировки.

Список литературы

1. Стахов, Е. А. Использование метода суммарно-разностной обработки сигналов в бортовых антенных устройствах аппаратуры управления воздушным движением / Е. А. Стахов // *Авиационная техника*. – 2003. – № 1. – С. 35-39.
2. Способ повышения разрешающей и пропускной способностей систем САЗО, использующих двухканальную антенну / Е. А. Стахов, И. Б. Сагдеев, И. В. Тальянский, В. Н. Чухланцев // *Авт. свид. № 42351 от 30.04.66*.
3. Стахов, Е. А. Способ построения АФС для компенсации бокового излучения САЗО / Е. А. Стахов, И. Б. Сагдеев, И. В. Тальянский // *Авт. свид. № 36.018 от 27.04.66*.
4. Веденькин, Д. А. Случайные разреженные когерентные антенные решетки, сфокусированные в зоне ближнего излученного поля / Д. А. Веденькин, А. Р. Насыбуллин, Ю. Е. Седелников // *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы*. – 2016. – № 4 (32). – С. 22-29.

УДК621.396.946:519

Стрельников Алексей Артурович,

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи
(магистратура), гр. ИТСМ-11;

Шомин Евгений Игоревич,

направление Электроника, радиотехника и системы связи (аспирантура)

Научный руководитель **Рябова Наталья Владимировна,**

д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры радиотехники и связи,

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМ РАБОТЫ СИСТЕМ ДЕКАМЕТРОВОЙ СВЯЗИ

Цель работы – описание основных проблем функционирования систем декаметрового диапазона.

Декаметровый диапазон, лежащий в полосе частот 3-30 МГц, важен с точки зрения передачи данных и уникален по своим свойствам, а именно: радиоволны декаметрового диапазона многократно отражаются в ионосфере.

Основное преимущество декаметрового диапазона – это возможность передачи данных на очень большие расстояния, используя ионосферные пути распространения.

На распространение декаметровых сигналов влияют различные ионосферные изменения, носящие как естественный характер происхождения, так и искусственный.

К естественным изменениям относятся степень освещенности ионосферы Солнцем и его активности.

Возрастая до максимума к полудню и за тем уменьшаясь, ионизация атмосферы приводит образованию дополнительных поглощающих слоев, в том числе и самого ионизированного D. Следствием этого является дополнительное поглощение радиоволн, что негативно сказывается на сеансе связи.

Солнце также влияет на ионосферу циклами активности (цикл длится примерно 11 лет), эта активность измеряется числом солнечных пятен, которые влияют на ионизацию слоя F.

Важны и другие процессы ионосферы, которая испытывает во времени и пространстве вариации различных параметров, например, непериодические и беспорядочные изменения электронной концентрации в каждой ее точке, а также приводит к флуктуирующей многолучевости и частотной дисперсии.

Возможно и искусственное влияние на степень ионизации участков ионосферы Земли, такие как высотные ядерные взрывы, меняющие степень ионизации на высоте взрыва, а также запуск баллистических ракет, создающих в атмосфере Земли плазменный столб. Наличие плазменного столба обусловлено работой факела ракетного двигателя, а форма, размер и структура столба зависят от высоты и скорости полёта ракеты.

Ионосфера обеспечивает прохождение сигналов от передатчика к приемнику в ограниченном диапазоне частот и предопределяет тщательный выбор рабочих частот для связи. Применяемый диапазон зависит от длины пути и состояния ионосферы.

В дополнение на декаметровый канал оказывают влияние множество сторонних радиостанций, которые создают определенный уровень взаимных (станционных) помех, вследствие использования одинаковых или близких частот.

Кроме станционных радиопомех, на прием сообщений могут оказывать влияние атмосферные и индустриальные (промышленные) помехи.

Атмосферные помехи обусловлены электрическими явлениями в атмосфере, подавляющими из которых являются грозовые разряды. Разряды распространяются далеко во все направления, подобно радиоволнам, от места, где наблюдается гроза. На декаметровую радиосвязь оказывают влияние как локальные грозовые возмущения, так и дальние грозовые очаги.

Индустриальные помехи представлены электромагнитными излучениями вследствие эксплуатации промышленных, транспортных, научных, бытовых установок. Индустриальные помехи наиболее ощутимы в крупных промышленных центрах.

Одной из проблем функционирования декаметровых систем является повышение эффективности работы всего комплекса. Для решения подобной проблемы необходимы адаптация информационно-технических характеристик систем к постоянно изменяющимся параметрам ионосферного распространения и выбор наилучшего канала для передачи информации. Подстройка осуществляется после анализа данных предсеансового панорамного зондирования ионосферы на линии связи. Зондирование позволяет определить информацию о состоянии ионосферной линии связи и скорректировать информационно-технические параметры системы на актуальные значения.

Специфика условий распространения коротких волн вынуждает искать различные способы повышения эффективности радиосвязи. К числу таких способов можно отнести:

- долговременное и краткосрочное прогнозирование рабочих частот;

- оперативный маневр частотами на основе данных ионосферного зондирования или трассового опробования;
- применение автоматической регулировки усиления, разнесенного приема и ретрансляции сигналов;
- внедрение в радиолинии аппаратуры адаптации;
- использование помехоустойчивых сигналов и других способов защиты от помех.

Список литературы

1. Иванов, В. А. Зондирование ионосферы и дециметровых каналов связи сложными радиосигналами / В. А. Иванов, Д. В. Иванов, Н. В. Рябова // Вестник МарГТУ: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2010. – № 1. – С. 3-37.
2. Иванов, В. А. Линейное прогнозирование структурных функций ионосферных радиоканалов с использованием данных зондирования многоэлементным ЛЧМ-сигналом / В. А. Иванов, Н. В. Рябова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2017. – № 1 (33). – С. 26-37.
3. Muresan Oana Aronia, Pastrav Andra, Puschita Emanuel, Palade Tudor. Ionospheric HF channel modeling and end-to-end HF system simulation // Acta Technica Napocensis. Electronics and Telecommunications. – 2015. – Vol. 56. – P. 26-31.

УДК 621.396.1

Маршова Алиса Михайловна,

направление Микроволновые технологии, процессы и комплексы
(магистратура), гр. 5288

Научный руководитель **Веденькин Денис Андреевич,**
канд. техн. наук, кафедра радиофотоники и микроволновых технологий
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ» г. Казань

РЕАЛИЗАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НЕКОГЕРЕНТНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЁТКИ, СФОКУСИРОВАННОЙ ПО ШИРОКОПОЛОСНОМУ СИГНАЛУ

Большинство современных радиотехнических систем могут работать лишь в узкой полосе частот, которые традиционно позволяют обеспечить их частотную селекцию. Однако узкая полоса частот ограничивает количество информации, передаваемой системой в единицу времени [1]. В то же время постоянное растёт необходимость увеличения объёма этой информации. По этой причине в течение последних лет в радиоло-

кации и в радиосвязи активно исследуется возможность повышения информативности систем за счёт увеличения диапазона используемой полосы частот, а именно освоение так называемых сверхширокополосных сигналов.

В радиосвязи сверхширокополосный сигнал обеспечивает одновременную работу десятков абонентских каналов в одной и той же полосе частот. В настоящее время сфокусированные антенные решётки используются для повышения интенсивности поля в пределах ограниченной области пространства. При этом излучение волны, создаваемое различными точками апертуры, складываются синфазно в указанной точке – так называемой точке фокусировки [2].

Суть фокусировки заключается в синфазном сложении парциальных полей от каждого из излучателей непосредственно в точке фокусировки и близком к синфазному сложению – в её окрестности.

Принцип действия некогерентной антенной решетки состоит в том, что отдельные элементы антенной решетки излучают радиосигналы в виде коротких (не более нескольких наносекунд) импульсов в разных моментах времени [3].

Временная расстановка излучаемых импульсов выполняется таким образом, чтобы в заданной точке пространства, по аналогии с когерентными апертурами (назовем её точкой фокусировки), происходило одновременное воздействие всех излученных сигналов. Таким образом, повышается потенциал энергетического воздействия.

Рассмотрим математическую модель семи некогерентных антенных решёток, сфокусированных по широкополосному сигналу [4-6]. Семь излучателей расположены в различных точках пространства. На рисунке 1 представлено семейство графиков напряженности электрического поля в окрестностях точки фокусировки.

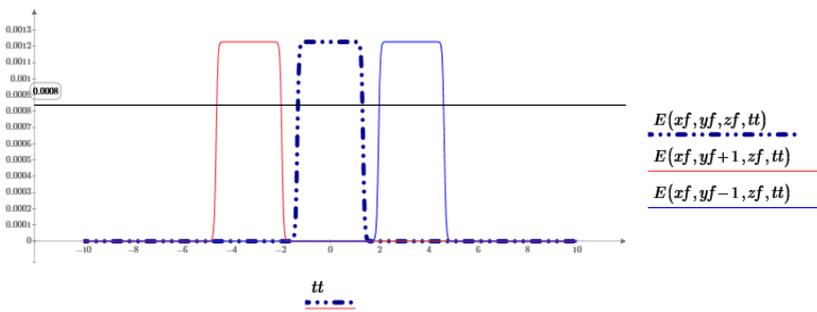


Рис. 1. Напряженность электрического поля сигнала при изменяемых параметрах координаты y вблизи точки фокусировки

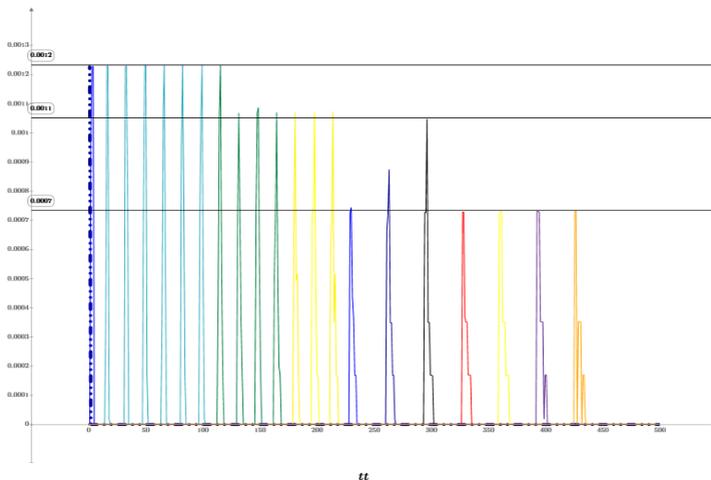


Рис. 2. Напряженность электрического поля сигнала при изменяемых параметрах координаты y в положительную сторону координат

При анализе графиков, представленных на рисунках 2 и 3, можно сделать вывод о том, что при отдалении координат точки наблюдения происходит снижение напряжённости энергии импульсов. Также заметно изменение крутизны импульсов сигналов, что объясняется наложением импульсов друг на друга (рис. 4).

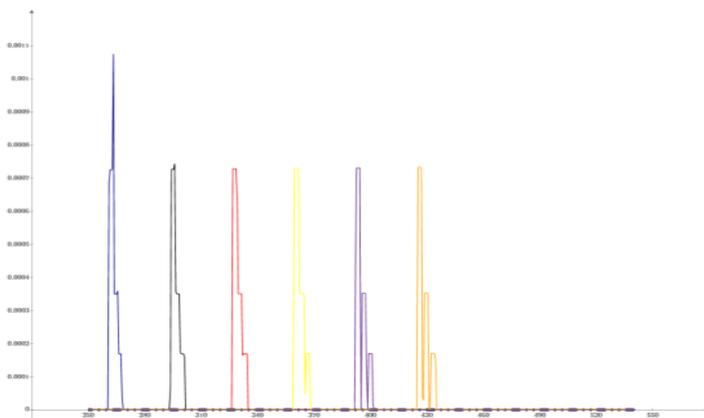


Рис. 3. Напряженность электрического поля сигнала при изменяемых параметрах координаты y в диапазоне от 250 до 450 м

Для того чтобы оценить область фокусировки, нужно построить контурный график, на котором можно отследить изменение фокусировки, её направление и энергию (рис. 4).

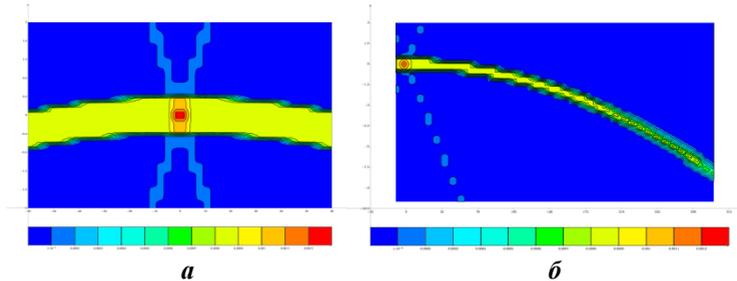


Рис. 4. Контурный график напряженности электрического поля сигнала

По контурным графикам можно сделать вывод об изменении области фокусировки: происходит снижение напряжённости электрического поля сигнала при отдалённости от точки фокусировки. Также наблюдается х-образная область, что обусловлено расположением антенной решётки.

На основании результатов расчётов и моделирования, проведённых выше, можно сделать вывод о расположении области фокусировки – до $0,0009\text{В/м}$. Также можно сделать вывод о том, что при нахождении точки фокусировки рядом с одним или несколькими излучателями размеры области фокусировки резко возрастают. Кроме того, можно отметить, что размеры области фокусировки пропорциональны длительности импульса.

Список литературы

1. Исследование сверхширокополосной кольцевой антенной решетки / В. Л. Бирюков, Н. А. Ефимова, В. И. Калинин, В. А. Калошин, Л. И. Пангонис // Журнал радиоэлектроники: электронный журнал. – 2013. – № 1. – 139 с.
2. Lee, R. T. A design study for the basic TEM horn antenna / R. T. Lee, G. S. Smith // IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium. – June 2003. – Vol.1. – P. 225-228.
3. Свойства объемных случайных антенных решеток, сфокусированных в зоне ближнего излученного поля / Д. А. Веденькин, Ю. Е. Седельников, А. Р. Насыбуллин, Н. В. Рябова, В. А. Иванов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2015. – № 12. – С. 30-34.
4. Веденькин, Д. А. Сфокусированные антенные решетки в составе радиоэлектронных средств группы малоразмерных беспилотных летательных аппаратов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Д. А. Веденькин. – Казань, 2012. – 15 с.
5. Веденькин, Д. А. Параметры разряженных сфокусированных антенных решеток / Д. А. Веденькин, Ю. Е. Седельников // Наука и бизнес: пути развития. – 2013. – № 10 (28). – С. 56-59.

6. Веденькин, Д. А. Активные сфокусированные антенные решетки для радиотехнических средств малоразмерных летательных аппаратов / Д. А. Веденькин, Ю. Е. Седельников // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2008. – Т. 11, № 4. – С. 40-46.

УДК 621.396

Павленко Дмитрий Васильевич,
направление Радиотехника (магистратура), гр. 5188

Научный руководитель **Веденькин Денис Андреевич,**
канд. техн. наук, доцент кафедры радиофотоники и микроволновых технологий
*«Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А. Н. Туполева – КАИ», г. Казань*

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ДЛЯ ГРУППЫ РЭС, УСТАНОВЛЕННЫХ НА ОДНОМ ОБЪЕКТЕ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КООРДИНАТНОЙ СЕТКИ

На данный момент существуют методы обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) для группы радиоэлектронных средств (РЭС), установленных на плоскости. Данный метод разрабатывается для обеспечения ЭМС на разного рода поверхностях.

Обеспечение ЭМС является сложной комплексной задачей, учитывающейся с ранних стадий создания РЭС. Детализация указанных требований и их реализации в значительной мере остается за разработчиком. Это связано с тем, что взаимные непреднамеренные помехи могут определяться количеством и геометрией расположения излучающих и распределительных систем, спектральным составом передающих РЭС и уровнем восприимчивости приёмных устройств, степенью экранирования аппаратуры и её размещением, трассировкой сигнальных, управляющих и силовых линий, временным регламентом работы отдельных частей РЭС.

Требования по обеспечению ЭМС вступают, как правило, в противоречия с другими требованиями к комплексу: по использованию частот в РЭС, массогабаритными и стоимостными характеристиками. Поэтому крайне важна конструктивная оптимизация этих требований, так как окончательное решение является компромиссным. На практике реализация этого положения затруднена из-за малого объёма априорной информации об электромагнитной обстановке и недостаточного числа апробированных математических моделей, описывающих затухание электромагнитной энергии в различных каналах на пути от источника к приёмнику. Для решения этих вопросов необходимо знать:

- физические процессы, происходящие в источниках и уровень генерируемых ими излучений в широком диапазоне частот;
- зависимость от частоты затухания электромагнитной энергии от источника к приемнику;
- количественные характеристики возможных технических мер по увеличению развязок между источником и приёмником;
- оптимизация процедуры назначения частот и временное регламентирование работы РЭС;

Также при прогнозировании электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств, необходимо учесть такие проблемы, как: внутрисистемную ЭМС, для которой характерно близкое расположение РЭС, учёт их взаимодействия в пределах одного РТК и анализ 6 характеристик антенн в ближней и дальней зонах с учётом влияния конфигурации поверхности носителя или окружающих устройств, а также Межсистемную ЭМС, для которой характерно электродинамическое взаимодействие антенн разных РТК в дальней зоне с учётом подстилающей поверхности и условий распространения радиосигналов через промежуточную среду.

Необходима оценка развязки для определения значений коэффициентов связи антенн, в том числе на частотах неосновного излучения и радиоприем будет использован расчетный способ.

Расчетный способ основан на использовании современных средств электродинамического моделирования антенн. Существующие программные пакеты, такие как, например CST Microwave Studio, позволяют проводить численное электродинамическое моделирование антенн, располагаемых на разного рода объектах, при высокой степени детализации формы объекта, на котором будут располагаться антенны, а также детализации конструкции самих антенн.

Список литературы

1. Веденькин, Д. А. Оценка электромагнитной совместимости радиотехнического оборудования перспективных беспилотных летательных аппаратов на этапах разработки / Д. А. Веденькин, Ю. Е. Седельников, В. Е. Латышев // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 5 (24). – С. 57-64.
2. Седельников, Ю. Е. ЭМС радиоэлектронных средств / Ю. Е. Седельников. – Казань: Новое Знание, 2016. – 304 с.
3. Пудовкин, А. П. Электромагнитная совместимость и помехозащищённость: учебное пособие РЭС [Электронный ресурс] / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк, Т. И. Чернышова. – Электрон. текстовые данные. – Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. – 92 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63925.html>.

УДК 621.396.24

Кушаков Хамид Бахтиёр угли,
направление проектирование вычислительных систем
(магистратура), гр. ЭВСм-21

Научный руководитель **Рябов Игорь Владимирович,**
д-р техн. наук, профессор кафедры проектирования и производства ЭВС
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДАЛЬНЕЙ КВ-СВЯЗИ (ПРИЕМНАЯ ЧАСТЬ)

В статье рассматривается приемная часть аппаратно-программного комплекса дистанционного зондирования атмосферы, который принимает и обрабатывает сигналы на большом расстоянии. Возможно также отображение амплитудно-частотных и дистанционно-частотных характеристик радиолиний на трассах различной протяженности, что может обеспечить связь в труднодоступных районах нашей страны. Интерес к данной теме не пропадает в связи с широким применением коротких волн в радиосвязи.

Ключевые слова: антенно-фидерное устройство, усилитель высокой частоты, аналого-цифровой преобразователь, цифровой гетеродин DDC(DigitalDown Converter), цифровой вычислительный синтезатор, синхронизатор, приемник навигационных сигналов ГЛОНАСС/GPS, ЭВМ, аппаратно-программный комплекс (АПК), ионосфера.

Введение. Запуск первого искусственного спутника Земли положил начало этапу быстрого развития методов исследования ионосферы, магнитосферы и межпланетного пространства с помощью космических аппаратов. Поэтому вопросы распространения радиоволн в ионосфере привлекают все большее внимание как начинающих исследователей, так и специалистов по геофизике, радиофизике и радиоастрономии [1].

Радиосвязь на коротких волнах ионосферными лучами считается экономичным методом дальней связи, потому как короткие волны позволяют при сравнительно небольшой мощности передатчиков осуществлять радиосвязь на большие расстояния, что позволяет использовать КВ диапазон для радиовещания в труднодоступных местах.

Описание АПК. Возможность получения амплитудно-частотных и дистанционно-частотных характеристик радиолиний на трассах различной протяженности и ориентации, а также проведение измерения доплеровского сдвига частоты отраженного радиосигнала достигается за счет базовой станции дистанционного зондирования атмосферы.

АПК дистанционного зондирования атмосферы состоит из передающей и приемной частей.

Приемная часть содержит (рис. 1):

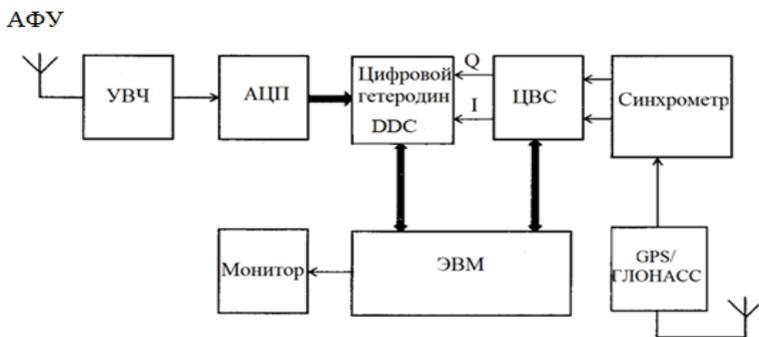
- антенно-фидерное устройство, усилитель высокой частоты, аналого-цифровой преобразователь, цифровой гетеродин, выход которого через LAN порт соединен с ЭВМ;

- двухсистемный приемник навигационных сигналов ГЛОНАСС/GPS, выход которого подключен к опорному входу синхронметра;

- выходы синхронметра подключены к соответствующим входам цифрового вычислительного синтезатора;

- квадратурные выходы цифрового вычислительного синтезатора I и Q подключены к входам цифрового гетеродина;

- ЭВМ через порт USB соединяется с цифровым вычислительным синтезатором; монитор подключен к выходу ЭВМ [2].



Приемная часть АПК

Приемная часть работает следующим образом: антенно-фидерное устройство принимает отраженный сигнал от ионосферы, который поступает на вход усилителя высокой частоты, а затем подвергается аналого-цифровому преобразованию в АЦП. Сигнал с выхода АЦП подается на цифровой гетеродин (DigitalDownConverter (**DDC**)), на второй и третий входы которого поступают квадратурные сигналы с выхода ЦВС.

Гетеродин предназначен для осуществления переноса спектра входного действительного сигнала с высокой частоты (промежуточной частоты) на низкую частоту, умножая отсчеты входного сигнала на отсчеты опорного сигнала $\sin(\omega t)$ и $\cos(\omega t)$ для последующей его фильтрации и децимации.

Синхронометр вырабатывает сигнал опорной частоты для ЦВС, а также импульс запуска ЦВС. Для увеличения точности частоты синхронометра служит двухсистемный приемник навигационных сигналов ГЛОНАСС/GPS, выход которого подключен к опорному входу синхронометра.

Сигнал промежуточной частоты с выхода цифрового гетеродина DDS через LAN порт поступает на вход ЭВМ, которая осуществляет цифровую обработку принятого сигнала при помощи специализированного программного обеспечения. Монитор подключен к ЭВМ и служит для отображения, ДЧХ и сонограмм доплеровского сдвига частоты отраженного сигнала. При помощи ЭВМ через порт USB можно задавать режимы работы цифрового вычислительного синтезатора [2].

В качестве цифрового вычислительного синтезатора используется или ЦВС частотно-модулированных сигналов [3], или синтезатор с V-образным законом модуляции частоты [4].

Выводы. Разработанный АПК приема для дальней КВ-связи, обеспечивает получение амплитудно-частотных и дистанционно-частотных характеристик радиолиний на трассах различной протяженности и ориентации.

На основании полученных данных дистанционного зондирования производится выбор оптимальной частоты ОРЧ, что позволяет значительно (в несколько раз) снизить мощность передатчика.

Переход от аналога к цифре помогает избежать влиянием шумов, помех и других параметров линий, по которым он передается, и меньше подвержен воздействию поляризации, флуктуациям по частоте, амплитуде и фазе. Цифровой сигнал лучше поддается обработке, способен передавать большее количество информации в одной и той же свободной полосе частот. Также возможна регенерация сигнала вплоть до определенного соотношения между шумом и сигналом.

Список литературы

1. Дэвис, К. Радиоволны в ионосфере / К. Дэвис. – М.: Мир. 1973. – 502 с.
2. Патент № 2611587 Российской Федерации. МПК G01S19/14. Базовая станция дистанционного зондирования атмосферы / Рябов И. В., Толмачев С. В., Чернов Д. А., Юрьев П. М., Стрельников И. В., Ключев Е. С. СВ. – Заявл. 23.12.2015. Оpubл. 28.02.2017. Бюл. № 7. – 10 с.
3. Патент № 2204197 Российской Федерации. МПК H03L7/18. Цифровой синтезатор частотно-модулированных сигналов / Рябов К. В., Рябов В. И. – Заявл. 13.03.2001. Оpubл. 10.05.2003. Бюл. № 13. – 4 с.
4. Патент № 2407144 Российской Федерации. МПК H03L7/18. Синтезатор с V-образным законом модуляции частоты / Рябов К. В., Дедов А. Н., Юрьев И. М. – Заявл. 22.06.2009. Оpubл. 20.12.2010. Бюл. № 35. – 4 с.

Кошаева Елена Павловна,

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи
(бакалавриат), гр. ИТСб-41

Научный руководитель **Бастракова Марина Ивановна,**

канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ВАРИАНТЫ ТОПОЛОГИИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ АТМОСФЕРНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СВЯЗИ

Цель работы – изучить варианты топологии при построении атмосферных оптических линий связи (АОЛС).

Прежде всего, АОЛС как технологию беспроводной связи имеет смысл применять там, где нет возможности осуществить проводное соединение – в тех случаях, когда прокладка кабеля вызывает большие трудности или неоправданные финансовые или временные затраты, или попросту невозможна. Например, между точками связи находится водная преграда, область вечной мерзлоты или проходит крупная автомагистраль. Кроме того, финансовые затраты на прокладку кабеля, как правило, превышают затраты на создание беспроводного канала связи.

Другой причиной для использования АОЛС может быть непостоянное положение точек связи. Например, одна или обе точки связи находятся в арендуемых помещениях. В таком случае при смене места аренды достаточно демонтировать оборудование и установить его на новом месте.

Еще одна область применения беспроводной связи – создание резервных каналов на случай выхода из строя основных кабельных коммуникаций.

И, наконец, последнее: возможна установка временного беспроводного канала связи за счет аренды оборудования на период проведения работ по прокладке кабельного соединения.

Для обеспечения прямой видимости между абонентами приемопередающие блоки устанавливаются вне помещений, например, на крышах зданий, балконах последних этажей и т.п. Лазерные линии обычно рассчитаны на функционирование при температуре окружающей среды от -40 до +50 °С.

Устанавливаются блоки АОЛС таким образом, чтобы оптические оси двух соседних приемопередатчиков совпадали. Сложность монтажных работ по установке и настройке АОЛС зависит от конкретной мо-

дели устанавливаемой линии. Однако существует закономерность, которая не зависит от марки оборудования: чем больше расстояние между связываемыми зданиями, тем сложнее настройка оборудования. В целом время, затрачиваемое на установку и настройку АОЛС, варьируется от 30 минут до нескольких часов. Основную сложность представляет юстировка направления оптических осей приемопередатчиков. Угол расходимости луча передатчика составляет у разных моделей от нескольких угловых минут до 0,5. Разумеется, точность юстировки должна соответствовать этим значениям. Для облегчения точной настройки все АОЛС устанавливаются на специальных юстировочных платформах, позволяющих плавно изменять угол наклона корпуса приемопередающего блока. Большинство АОЛС, кроме этого, снабжаются специальным оптическим прицелом для облегчения наведения на противоположный приемо-передающий блок.

Устанавливая приемо-передающие блоки, следует учитывать, что направление линии связи не должно совпадать с горизонтальным направлением с запада на восток. Иначе говоря, солнечный диск не должен попадать в конус обзора приемников, так как солнечные лучи, будучи сфокусированными объективом, могут сжечь фотоприемное устройство. К счастью, избежать нетрудно, поскольку приемники в большинстве случаев имеют такие же узкие углы обзора, что и передатчики, то есть менее 0,5.

После установки приемо-передающих блоков необходимо подключить их к существующим кабельным сетям в обоих зданиях. Существует множество моделей АОЛС с самыми разнообразными интерфейсами, однако, в отличие от производителей оборудования радиосвязи, производители АОЛС придерживаются следующей общей идеологии подключения: линия лазерной связи представляет собой эмуляцию отрезка кабеля (две витые пары или две жилы оптического кабеля). То есть для всех устройств, участвующих в кабельной сети связываемых зданий, эта линия не видна, не накладывает никаких ограничений на оборудование, не вносит никаких дополнительных протоколов связи или изменений и дополнений к протоколам связи.

На рисунках ниже представлены наиболее распространенные варианты топологий с использованием АОЛС.

Длина соединения «точка-точка» варьируется в зависимости от конкретной модели оборудования. При создании такого соединения следует всегда выбирать трассу таким образом, чтобы исключить появление в будущем непре-



«Точка-точка»

одолимым препятствий, например рост деревьев. Установка приемопередатчиков может быть осуществлена как на крыше здания, так и на стене. Идеальная альтернатива любому кабельному решению по цене, скорости установки, ликвидности капиталовложений.

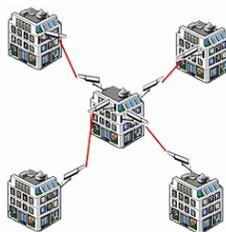
Стандарт Ethernet (IEEE 802.3) определил, что между двумя узлами локальной сети может находиться не более 4 активных устройств: HUB-ов, репитеров. Однако это ограничение легко устраняется с помощью более интеллектуальных устройств: коммутаторов, мостов, маршрутизаторов. Наше оборудование (для локальных сетей) не относится к классу активных или пассивных устройств Ethernet, а является конвертером электрических сигналов в оптические. Поэтому при создании магистралей ограничение на 4 активных устройства не будет действовать, если в точке соединения двух отрезков магистрали для связи двух приемопередатчиков используется cross – over кабель. При соблюдении этого правила протяженность магистрали теоретически не ограничена.

Выводы. На практике, наверное, этот способ самый распространенный. Он позволяет моделировать коммуникационную инфраструктуру в соответствии с решаемой задачей, целесообразностью, ценой и эффективностью.

Для построения резервной линии связи мы будем использовать аппаратуру АОЛС и топологию построения «точка-точка».

Список литературы

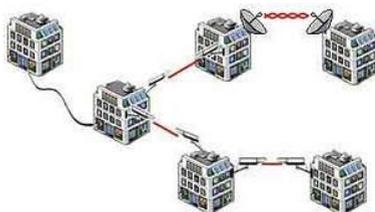
1. Милинкис, Б. Атмосферная лазерная связь / Б. Милинкис, В. Петров // Радиоэлектроника и телекоммуникации. – 2001 – № 5 (18).
2. Влияние погодных условий на надежность атмосферной оптической связи / Ю. И. Зеленюк, И. В. Огнев, С. Ю. Поляков, С. Е. Широбакин, – Вестник связи. – 2002. – № 4.



«Точка доступа»



«Магистраль»



«Комбинация»

3. Повышение доступности оптической телекоммуникационной системы с атмосферными сегментами / Б. А. Кузяков, М. А. Карпов, Е. В. Егорова и др. // Электромагнитные волны и Электронные системы. – 2013. – Т. 18, № 12. – С. 38-43.

4. Павлов, Н. М. Коэффициент готовности атмосферного канала АОЛП и методы его определения / Н. М. Павлов // Фотон-Экспресс. – 2006. – № 6. – С. 78-90.

5. Гидрометцентр России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meteoinfo.ru>.

УДК 633.635

Ким Ольга Александровна,

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи гр. ИТСб-41

Научный руководитель **Бастракова Марина Ивановна,**

канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ВАРИАНТЫ ПОСТРОЕНИЯ СЕТИ WiMAX

В данной работе представлены различные варианты построения сети WiMax.

Ключевые слова: стандарты, базовая станция, пользователь, скорость передачи, видимость.

Система WiMAX состоит из двух основных частей:

- 1) базовая станция WiMAX, которая может размещаться на высотном объекте: здании или вышке;
- 2) приёмник WiMAX в различных форм-факторах.

Соединение между базовой станцией и клиентским приёмником производится в низкочастотном диапазоне 2-11 ГГц. Данное соединение в идеальных условиях позволяет передавать данные со скоростью до 20 Мбит/с и не требует наличия прямой видимости между станцией и пользова-



Станции и приёмники

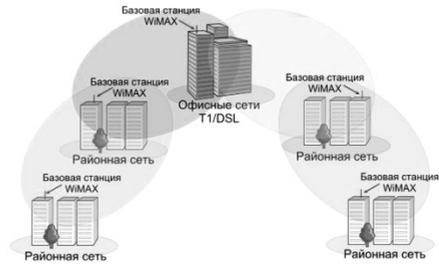
телем. Этот режим работы базовой станции близок широко используемому стандарту 802.11 (Wi-Fi), что допускает совместимость уже выпущенных клиентских устройств и WiMAX.

Между соседними базовыми станциями устанавливается постоянное соединение с использованием режима СВЧ (сверхвысокие частоты 10-66 ГГц) радиосвязи прямой видимости (line-of-sight). Данное соединение в идеальных условиях позволяет передавать данные со скоростью до 120 Мбит/с. Ограничение по условию прямой видимости, разумеется, не является плюсом, однако оно накладывается только на базовые станции, участвующие в цельном покрытии района, что вполне возможно реализовать при размещении оборудования.

Как минимум, одна из базовых станций может быть постоянно связана с сетью провайдера через широкополосное скоростное соединение. Фактически чем больше станций имеют доступ к сети провайдера, тем выше скорость и надёжность передачи данных. Однако даже при небольшом количестве точек система способна корректно распределить нагрузку за счёт mesh-топологии.

На базе такого принципа разрабатываются также пути построения оптимальной сети, огибающей крупные объекты, когда серия последовательных станций передаёт данные по эстафетному принципу.

Для соединения базовой станции с пользователем необходимо наличие абонентского оборудования. Далее сигнал может поступать по стандартному Ethernet-кабелю как непосредственно на конкретный компьютер, так и на точку доступа стандарта 802.11 Wi-Fi или в локальную проводную сеть стандарта Ethernet. Это позволяет сохранить существующую инфраструктуру районных или офисных локальных сетей при переходе с кабельного доступа на WiMAX. Это помогает также максимально упростить развёртывание сетей, позволяя использовать знакомые технологии для подключения компьютеров.



Покрытие WiMAX

Список литературы

1. Вишневский, В. Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G / В. Вишневский, С. Портной, И. Шахнович. – Техносфера, 2009.

2. Шахнович, И. Стандарт широкополосного доступа IEEE 802.16 для диапазона ниже 11 ГГц / И. Шахнович. – Электроника: НТБ, 2005. – № 1. – С. 8.

3. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В. М. Вишневский, А. И. Ляхов, С. Л. Портной, И. В. Шахнович. – М.: Техносфера, 2005.

УДК 621.382

Муратов Эльвин Ильич,

направление Конструирование и технология электронных средств
(магистратура), гр. ЭВСм-21

Научный руководитель **Алиев Марат Туфикович,**

канд. техн. наук, доцент кафедры проектирования и производства ЭВС
ФГБОУ ВО «Поволжского государственного технологического университета»,
г. Йошкар-Ола

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ТЕСТИРОВАНИЯ БЫСТРОТЫ И ТОЧНОСТИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ

Ключевые слова: тестирование, скорость одиночного движения, быстрота, точность, двигательные действия.

Актуальность. В настоящее время известны способы оценки быстроты путем определения времени скрытого периода двигательной реакции, скорости одиночного движения, частоты движений в единицу времени и производной от этих показателей – скорости. Тестирование точности является наиболее важным, но более трудным параметром, позволяющим оценить эффективность двигательных действий, так как точность движения обусловлена точностью пространственных, временных и силовых параметров выполняемого двигательного действия. По этой причине быстрота и точность определяются разными методами в процессе тестирования разными средствами.

Исходя из этого разработка метода позволит выполнить экспресс-диагностику при массовых исследованиях, что приведет к сокращению времени исследования.

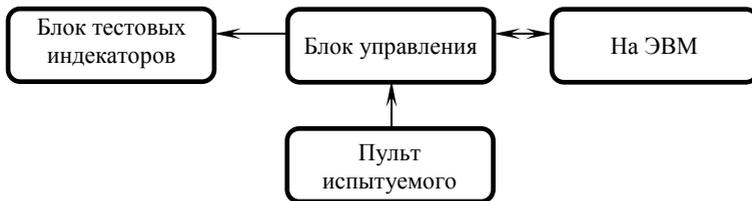
Цель исследования – разработка метода и средства оценки быстроты и точности двигательных действий с использованием одного средства.

Задачи исследования:

- 1) разработка нового метода и средства определения быстроты и точности двигательных действий;
- 2) разработка прибора для определения быстроты и точности двигательных действий.

Методы исследования. Для решения поставленных задач использованы следующие методы: теоретический анализ и обобщение научной и методической литературы, метод компьютерного программирования, методы системного анализа.

Результаты исследования. В ходе анализа литературных источников были отобраны исследования, относящиеся к области скорости нервных процессов человека. Вопросами теории и практики этих исследований занимались М. Т. Алиев, В. В. Роженцов, М. М. Полевщиков, И. А. Петров, А. В. Замский, Г. Г. Худяков. Изучив работы данных авторов, мы спроектировали средство и к нему разработали метод оценки быстроты и точности двигательных действий.



Структурная схема АПК – для тестирования быстроты и точности двигательных действий

Принцип работы устройства. При зажатии тактовой кнопки поочередно слева направо начинают загораться пронумерованные индикаторные светодиоды, при отжатии кнопки поочередное загорание светодиодов прекращается и зажжённым остается лишь тот светодиод, под чьим номером произошло отжатие, тем самым мы производим фиксацию светодиода. Во время отжатия кнопки в интервале перехода от последнего к начальному светодиоду, светодиодная дорожка остается выключенной, следовательно, фиксации не произошло.

Методика тестирования заключается в том, что испытуемому предлагается за 10 заходов в минимальное время поочередно зафиксировать 8 светодиодов, начиная от конечного и заканчивая начальным светодиодом.

Испытуемый зажимает кнопку, начинается поочередное зажигание светодиодов. Во время, когда зажигается светодиода под № 8, испытуемый резко отпускает кнопку, тем самым зафиксировав результат. Затем он снова нажимает на кнопку, запустив поочередное зажигание светодиодов, и отпускает кнопку, когда зажигается светодиод под № 7.

В случае, когда планировалось зафиксировать светодиод, к примеру, под № 6, но испытуемый либо проскочил и зафиксировал под № 7, или

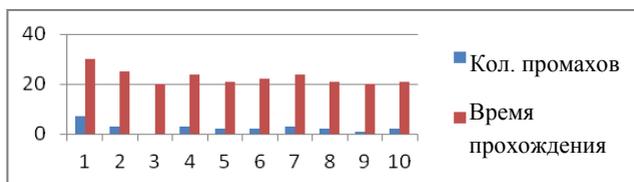
не дошел и зафиксировал под № 5, то попытка под планируемым номером считается неудачной, а испытуемый вынужден снова зафиксировать светодиод под № 6 – и так пока попытка не будет считаться удачной.

Таким образом, поочередно зафиксировав все светодиоды в каждом этапе, испытуемый заканчивает первый заход.

Во время прохождения каждого захода результаты заносятся в таблицу, где учитывается количество промахов при фиксации светодиода и время его прохождения.

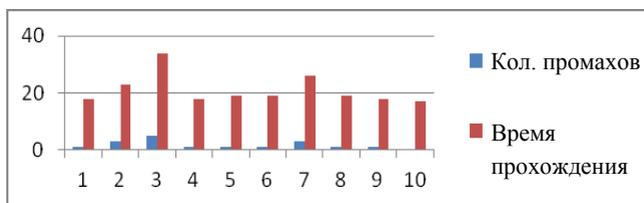
Испытуемый 1
Сводная таблица результатов

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Итого:
Кол. промахов	7	3	0	3	2	2	3	2	1	2	25
Время прохождения	30	25	20	24	21	22	24	21	20	21	228



Испытуемый 2
Сводная таблица результатов

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Итого:
Кол. промахов	1	3	5	1	1	1	3	1	1	0	17
Время прохождения	18	23	34	18	19	19	26	19	18	17	211



Вывод. Анализ литературы по данной тематике подтвердил актуальность оценки быстроты и точности двигательных действий в таких областях, как спорт, видеоигры.

Проведённое предварительное тестовое задание по оценке быстроты и точности показал адекватные количественные оценки быстроты и точности у испытуемых.

В результате разработан метод, позволяющий по результатам анализа одного тестирования оценить такие составляющие двигательных способностей, как быстрота и точность. Он может использоваться для оценки и прогнозирования успешности человека в трудовой и в спортивной деятельности.

Список литературы

1. Полевщиков, М. М. Точность двигательных действий как критерий отбора для занятий игровыми видами спорта / М. М. Полевщиков, В. В. Роженцов // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. – 2013. – № 6 – С. 103-107.
2. Полевщиков, М. М. Быстрота как необходимое физическое качество бадминтониста / М. М. Полевщиков, В. В. Роженцов // Физическая культура, спорт и здоровье. – Йошкар-Ола: Изд-во МарГУ. – 2013. – № 22 – С. 58-61.
3. Алиев, М. Т. Аппаратно-программный комплекс для оценки эффективной деятельности человека / М. Т. Алиев, С. Л. Тихонов // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2010. – № 3. – С. 76-85.
4. Петухов, И. В. Исследование точности оценок временных характеристик зрительного восприятия / И. В. Петухов, В. В. Роженцев, М. Т. Алиев // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2007. – Т. 144, № 8. – С. 236-237.
5. Полевщиков, М. М. Методика оценки точности двигательных действий спортсмена игровых видов спорта. / М. М. Полевщиков, В. В. Роженцов, Н. И. Палагина // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 2. – С. 363-367.

УДК 621.382:612.08

Назарова Мария Сергеевна,

направление Проектирование вычислительных систем (магистратура),
гр. ЭВСм-21

Научный руководитель **Алиев Марат Туфикович,**

канд. техн. наук, доцент кафедры проектирования и производства ЭВС
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Актуальность. Компьютеризация современного общества вместе с огромными преимуществами создала и новые проблемы, связанные с

негативным влиянием ряда факторов на здоровье человека. В первую очередь это касается зрительного утомления при работе за компьютером.

Вопрос оценки состояния человека при работе на компьютерах сейчас стоит как никогда остро, поскольку рациональное использование ресурсов каждого человека в итоге позволило бы увеличить эффективность его работы. В связи с этим встает вопрос о создании эффективного, направленного на минимизацию вреда от продолжительной работы за компьютером инструмента, позволяющего в режиме реального времени определять функциональное состояние человека при наборе текста в целях рациональной и эффективной организации трудовой деятельности человека.

Целью проекта является разработка аппаратно-программного комплекса для определения функционального состояния человека в режиме реального времени путем оценки частоты ошибок в тексте.

Функциональное состояние человека складывается из двух важных составляющих:

- внешние факторы (дефицит сна, алкоголизация, переработки, разного рода социальные проблемы);
- фактор психологической профессиональной пригодности к деятельности [1].

Поскольку речь пойдет о работе человека с компьютером, необходимо обеспечить надежность человеческой деятельности путем диагностики функционального состояния для оценки показателей работоспособности.

Одним из главных параметров при оценке показателей работоспособности является утомление. Утомление – это функциональное состояние организма, которое проявляется во временном уменьшении работоспособности, изменении физиологических функций и сопровождается ощущением усталости в результате совершения длительной или интенсивной работы [2].

Для определения функционального состояния человека рассмотрим аппаратно-программный комплекс, схематично представленный на рисунке.

Основным элементом аппаратно-программного комплекса является *вычислительное устройство*. Оно отвечает за анализ входящих данных, а также за выбор и формирование сигнала управления. Для преобразования сигналов в форму, необходимую для работы, в вычислительном устройстве используется *устройство кодирования и декодирования* символьной информации. Информация вводится в систему с помощью клавиатуры.



Рис. 1. Аппаратно-программный комплекс для определения функционального состояния человека

Блок хранения – предназначен для хранения информации в доступном объеме, напрямую связан с вычислительным устройством и имеет как прямую связь, так и обратную, необходимую для выполнения своих функций.

Устройство визуальной индикации – предназначено для непосредственного отображения информации о состоянии оператора и рекомендации для повышения концентрации его внимания.

Устройство ввода – предназначено для обратной связи оператора с вычислительным устройством.

Устройство звуковой сигнализации – предназначено для создания звукового сигнала, который будет привлекать внимания оператора к устройству визуальной индикации. Для осуществления данной связи необходим блок согласования, предназначенный для преобразования сигнала из дискретной формы, используемой вычислительным устройством, в аналоговую, необходимую для работы звукового сигнализатора. Связь вычислительного устройства осуществляется только напрямую.

Рассматривая функциональное состояние человека как работоспособность, заметим, что работоспособность определяется двумя группами факторов: внутренними и внешними. К *внешним* относятся: взаимоотношения в коллективе, информационная конструкция сигналов, качество рабочей среды. К *внутренним*: эмоциональная устойчивость, тренированность, уровень подготовки [3].

Для оценивания работоспособности выбран способ оценки внимания методом корректурной пробы, поскольку важным показателем утомле-

ния и снижения работоспособности при наборе текста является устойчивостью внимания.

На основе данного метода была разработана методика для автоматического определения показателей внимания в компьютерной системе, без отвлечения человека от выполнения трудовых задач.

Реализация данной методики организована следующим образом: для взаимодействия человека с компьютерной системой используется клавиатура.

Для расчета точности ввода используется формула

$$K = \frac{\left(\frac{Z \cdot X}{Y} - N \right)}{\frac{Z \cdot X}{Y}},$$

где K – показатель точности;

X – показатель допустимого количества ошибок на количество текста;

Y, Z – количество введенных знаков с клавиатуры.

Устойчивость внимания оценивается по изменению скорости выбора (времени, затраченного на поиски отдельного стимула) на протяжении всего задания. Для ее оценки используется формула

$$A = \frac{Z}{t},$$

где A – темп выполнения;

Z – количество введенных знаков с клавиатуры;

t – время выполнения.

Экспериментальные исследования. В качестве исходных данных используются генерируемые значения напечатанных знаков и совершенных ошибок, имитирующих работу оператора, набирающего текст в течение 4 часов.

По полученным параметрам построен график, характеризующий параметры внимания, а значит, и работоспособности оператора. График работоспособности представлен на рисунке 2.

По графику видно, что после продолжительного труда падают устойчивость внимания, работоспособность, учащаются ошибки. Организм требует перерыва в деятельности, глаза устают, а пальцы чаще не попадают по нужным клавишам.

Выводы. Использование аппаратно-программного комплекса для определения функционального состояния человека позволит повысить эффективность работы на компьютерах путем оценки работоспособности человека, без отвлечения человека от выполнения трудовых задач.

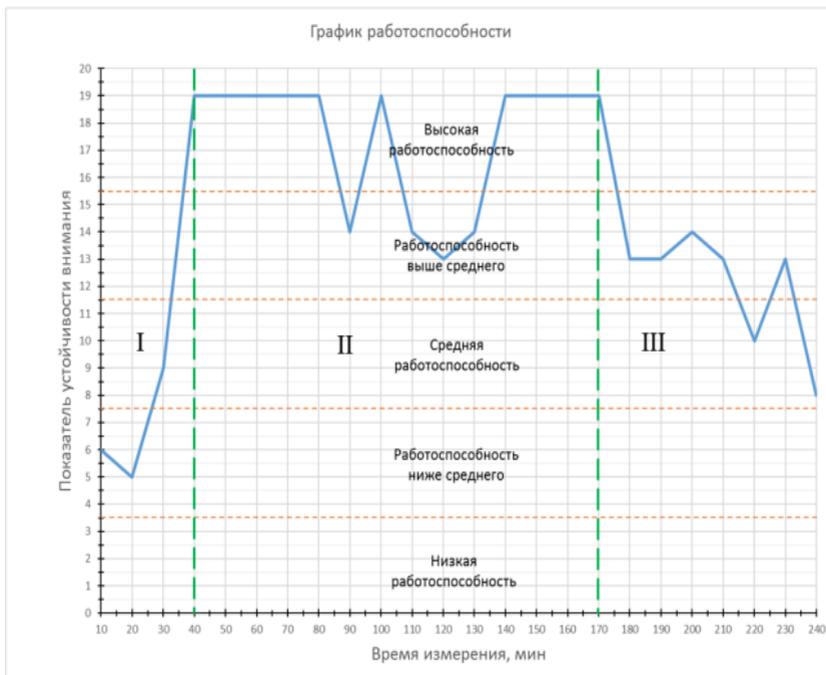


Рис. 2. График показателя устойчивости внимания

Список литературы

1. Саакян, А. С. Аппаратно программный комплекс для диагностики функциональных состояний / А. С. Саакян, Д. С. Саакян // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – Таганрог. – 2002. – № 5 (28). – С. 15-16.
2. Душков, Б. А. Инженерная психология / Б. А. Душков. – М.: Высш. шк., 2001. – 381 с.
3. Кукин, П. П. Безопасность жизнедеятельности. Производственная безопасность и охрана труда: учеб. пособие для студентов спец. учеб. заведений / П. П. Кукин, В. Л. Лапин, Н. Л. Пономарёв и др. – М.: Высш. шк., 2007.
4. Алиев, М. Т. Аппаратно-программный комплекс для оценки эффективной деятельности человека / М. Т. Алиев, С. Л. Тихонов // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2010. – № 3. – С. 76-85.

Кугергина Алевтина Юрьевна,
направление Конструирование и технология электронных средств
(магистратура), гр. ЭВСм-21

Научный руководитель **Алиев Марат Туфикович,**
канд. техн. наук, доцент кафедры проектирования и производства ЭВС
ФГБОУ ВО Поволжского государственного технологического университета,
г. Йошкар-Ола

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОЦЕНКИ КОНЦЕНТРАЦИИ ВНИМАНИЯ

В статье раскрыты основные методы и средства, используемые для оценки уровня концентрации внимания, а также техники для его развития.

Ключевые слова: внимание, свойства внимания, концентрация, методы диагностики, технические средства изучения внимания.

Актуальность. Сегодня с проблемой внимания в ее практическом плане приходится сталкиваться любому человеку. Многие трудности связаны с неумением (или неспособностью) того или иного человека сконцентрироваться на воспринимаемой информации или выполняемом задании. Концентрация внимания позволяет человеку многие вещи делать гораздо быстрее и эффективнее, именно поэтому вовремя распознанные недостатки концентрации внимания позволяют человеку принять какие-либо меры по развитию этого важного свойства внимания. В связи с этим встает вопрос, какие существуют на сегодняшний день методы и средства оценки концентрации внимания, поэтому исследование имеет особую значимость и актуальность.

Изучением проблем внимания занимались такие известные психологи, как П. Я. Гальперин, Н. Грэйс, Х. Грюнинг, У. Джеймс, Н. Ф. Добрынин, А. Р. Лурия, С. Л. Рубинштейн, А. В. Сухих. Анализ научной литературы отечественных и зарубежных авторов позволил дать определение понятию – внимание, рассмотреть такое свойство внимания, как концентрация, обозначить основные методы и средства, используемые для изучения этого свойства, а также изучить эффективные техники для развития концентрации внимания.

Одним из определений внимания в психологии является предложенное Н. Ф. Добрыниным понимание внимания как направленности и сосредоточенности психической деятельности человека. При этом под направленностью понимается избирательный характер активности, а под сосредоточенностью – углубление в данную деятельность. Подобно памяти, внимание относится к сквозным психическим явлениям, поэтому,

опираясь на структуру психической организации человека, возможно рассмотрение внимания и как процесса (или стороны какого-либо психического процесса: например, сенсорное, перцептивное, интеллектуальное внимание), и как состояния (например, состояние сосредоточенности), и как свойства личности (например, внимательность) [4, с. 121].

Представим примеры использования методов и средств концентрации внимания.

Этот видоизмененный тест был предложен психотехником Риссом в начале 20-х годов XX века. На бланке в прямоугольнике проведено 25 перепутанных линий, которые начинаются у его левой стороны и заканчиваются у правой. Линии пронумерованы от 1 до 25. Задача исследуемого – проследить ход каждой линии и поставить у правого ее конца тот же номер, что и у левого [5, с. 329].

Следующие методы для оценки концентрации внимания, которые мы рассмотрим: корректурная проба Бурдона; методика «Интеллектуальная лабильность».

За определенное время (обычно 30 или 60 секунд) необходимо вычеркнуть указанные в инструкции цифры или буквы. О хорошей концентрации и сосредоточении внимания свидетельствуют следующие показатели: время, затраченное на выполнение заданий; количество ошибок [5, с. 331].

Тест требует от испытуемого высокой концентрации внимания и скорости действий. Обследуемые должны в ограниченный отрезок времени (несколько секунд) выполнить несложные задания, которые будет зачитывать экспериментатор. Обследование можно проводить как индивидуально, так и в группе, возможно использование магнитофона. Каждому испытуемому выдается специальный бланк. На решение каждого задания отводится от 3 до 5 секунд. Оценка производится по количеству ошибок. Ошибкой считается и пропущенное задание [5, с. 332].

Развитие концентрации внимания будет успешнее, если использовать для тренировки внимания упражнения и специальные техники. Представим некоторые из них.

Данная техника развития концентрации внимания подразумевает длительное удержание внимания на предмете. Для занятия необходимо приготовить белый лист бумаги с нарисованной посередине черной точкой. Далее нужно закрепить рисунок на расстоянии одного метра от испытуемого и принять удобную позу так, чтобы лист с точкой оставался на уровне глаз. Испытуемого просят закрыть глаза и отвлечься от мыслей и образов. После погружения в состояние покоя его просят открыть глаза и посмотреть на точку, при этом не отводить глаз, не моргать, удерживать внимание только на черной точке. Это выполняется в

течение 20-30 минут. По окончании занятия испытуемого просят закрыть глаза, наблюдая остаточное явление черной точки до полного исчезновения [3, с. 43].

Техника медитации поможет добиться высочайшего уровня концентрации внимания за счет отвлечения от постороннего и сосредоточения на внутренних ощущениях [2, с. 51].

Подобно технике медитации, для развития концентрации внимания используется техника «Випассана». Для ее проведения необходимо принять удобную позу и расслабиться. Далее испытуемого просят перевести взгляд на кончик носа и зафиксировать внимание на нем. Испытуемый должен следить только за своими ощущениями, дыханием и взглядом на кончике носа, отвлекаясь ото всех мыслей. Как только мысли переключатся на что-то другое, испытуемого просят вернуться в начальную точку [2, с. 52].

Каждая техника или упражнение помогает концентрировать внимание и учит сосредотачиваться, абстрагируясь от посторонних шумов, запахов, действий другого человека. Тренировка концентрации – залог успешного выполнения поставленных задач.

Выводы

- Прежде всего, необходимо отметить, что внимание как сложное психическое явление, не обнаруживается в «чистом» виде, функционально внимание направлено к чему-либо; чем меньше круг объектов внимания, тем меньше участок воспринимаемой формы, тем концентрированное внимание.

- Существуют определенные методы и средства для изучения данного свойства внимания. К не экспериментальным методам, к которым можно отнести наблюдение, не предъявляются высокие требования. Он не требует специальной организации и технического оснащения. Кроме этого, существуют методы, которые требуют специальной организации, подготовки оборудования и материала – это технические средства изучения внимания. Использование таких методов дает возможность повысить точность оценки такого свойства внимания, как концентрация, многократно проверить полученные данные. Материал, как правило, предъявляется в виде таблиц или специальных бланков с цифрами, буквами, геометрическими изображениями.

- Кроме методов и средств оценки концентрации внимания существуют определенные техники для развития этого свойства. Так, в частности, концентрация внимания может успешно развиваться под влиянием специально организованных игр и упражнений для развития данных качеств.

Список литературы

1. Алиев, М. Т. Аппаратно-программный комплекс для оценки эффективной деятельности человека / М. Т. Алиев, С. Л. Тихонов // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2010. – № 3. – С. 76-85.
2. Грэйс, Н. Приемы развития памяти, внимания и речи / Н. Грэйс. – М.: Питер, 2015. – 192 с.
3. Грюнинг, Х. Лучшие техники скорочтения, развития памяти и внимания. Как усвоить большой объем знаний. Учимся без стресса и лишних усилий / Х. Грюнинг. – М.: АСТ, Астрель, 2013. – 192 с.
4. Добрынин, Н. Ф. О новых исследованиях внимания / Н. Ф. Добрынин // Вопросы психологии. – № 2016. – № 1. – С. 121-128.
5. Рубинштейн, С. Л. Основы общей психологии / С. Л. Рубинштейн. – СПб.: Питер, 2014. – 712 с.

УДК 633.635

Кушназаров Аббос Акрмович,

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи
(бакалавриат), гр. ИТСб-41

Научный руководитель **Бастракова Марина Ивановна,**

канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола

БЕСПРОВОДНЫЕ СЕТИ 5G

Цель – ознакомиться с принципами работы сетей 5G; рассмотреть диапазоны частот и их применение.

Стремительное развитие технологий беспроводной связи в сочетании с разработкой стандартов на конвергентные сети являются предвестниками появления систем мобильной связи 5-го поколения. Ожидается, что системы 5G будут иметь значительно более высокую емкость сети и пропускную способность каналов, что удовлетворит возросшие запросы пользователей и обеспечит поддержку новых услуг. Однако разработка систем 5G неизбежно столкнется с новыми техническими проблемами, в частности, с необходимостью гарантировать межкомпьютерную связь (*machine-to-machine*), высокую эффективность потребляемой энергии, повсеместную доступность беспроводной связи и автономное оперативное обслуживание. Авторы статьи в журнале *ITU News* рассматривают новые технологии, которые реализуют сетевую инфраструктуру 5G, анализируют перспективы стандартизации беспроводных

систем нового поколения, а также рассказывают о новых разработках в области перспективной мобильной связи [1-3].

Сеть 5G – это новый сверхбыстрый стандарт беспроводной передачи данных, не уступающий оптическим сетям связи, с пиковыми скоростями до 10 Гбит в секунду в оптимальных радио условиях и 1 Гбит в секунду на краях сот и для «сверх мобильных пользователей», перемещающихся быстрее 300 км/ч.

Требования к сетям 5G. Пропускная способность сети свыше 10 Гбит/с. Поддержка одновременного подключения до 100 млн. устройств/км². Задержка передачи данных на радио интерфейсе не более 1 мс. Для полноценного функционирования сетей мобильной связи стандарта 5G необходимо разворачивать сети в более свободных высокочастотных диапазонах. При повышении частоты, на которой передается информация, уменьшается дальность связи. Это закон физики, обойти его можно, лишь повышая мощность передатчика, которая ограничена санитарными нормами. Однако считается, что базовые станции сетей пятого поколения будут располагаться плотнее, чем сейчас, что вызвано необходимостью создать гораздо большую емкость сети. Преимуществом диапазонов десятков ГГц является наличие большого количества свободного спектра.

Услуги в сетях 5G:

сверхширокополосная мобильная связь (Extreme Mobile Broadband, xMBB) – реализация ультраширокополосной связи с целью передачи «тяжелого» контента;

массовая межмашинная связь (Massive Machine-Type Communications, mMTC) – поддержка Интернета вещей (ультра узкополосная связь);

сверхнадежная межмашинная связь (Ultra-reliable MTC, uMTC) – обеспечение особого класса услуг с очень низкими задержками.

Потенциальные технологии в стандарте 5G

1) **Массивные MIMO.** Технология MIMO означает использование нескольких антенн на приемопередатчиках. Технология, успешно применяемая в сетях четвертого поколения, найдет применение и в сетях 5G. При этом если в настоящее время в сетях используется MIMO 2×2 и 4×4, то в будущем число антенн должно увеличиться. Эта технология имеет сразу два весомых аргумента для применения:

а) скорость передачи данных возрастает практически пропорционально количеству антенн;

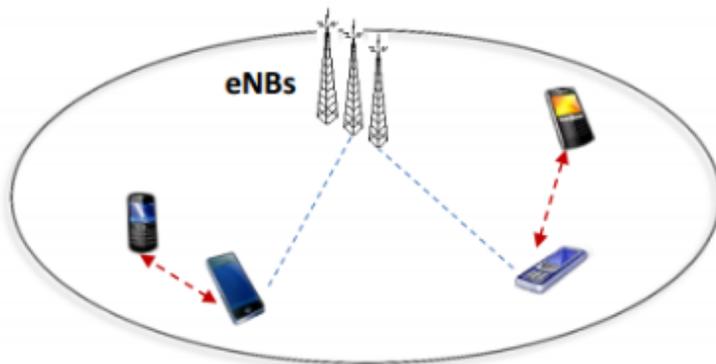
б) качество сигнала улучшается при приеме сигнала сразу несколькими антеннами за счет разнесенного приема (Receive Diversity).

2) *Переход в сантиметровый и миллиметровый диапазоны.*

На данный момент сети LTE работают в частотных диапазонах ниже 3,5 ГГц. Для полноценного функционирования сетей мобильной связи стандарта 5G необходимо разворачивать сети в более свободных высокочастотных диапазонах. При повышении частоты, на которой передается информация, уменьшается дальность связи. Это закон физики, обойти его можно лишь повышая мощность передатчика, которая ограничена санитарными нормами. Однако считается, что базовые станции сетей пятого поколения будут располагаться плотнее, чем сейчас, что вызвано необходимостью создать гораздо большую емкость сети. Преимуществом диапазонов десятков ГГц является наличие большого количества свободного спектра.

3) *Мультитехнологичность.* Для обеспечения высококачественного обслуживания в сетях 5G необходима поддержка как уже существующих стандартов, таких как UMTS, GSM, LTE, так и других, например, Wi-Fi. Базовые станции, работающие по технологии Wi-Fi, могут использоваться для разгрузки трафика в особо загруженных местах.

4) *D2D (Device-to-device).* Технология device-to-device позволяет устройствам, находящимся неподалеку друг от друга, обмениваться данными напрямую, без участия сети 5G, через ядро которой будет проходить лишь сигнальный трафик. Преимуществом такой технологии является возможность переноса передачи данных в не лицензируемую часть спектра, что позволит дополнительно разгружать сеть.



Преимущества и области применения низких частот в сетях 5G.

Низкочастотный спектр до 6 ГГц уже согласован под нужды 5G на завершившихся Всемирной конференции радиосвязи (ВКР) 2015 года. Участь высоких частот определяют на ВКР-19 в 2019 году.

Основным преимуществом низкочастотных участков спектра для сетей пятого поколения является в первую очередь обеспечение оптимального покрытия без дополнительных инвестиций в развитие сетевой инфраструктуры.

Предоставляемое низкими частотами покрытие обеспечит хорошее проникновение беспроводной связи в помещения, что очень важно для работы IoT-объектов. В первую очередь эта возможность проецируется на диапазон 700 МГц, предназначенный для систем связи M2M, «умного» города и «умных» домов.

Низкие диапазоны в рамках концепции 5G также актуальны для подключения различных нуждающихся в надежной сети устройств (как, например, самоуправляемые автомобили). В этих целях предполагается использоваться как 700 МГц, так и 3,4-3,8 ГГц. На этих диапазонах можно автоматизировать промышленность, а также реализовывать чувствительные к задержкам сервисы.

Частотный ресурс ниже 1 ГГц отличается хорошим покрытием при одновременно небольших затратах на строительство сетевых объектов. Это является оптимальным решением для приложений, которые не требовательны к высокой скорости передачи данных. В сегменте Интернета вещей подобные сервисы присутствуют: умные счетчики, датчики и т.п.

Предполагается, что в эпоху 5G операторам будут выделяться сплошные частотные полосы по 300-400 МГц.

Преимущества и области применения высоких частот в сетях 5G

Высокие участки частотного спектра необходимы сетям 5G для достижения предельных скоростей до 20 Гбит/с. В частности, для сетей пятого поколения рассматривается возможность использования диапазонов 24,25-27,5 ГГц и 37-43,5 ГГц.

Высокочастотные сети позволят реализовать 3D-видео в формате UHD (Ultra High Definition), дополненную реальность (AR), облачные сервисы для работы и игр, голографическую связь, тактильный интернет и др.

Список литературы

1. Сафонов, А. Беспроводные сети 5G [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mirznanii.com/v/7qXYmZf8IZ8-113009/besprovodnye-seti-5g-aleksandr-safonov>.
2. Тихвинский, В. О. Концептуальные аспекты создания 5G / В. О. Тихвинский, Г. С. Бочечка // Электросвязь. – 2013. – № 10. – С. 29-33.
3. Поскакухин, В. Н. Вопросы разработки и стандартизации систем 5G в МСЭ-R [Электронный ресурс] / В. Н. Поскакухин. – Режим доступа: <https://ru-4g.livejournal.com/1201482.html>.

УДК 004.946

Белов Роман Александрович,

направление Управление в технических системах (магистратура), гр. УиТСм-21

Научный руководитель **Танрывердиев Илья Оруджевич,**

канд. техн. наук, кафедра проектирования и производства ЭВС

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

К ВОПРОСУ ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ТОЧНОСТИ ЗРИТЕЛЬНО-МОТОРНОГО СЛЕЖЕНИЯ ОПЕРАТОРА В УСЛОВИЯХ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Статья посвящена теоретическому обзору в области изучения точности зрительно-моторного слежения, а также исследованиям с использованием технологии виртуальной реальности.

Ключевые слова: зрительно-моторное слежение, виртуальная реальность, человек-оператор.

Введение. Технический прогресс способствует все более широкой механизации и автоматизации деятельности, централизации управления техникой, внедрению в производство электронно-вычислительных машин и автоматизированных систем управления.

Деятельность оператора – целенаправленная активность, совокупность действий и поступков человека, направленных на достижение сознательно поставленных целей при работе с информационными моделями реальных объектов.

В настоящее время не существует единых моделей и способов для исследования точности зрительно-моторного слежения человека в условиях виртуальной реальности, в связи с этим встала задача построения таких моделей, основанная на методах исследования и лабораторного эксперимента.

Работа направлена на решение актуальной задачи: исследование точности зрительно-моторного слежения оператора в условиях виртуальной реальности, так как человек-оператор используется во многих системах управления. Исследование точности зрительно-моторного слежения оператора в условиях виртуальной реальности направлено на повышение надёжности его работы и способствует уменьшению процента ошибок.

Цель и задачи исследования. Целью исследования является разработка программно-аппаратных средств и метода исследования точности зрительно-моторного слежения оператора в условиях виртуальной реальности.

Задачи данного исследования:

- исследовать точность зрительно-моторного слежения оператора в условиях виртуальной реальности;
- провести ряд экспериментов в реальных условиях и условиях виртуальной реальности;
- провести обработку полученных результатов, составить имитационные модели.

Зрительно-моторное слежение. Любому управляющему действию оператора предшествуют те или иные психические процессы. Реализация психической деятельности при помощи движений называется психомоторикой. Психомоторика проявляется в психомоторных процессах. Психомоторные процессы в свою очередь делятся на идеомоторные, эмоционально-моторные и сенсомоторные процессы.

Сенсомоторные процессы, или сенсомоторика, определяют взаимосвязь сенсорных и моторных (двигательных) компонентов психической деятельности. При помощи этих процессов происходит осуществление связи восприятия и движения, проявляющейся в виде сенсомоторных реакций или сенсомоторной координации.

Сенсомоторная реакция – это одиночное (дискретное) движение оператора на появление (прекращение действия) того или иного раздражителя.

Показатель точности, как утверждает С. В. Голомазов, есть более важный и более трудный для нахождения критерия, который позволяет оценить эффективность двигательных действий.

Существуют два вида точностных движений:

- движения, качество которых оценивается по точности выполнения заданных траекторий (точность слежения);
- движения, качество которых оценивается по конечному результату (целевая точность) [2].

Различают два основных вида операций слежения. В случае, когда оператор воспринимает весь ход изменений входного и выходного сигнала и сводит к нулю разностную ошибку, операция называется сопровождающим слежением (слежением с преследованием). Если же оператор воспринимает только разность между входным и выходным сигналами и стремится свести ее к нулю, слежение называется компенсирующим [1].

Метод тестирования реакции человека на движущийся объект в виртуальной реальности. Суть метода РДО заключается в определении точки встречи движущегося объекта с неподвижной точкой, заранее указанной в словесной инструкции. Задача испытуемого, пытающегося

точно остановить движущийся объект в указанной ему точке, состоит в нахождении некоторой величины упреждения с учетом скорости движения объекта, оставшегося расстояния и своих скоростных возможностей. В этой ситуации человек регулирует свои действия на основе информации о предыдущих реакциях, старается до минимума сократить величину рассогласования между полученным результатом и точкой, указанной в инструкции, совместить движущийся объект с этой точкой. Ошибки упреждения корректируются увеличением пути движения объекта, а ошибки запаздывания – сокращением пути его движения. На первых порах, корректируя одну ошибку, испытуемые допускают другую и лишь постепенно находят минимальную величину упреждения, позволяющую остановить объект в заданной точке [3].

Для оценки точности РДО в условиях виртуальной реальности испытуемому предъявляется смоделированная с помощью шлема виртуальной реальности в виртуальной трёхмерной среде окружность, на которой помещена метка 1 и точечный объект 2, движущийся с заданной скоростью по окружности.

Испытуемый, наблюдая за движением точечного объекта 2, должен передвигать метку 1, чтобы она двигалась по той же траектории, что и точечный объект 2. Траектория точечного объекта задана изначально. Для перемещения метки испытуемый пользуется джойстиком – манипулятором, который представляет собой качающуюся в двух плоскостях вертикальную ручку. Затем компьютер вычисляет абсолютное значение ошибки несовпадения точечного объекта 2 и метки 1 (отклонение) и через заданное время возобновляет движение точечного объекта 2 по окружности.

В данном методе испытуемый должен передвигать метку 1, чтобы она двигалась по той же траектории, что и точечный объект 2. Траектория точечного объекта задана изначально. Для перемещения метки испытуемый пользуется джойстиком – манипулятором, который представляет собой качающуюся в двух плоскостях вертикальную ручку.

В результате анализируется способность оператора к слежению за движущимся объектом в условиях виртуальной реальности. Вычисляется процент точности повторения траектории движения точечного объекта.

Заключение. Для операторов сложных систем управления и технологических объектов необходимо иметь максимально возможную точность зрительно-моторной реакции, так как ошибка, допущенная человеком-оператором может привести к серьёзным и трагическим последствиям.

Для улучшения навыков работы человека-оператора и сокращения процента ошибок необходимо разработать тренировочные комплексы с

использованием виртуальной реальности. Такие комплексы имеют высокую степень погружения и могут также использоваться для проверки и определения профпригодности, контроля состояния операторов.

Список литературы

1. Душков, Б. А. Основы инженерной психологии: учебник для студентов вузов / Б. А. Душков. – М.: Академический Проект; Екатеринбург: Деловая книга, 2002.

2. Голомазов, С. В. Кинезиология точностных действий человека / С. В. Голомазов. – М.: СпортАкадемПресс, 2003. – 228 с.

3. Фамильникова, Н. В. Оценка точности реакции человека на движущийся объект / Н. В. Фамильникова, М. М. Полевщиков, В. В. Роженов // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 2-1. – С. 176-179; URL: <https://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=35597> (дата обращения 25.11.2017).

УДК 633/635

Смышляев Сергей Андреевич,

направление Управление в технических системах (магистратура), гр. УиТСм-21

Научный руководитель **Алиев Марат Туфикович,**

канд. техн. наук, кафедра проектирования и производства ЭВС

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

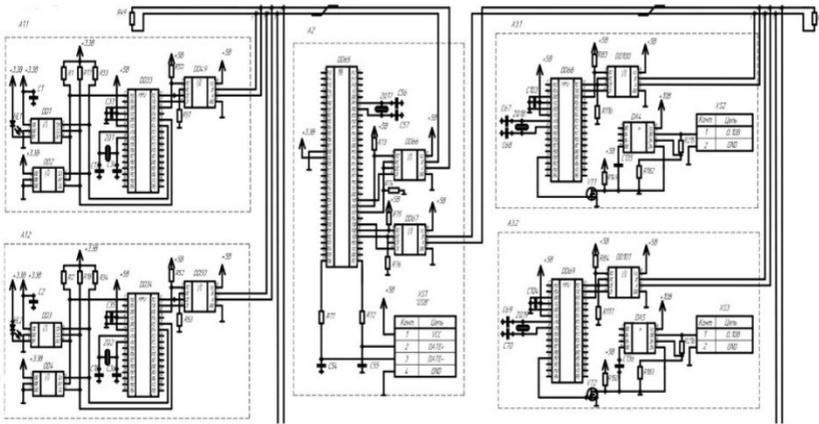
АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДИНАМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ОКРУЖАЮЩЕГО ОСВЕЩЕНИЯ В ОФИСНОМ ПОМЕЩЕНИИ

Цель работы – разработка аппаратной составляющей автоматической системы динамического контроля уровня окружающего освещения в офисном помещении, реализующая следующие функции: контроль уровня освещенности на рабочем месте, определение присутствия оператора на рабочем месте оператора ЭВМ, динамическое изменение яркости осветительных ламп над рабочим местом.

Актуальность проекта. Жизнь без света в современном мире представить невозможно. Без него нельзя ни работать, ни учиться, ни отдыхать. Количество различных источников света с каждым годом увеличивается быстрыми темпами. Соответственно повышается потребление электроэнергии. В настоящее время проблема экономии энергоресурсов, в том числе и электроэнергии, стоит особенно остро [1].

Освещенность рабочего места должна быть равна 500 люксам, согласно регламентирующим документам [2].

Принцип работы системы. На рисунке 1 отображена принципиальная схема АСУ освещением. Когда датчик присутствия фиксирует появление оператора на рабочем месте, система определяет освещенность рабочего места и на основании полученных данных отрегулирует яркость потолочных светильников до необходимого уровня [3].



Принципальная схема АСУ освещением

Система построена на следующей элементарной базе:

- датчики освещенности OPT3001;
- датчики присутствия MAXIM MAX44000;
- устройство согласования ATMEL ATmega8L-8AU;
- преобразователь интерфейса MAXIM MAX1487E;
- блок управления ATMEGA ATxmega256A3U-AU;
- операционный усилитель LM358W;
- светодиодный инвертор Arlight SR-2006;
- светодиодные светильники LP-SAP-L-40W-L.

Блок питания имеет гальваническую развязку. Он построен на микросхемах LM317 и преобразует переменный ток напряжением 220 вольт в постоянный ток 3,6 вольт, 5,5 вольт и 10 вольт. Напряжение 3,6 вольт необходимо для питания датчиков присутствия (16 шт.) DD1 и освещенности (16 шт.) DD2 и подается соответственно на выводы 1 микросхем, а также для питания блока управления DD65 ATxmega256A3U-AU и подается к выводу 15. Напряжение 5 вольт подается на блоки согласования,

микросхемы реализации интерфейсов RS-485 DD49...DD64 и на разъем USB XS1. К выводам 30, 31, 32 микроконтроллеров DD33...DD48 и DD68...DD99 по интерфейсу USART микросхем DD48...DD79 и DD100...DD131 подключены преобразователи интерфейсов. Данные микросхемы необходимы для образования связи между блоком управления и другими устройствами: измерительными устройствами на рабочих местах и устройствами управления лампами.

К выводу 13 микросхем DD48...DD79 подключаются микросхемы операционных усилителей DA4...DA35, управляемых через транзисторы VT1...VT32, для подачи аналогового напряжения в диапазоне 0...10 вольт на разъемы XS2...XS33 для регулирования яркости светодиодных светильников при помощи токового диммера, для регулировки которого и необходимо напряжение 10 вольт.

После того как питание подано на все компоненты системы и произведена первоначальная инициализация системы, изделие начинает нормально функционировать.

К выводам 7, 8 блоков согласования DD33...DD48 и микросхем DD68...DD99, а также выводам 58, 59 блока управления DD65 подключены кварцевые резонаторы, необходимые для того, чтобы задать частоту функционирования микроконтроллеров.

Датчик освещенности преобразует текущее значение освещенности в электрический цифровой сигнал и передает его на микроконтроллер через интерфейс I2C. Датчик подключен к блокам согласования DD33...DD48 через выводы 1, 27, 28.

Датчик присутствия также подключается к блокам согласования DD33...DD48 через интерфейс I2C с помощью выводов 1, 27, 28.

К блоку управления DD65 подключены две микросхемы DD66, DD67 интерфейса RS-485 через выводы 37, 36, 39 и 41, 42, 43 для организации связей с измерительными устройствами и устройствами управления. Также к выводам 32, 33 подключен интерфейс USB, аппаратно-реализованный в данном микроконтроллере, необходимый для связи с ПЭВМ для программирования системы.

Система имеет автоматический режим работы.

Блок управления через шину отслеживает поступающие сигналы от согласующих устройств, которые в свою очередь отслеживают данные, поступающие с датчиков присутствия и освещенности. Каждому измерительному устройству на рабочем месте присвоен определенный индекс, благодаря которому блок управления понимает, какое именно рабочее место необходимо осветить. Данный индекс связан с индексом, присвоенным устройству управления, что необходимо для того чтобы

система определяла над каким конкретно рабочим местом изменять уровень яркости нужного светодиодного светильника. Если на рабочем месте появляется оператор, данные с датчика присутствия и датчика освещенности поступают на блок согласования, который в свою очередь отправляет данные через шину на блок управления о возникновении движения в данной зоне (рабочем месте) и уровне текущей освещенности рабочего места. Далее блок управления отправляет информацию о текущем уровне освещенности на устройство управления лампами, которое в свою очередь формирует управляющий сигнал в диапазоне 0...10 вольт на разъем XS2, к которому подключен токовый диммер, непосредственно меняющий уровень яркости светодиодов в светильнике, посредством ШИМ-регулирования.

В случае, если достигнута максимальная яркость светильника, а уровень освещенности рабочего места ниже заданного, блок управления отправляет сигналы на рядом находящиеся устройства управления светильниками, меняя их уровень яркости.

При отключении питания система перестает функционировать. Также отключение питания является способом перезагрузки системы.

Выводы. Разработка автоматической системы динамического контроля окружающего освещения в офисном помещении превосходит аналогичные системы по ряду параметров: масштабируемости, энергоэффективности и невысокой стоимости системы. Также время регулирования данной системы подобрано таким образом, что светодиоды светильников будут плавно увеличивать и уменьшать свою яркость. Разработка аппаратной реализации данной системы является необходимой частью реализации проекта.

Список литературы

1. Анализ характеристик светодиодных источников света / Д. Семячкин, Ю. Мальсагова. – URL: <https://m.cyberleninka.ru/article/n/analiz-harakteristik-svetodiodnyh-istochnikov-sveta> (дата обращения 5.05.2017).
2. СНиП 23-05-2010. Естественное и искусственное освещение. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003.
3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. Зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 10 июня 2003 года, регистрационный № 4673.
4. Межаков, О. Г. Математическая модель понижающего преобразователя напряжения / О. Г. Межаков // Молодой ученый. – 2015. – № 5 (85). – С. 171-176.
5. Самгин, Э. Б. Освещение рабочих мест / Э. Б. Самгин. – М.: МИРЭА, 1989. – 186 с.

Харитоновна Наталья Андреевна,
направление Информационные системы и технологии (магистратура),
гр. ЭМИС-14м

Научный руководитель **Ивашковская Татьяна Константиновна,**
канд. техн. наук, доцент кафедры информационных систем и технологий
*ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет»,
г. Ярославль*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ КАМПУСА ЯРОСЛАВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Цель работы – проектирование беспроводной сети бесшовного покрытия на основе стандарта 802.11 n/ac и организация авторизации пользователей в сети таким образом, чтобы вход в сеть мог выполнить только студент ЯГТУ.

Темпы развития беспроводных технологий с каждым годом повышаются, увеличивается и число пользователей, использующих мобильные устройства. Поэтому вопрос о создании беспроводной сети всегда будет актуальным. Основным преимуществом внедрения беспроводной технологии является наличие уличного Wi-Fi, которая позволит студентам искать нужную информацию в сети интернет вне здания и свободно перемещаться по территории кампуса ЯГТУ. Достоинствами данной технологии являются простой и быстрый доступ к сети Интернет, возможность подключения к сети в любой момент, меньшая стоимость организации по сравнению с другими способами выхода в Интернет. Вышеописанные преимущества также будут служить средством привлечения большего числа студентов в Ярославский государственный технический университет.

Авторизация пользователей в сети будет организована на основе протокола LDAP, который используется для доступа к информации, хранящейся на распределенных серверах [1].

Во внимание берется территория, которая находится со стороны Московского проспекта, 88. В неё входит территория корпусов ЯГТУ: Г, А, Б, Е, спорткорпуса, стадиона, студенческой столовой, а также близлежащая территория общежитий № 1, 2, 3, 5.

Худшими условиями для покрытия беспроводной сети характеризуется улица с большим количеством абонентов. На уровень сигнала будут влиять не только препятствия, находящиеся на рассматриваемой

территории, но и время года, так как летом из-за листьев ослабляется радиосигнал, и погодные условия (дождь, метель и другие).

Расположение 5000 абонентов на территории площадью 191591 м², которая может быть покрыта 35-50 точками доступа, является ключевым фактором, определяющим вид предполагаемого проектирования. Такая ситуация определяет невозможность оценки исходя из логики площади покрытия и требует перехода к оценке исходя из количества пользователей на точку доступа. Для обеспечения одновременного гарантированного доступа со скоростью 1 Мбит/с при смешанном режиме работы (часть устройств – 802.11ac, часть – 802.11bgn) через каждую точку доступа рекомендуется считать разумной верхней границей уровень в 150 пользователей на точку доступа (при абсолютном пределе 250). В итоге получаем $5000/150 = 33$ (точки). Расположение точек требует, чтобы были предприняты специальные меры по обеспечению их взаимодействия. Предлагаемые точки доступа поддерживают функции автоматического выбора канала и автоматического регулирования мощности передачи. Первая функция позволяет точке доступа оценить отношение сигнал/шум в канале и степень его занятости, по превышении заданных порогов точка доступа запрашивает новый канал передачи. Вторая же позволяет обеспечить покрытие и минимизировать взаимодействие близко расположенных точек.

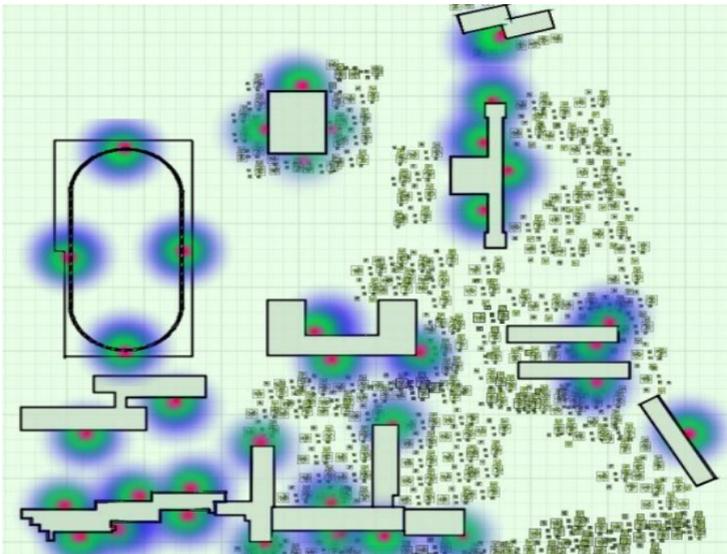


Рис. 1. Расстановка точек доступа

Как показывает практика, для того чтобы пользовательское устройство смогло поймать беспроводной сигнал, его уровень должен быть не больше 80 дБ. Данный уровень сигнала будет на расстоянии примерно 50 метров; значит, и располагать точки будем на этом расстоянии друг от друга. В целом, для того чтобы покрыть территорию ЯГТУ, потребуется 36 точек доступа, расстановка которых изображена на рисунке 1.

В качестве используемой точки доступа будет служить внешняя точка доступа Huawei AP8150DN. Данные точки будут располагаться на стенах зданий. Схему подключения сети можно увидеть на рисунке 2.

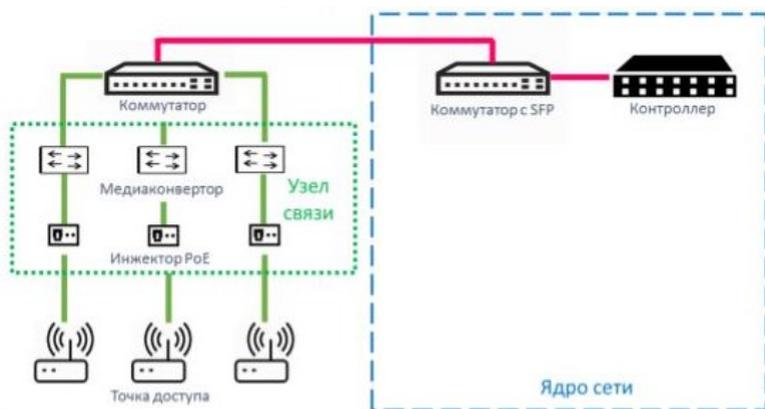


Рис. 2. Схема сети

Выводы. Разработанная уличная сеть Wi-Fi кампуса ФГБОУ ВО «ЯГТУ» обеспечит пользователю скорость доступа не менее 1 Мбит/с, что позволит с гарантированным качеством использовать приложения, мобильные мессенджеры, а также осуществлять обмен фотографиями, видеосообщениями и просмотр видео в хорошем качестве. Внедрение данной технологии позволит студентам свободно передвигаться по территории ЯГТУ, искать необходимую информацию в сети Интернет вне здания, сделает занятие спортом на стадионе более приятным и промотивирует студентов, а также позволит отдохнуть в перерывах между занятиями.

Литература

1. Смирнова, Е. В. Построение коммутируемых компьютерных сетей: учебное пособие / Е. В. Смирнова. – М.: Национальный открытый университет «ИНТУИТ», 2012. – 367 с.: ил., табл. – (Основы информационных технологий).

Перцев Дмитрий Андреевич,
направление Управление в технических системах (магистратура), гр. УИТСм-21

Научный руководитель **Алиев Марат Туфикович**,
канд. техн. наук, доцент кафедры проектирования и производства
электронно-вычислительных средств
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛОДОЧНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ МОТОР-ГЕНЕРАТОРОМ

Цель работы – разработка системы управления лодочным электрическим мотор-генератором. Создание принципиально нового типа электродвигателей позволит значительно увеличить время использования водного транспорта до полной разрядки аккумулятора.

Водоёмы для Российской Федерации и для многих странах СНГ являются важными путями сообщения. Множество людей ежедневно использует реки, озёра и другие водоёмы для перемещения, перевозки грузов, туризма.

Большинство видов водного транспорта оснащено двигателями внутреннего сгорания. Такие двигатели оказывают огромное влияние на окружающую среду. Примером может служить загрязнение атмосферы выхлопами или же выброс масел и топлива в водоёмы.

Актуальность проекта обусловлена тем, что множество людей предпочитают лодочные электродвигатели за их бесшумность экологичность и лёгкость использования. Но у данного типа двигателей есть свои недостатки, такие как долгое время зарядки аккумулятора и короткое время работы.

Для достижения поставленной цели необходимо разработать систему с применением мотор-генератора, которая сможет компенсировать часть затраченной на работу энергии для увеличения времени работы при сохранении конкурентоспособных характеристик электродвигателя [1].

Принцип работы устройства. При включении системы оператор выбирает режим, в котором будет работать мотор-генератор. Для выбора предоставляется два режима работы системы [2]: 1) «электродвигатель» представляет собой режим работы в виде обычного двигателя без каких-либо дополнительных функций; 2) «мотор-генератор» добавляет функцию генератора к первому режиму; таким образом сила

сопротивления воды будет использоваться для раскрутки лопастей турбины генератора для выработки энергии, идущей на подзарядку аккумулятора. В основе мотор-генератора лежит двухроторный вентильный двигатель с ШИМ-модуляцией и векторным управлением.

После выбора режима работы с микропроцессора сигнал поступает на ШИМ-драйвер, с которого после преобразования поступает на три фазы электродвигателя. Вращение с внешнего ротора передаётся на гребной винт, вследствие чего начинается движение водного транспорта. После начала движения сила сопротивления воды, возникающая при движении транспортного средства, используется для вращения лопастей турбины, соединённой с внутренним ротором посредством планетарной передачи для увеличения скорости вращения внутреннего ротора [3]. Вследствие вращения внутреннего ротора начинает вырабатываться электроэнергия. Полученная энергия через схему быстрой зарядки идёт на подзарядку аккумулятора, что способствует значительному увеличению времени работы.

На рисунке 1 представлена структурная схема системы управления мотор-генератором.

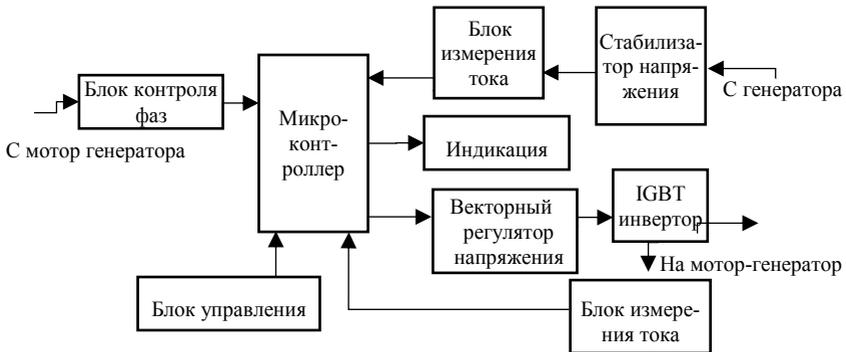


Рис. 1. Структурная схема системы управления мотор-генератором

Блок микроконтроллер является основным вычислительным устройством системы, отвечающим за обработку информации и выработку управляющих сигналов. К данному сегменту подключены все остальные модули [4].

Инвертор, являющийся ШИМ-модулем, преобразует полученный с микроконтроллера сигнал и передаёт его на три фазы мотор-генератора через IGBT-транзисторы. С каждой фазы снимается значение силы тока и передаётся на микроконтроллер для анализа и дальнейших вычислений.

Выработанная энергия с мотор-генератора поступает на стабилизатор напряжения, необходимый для поддержания стабильного качественного напряжения, после чего поступает на аккумуляторную батарею [5].

Блок измерения тока, построенный на операционном усилителе, снимает значение тока и передаёт на микроконтроллер для анализа.

На рисунке 2 представлен алгоритм работы системы. После включения питания системы происходит проверка заряда аккумуляторной батареи. Если заряд находится на критическом уровне, то пользователю предлагается выбрать режим «генератор». Если заряд аккумулятора превышает критический уровень, то пользователю предоставляется выбор между двумя режимами работы мотор-генератора.

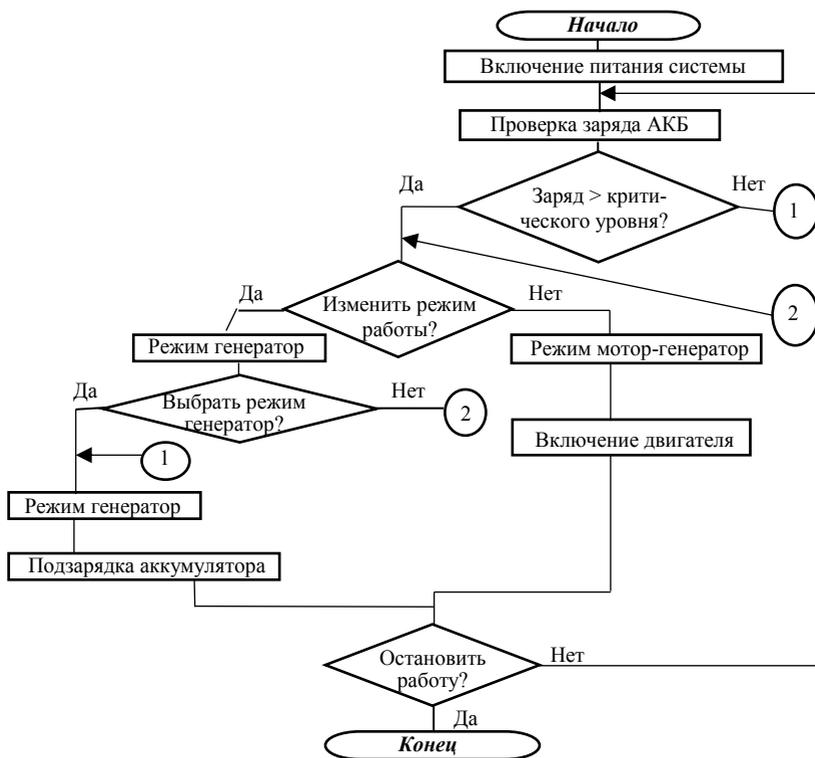


Рис. 2. Алгоритм работы системы

Выводы. Использование лодочных электродвигателей практически не оказывает влияния на окружающую среду в отличие от двигателей

внутреннего сгорания. Разрабатываемая система решает данные проблемы и делает лодочный электродвигатель более удобным в использовании, увеличивая время его использования, а также возможность подзарядки аккумулятора без стационарных источников питания. Следовательно, система становится полностью автономной.

Список литературы

1. Буканова, Т. С. Микропроцессорная система управления электроприводом с двумя степенями свободы / Т. С. Буканова, М. Т. Алиев. – Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2016. – № 3 (31). – С. 53-65.
2. Буканова, Т. С. Синтез системы управления электрической машины с двумя степенями свободы / Т. С. Буканова, М. Т. Алиев. – М.: Астрель: АСТ, 2004. – 319 с.
3. Алиев, М. Т. Электропривод на основе двухроторной электрической машины с планетарной передачей / М. Т. Алиев, Т. С. Буканова, Т. Р. Шарипова // Труды Поволжского государственного технологического университета. Серия: Технологическая. – 2015. – № 3. – С. 70-74.
4. Буканова, Т. С. Микропроцессорная система электропривода на основе двухроторной электрической машины с дифференциальным управлением / Т. С. Буканова, М. Т. Алиев // Мехатроника, автоматизация, управление – 2015. – Т. 16, № 2. – С. 106-110.
5. Буканова, Т. С. Алгоритм управления электроприводом с дифференциальным торможением / Т. С. Буканова, А. Б. Савиных, М. Т. Алиев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2012. – № 5. – С. 120-129.

УДК 004.946

Кузнецов Эдуард Олегович,

направление Управление в технических системах (магистратура), гр. УИТСм-21

Научный руководитель **Горохов Андрей Витальевич,**

д-р техн. наук, проф. кафедры прикладной математики

и информационных технологий

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МОЗГА ОПЕРАТОРА ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА ПОД ВЛИЯНИЕМ ПЕРЕГРУЗОК

Статья посвящена оценке человеко-машинного взаимодействия в виртуальной реальности и реальной среде, анализу экспериментальных данных, полученных при помощи электроэнцефалографии.

Ключевые слова: виртуальная реальность, человеко-машинное взаимодействие, электроэнцефалография.

Введение. В настоящее время для обучения оператора подвижного объекта широко применяются симуляторы на основе систем виртуальной реальности. Применение систем виртуальной реальности значительно облегчает успешное освоение необходимых навыков, умений во многих областях обучения человека.

Виртуальная система широко применяется в качестве модели для имитаций в различных областях обучения человека. Такие системы можно обнаружить в спорте, медицине, промышленности, образовании, тренировках полицейских и военных. С помощью систем виртуальной реальности создается имитация деятельности, с которой сталкивается человек в ходе выполнения определенной задачи, работы в жизни.

Актуальность темы. Множество профессий требуют выпуска специалистов не только с хорошими знаниями, но и практическим опытом. С применением виртуальной реальности достигается возможность накопления опыта и снижения к минимуму впоследствии возможных ошибок [1].

Но в современных реалиях человек, выполняя привычную для себя задачу, подвергается воздействию физических перегрузок, что может повлечь за собой ошибочное выполнение тех привычных действий, что он успешно освоил с помощью систем виртуальной реальности. Специфика управления подвижным объектом не позволяет полностью обеспечить формирование всех качеств на симуляторе, необходимых для управления подвижным объектом в жизни. Решение задачи классификации качеств по критерию эффективности освоения в системах виртуальной реальности в настоящее время основано на эвристических методах и не является эффективным.

Профессиональные качества оператора под влиянием перегрузок наиболее сложно поддаются формированию с помощью систем VR. Поэтому необходимо исследовать когнитивные функции оператора подвижного объекта под влиянием перегрузок.

Эксперимент. Для оценки мозговой активности под перегрузками и без перегрузок проведен эксперимент – спуск на лыжах в системе виртуальной реальности и в режиме реального времени на горнолыжном курорте.

В эксперименте по исследованию активности мозга под перегрузками и в виртуальной, и в реальной среде принимал участие один и тот же человек. Участник эксперимента имел хороший опыт горнолыжных тренировок, поскольку является инструктором-горнолыжником.

Эксперимент проходил в два этапа.

1. *Спуск на на горнолыжном комплексе.* Горнолыжник, оснащенный системой для записи ЭЭГ-данных, совершил спуск с горы, который длился 2 минуты. Процесс спуска с горы на лыжах также записывался на экшн-камеру. Одновременный запуск записи ЭЭГ и записи видео на камере необходим для успешной синхронизации маневров спуска в различные моменты эксперимента (рис. 1).



Рис. 1. Проведение эксперимента на горнолыжном курорте

2. *Имитационный спуск в системе виртуальной реальности.* Эксперимент проходил в лаборатории с системой виртуальной реальности. Человек в шлеме виртуальной реальности участвовал в имитации спуска, который, как и в реальности, длился 2 минуты. Также записывались ЭЭГ-данные и видеозапись для синхронизации маневров спуска и анализа полученных данных (рис. 2).



Рис. 2. Проведение эксперимента в системе виртуальной реальности

Для исследования активности мозга применялся энцефалограф. В основе функционирования прибора – регистрация мозговой биоэлектрической активности. Суммарная регистрация биоэлектрической активности, которую демонстрируют отдельные зоны, области и доли мозга, является важнейшей информацией для оценки мозговой деятель-

ности. Энцефалография позволяет осуществить анализ функционального состояния головного мозга [2].

ЭЭГ-сигнал, полученный в ходе проведения эксперимента, подразделяется на 6 ритмов ЭЭГ: дельта 1 (частота 0,5-2 Гц), дельта 2 (частота 2-4 Гц), тета (частота 4-8 Гц), альфа (частота 8-13 Гц), бета 1 (частота 13-24 Гц), бета 2 (частота 24-35 Гц). Считается, что каждый такой «ритм» соответствует некоторому определённому состоянию мозга и связан с определёнными церебральными механизмами [3].

По результатам проведенных экспериментов получены следующие результаты ЭЭГ-данных (рис. 3, 4).

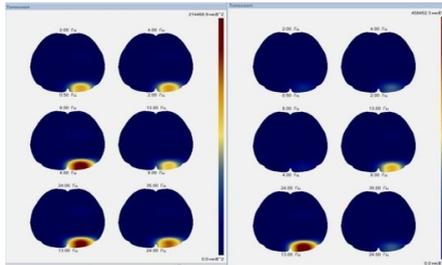


Рис. 3. ЭЭГ-данные для активной фазы поворота и момента перецентрировки при спуске в реальной среде – на горнолыжном комплексе

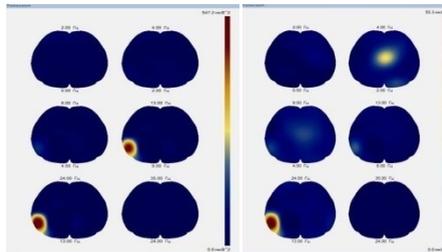


Рис. 4. ЭЭГ-данные для активной фазы поворота и момента перецентрировки при осуществлении имитации спуска в системе виртуальной реальности

Проведенный эксперимент показал ощутимую разницу электрической активности мозга при спуске в реальном времени и при имитации спуска в системе виртуальной реальности.

Мозг человека в активной фазе поворота испытывает максимальную нагрузку 214469 мкВ, когда как в системе ВР – всего 547 мкВ. В фазе перецентрировки выявлено, что при реальном спуске испытывается максимальная нагрузка в 458452 мкВ, в системе виртуальной реальности это значение составляет 55 мкВ.

Заключение. Проведенный эксперимент показывает значительную разницу электрической активности мозга при выполнении работы оператора в системах ВР и в реальном времени, что и оказывает значительное влияние на эффективность освоения необходимых качеств для успешной работы оператора. Поэтому при разработке сценариев обучения операторов подвижного объекта с применением систем виртуальной реальности необходимо учитывать существенное влияние перегрузок на электрическую активность мозга обучаемого. Это может заметно ограничить область применения симуляторов виртуальной реальности в задачах обучения операторов подвижного объекта.

Список литературы

1. Области применения виртуальной реальности [Электронный ресурс]. – URL: <https://vr-j.ru/stati-i-obzory/oblasti-primeneniya-virtualnoj-realnosti/> (дата обращения 27.10.2018).
2. Энцефалограф – современный прибор для исследования мозговой активности [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.baltmedical.ru/encefalograf.htm> (дата обращения 27.10.2018).
3. Основные ритмы ЭЭГ. Амплитудно-частотные характеристики [Электронный ресурс]. – URL: <https://studopedia.org/1-20532.html> (дата обращения 27.10.2018).

УДК 621.3.049.77: 621.793

Алмазбеков Кайратбек Алмазбекович,

направление Электроника и наноэлектроника (бакалавриат), гр. ЭиНЭ-41

Научный руководитель **Мороз Андрей Викторович,**

канд. техн. наук, доцент кафедры конструирования

и производства радиоаппаратуры

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,

г. Йошкар-Ола

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК

Рассмотрена технология изготовления диэлектрических пленок, а именно нитрида алюминия, чтобы в дальнейшем на стеклянной подложке получить пленку толщиной, достаточной для пропускания спектра.

Ключевые слова: диэлектрические пленки, магнетронное распыление, нитрид алюминия, технологический процесс.

Введение. Диэлектрические пленки актуальны для электроники, поэтому на их основе создается большое количество электронных устройств.

Магнетронное распыление – наиболее перспективный способ получения пленок металлических, полупроводниковых и диэлектрических.

Технология тонких пленок касается вопросов общих закономерностей роста пленок, методов их получения, свойств, способов обработки и создания устройств из них. По сравнению с остальными методами нанесения пленки магнетронный метод обеспечивает большую скорость роста пленки [1].

Использование данного метода позволяет напылять пленки различного химического состава путём изменения парциального давления реактивных газов, причем свойства полученных пленок зависят от скорости напыления, температуры подложек и парциального давления реактивного газа.

Преимущества магнетронного метода напыления заключаются в высокой скорости осаждения пленок, малой их дефектности и оптимальной плотности, близкой к плотности материала мишени. Достигается это за счет термализации распыленных атомов в среде рабочего газа на пути их до подложки [1].

Магнетронные распылительные системы позволяют распылять практически все виды материалов, включая металлы и сплавы, простые и сложные диэлектрики, полупроводники и керамику [2].

Метод магнетронного распыления позволяет напылять диэлектрические пленки с высокой прозрачностью (до 85-90 %).

Цель работы – разработка технологии изготовления диэлектрических пленок методом реактивного магнетронного распыления.

Задача – получение методом магнетронного распыления прозрачных диэлектрических пленок с заданными параметрами на стеклянной подложке.

Стеклянные подложки отвечают ряду требований, предъявляемых к подложкам, и обладают высокой популярностью из-за дешевизны и простоты в обращении.

Общий вид вакуумной установки для нанесения диэлектрических тонких пленок и ее конструкция приведены на рисунках 1 и 2.

Технологический процесс изготовления диэлектрической пленки следующий:

1. Очистка подложки в ультразвуковой ванне в течение 5 минут;
2. Очистка в растворе спирта;

3. Устанавливаем мишень из алюминия марки АД0 (размер мишени – 335×80×6 мм), загружаем подложку в вакуумную камеру на подложкодержатель и закрываем камеру. Скорость вращения подложкодержателя 15 оборотов в минуту;

4. Откачиваем воздух из камеры, параллельно греем подложку до порядка 200 °С. Скорость откачки 220 л/ч.;

5. Устанавливаем рабочее давление в камере 0,5 Па. Для этого смешиваем аргон и азот в пропорции 60/40 %;

6. Подаем на магнетрон напряжение 900 В. Ток магнетрона составит 6 А;

7. Время напыления 60 минут;

8. Охлаждаем подложку до комнатной температуры.

Толщину пленки измеряли по «ступеньке» методом атомно-силовой микроскопии. Она составила 100 ± 20 нм.



Рис. 1. Общий вид вакуумной камеры

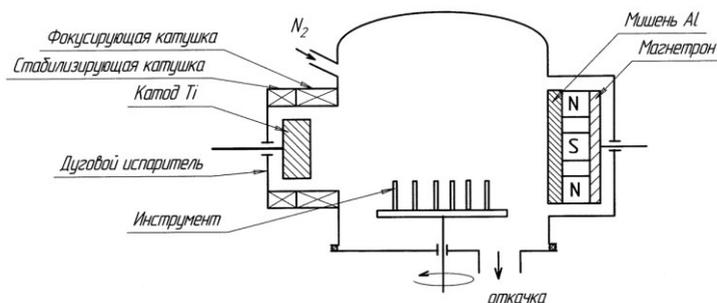


Рис. 2. Конструкция вакуумной камеры

Вывод. Магнетронное распыление позволяет получать диэлектрические пленки с высокой прозрачностью и хорошей проводимостью, а также обеспечивает большую скорость роста пленки.

Список литературы

1. Антоненко, С. В. Технология тонких пленок: учебное пособие / С. В. Антоненко. – М.: МИФИ, 2008. – 104 с.
2. Кузьмичёв, А. И. Магнетронные распылительные системы. Кн. 1: Введение в физику и технику магнетронного распыления / А. И. Кузьмичёв. – Киев: Аверс, 2008. – 244 с.

УДК 004.891.2

Скочилова Ирина Валерьевна,

направление Конструирование и технология электронных средств
(магистратура)

Научный руководитель **Стешина Людмила Александровна,**
канд. техн. наук, доцент кафедры проектирования и производства ЭВС
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОФОРИЕНТАЦИОННОЙ РАБОТЫ С ВЫПУСКНИКАМИ ШКОЛ

Эффективным механизмом подготовки кадров в любой сфере является ранняя профориентация. Однако зачастую учащиеся имеют неясное представление о своих возможностях и способностях, а профориентационные опросники имеют погрешности, что делает оценку предрасположенности ученика весьма приблизительным параметром.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что сегодня существует потребность в создании комплексного современного механизма профориентации выпускников школ. Для достижения заданной цели удобно использовать математические методы. В качестве оценки было бы логично оперировать численно детерминированными значениями показателей соответствия школьника определенному факультету/специальности.

Построение моделей приближенных рассуждений человека и использование их в компьютерных системах является предметом нечёткой

логики. Таким образом, актуальность данного исследования обусловлена необходимостью автоматизации профориентационного процесса.

Целью исследования является повышение точности профессиональной ориентации абитуриентов.

Для достижения цели необходимо решить следующие **задачи**:

- 1) формализация критериев отбора студентов;
- 2) формирование тестовой базы;
- 3) формирование базы экспертных оценок;
- 4) разработка программно-аппаратного комплекса для проведения профориентационных мероприятий.

Предметом исследования являются критерии профориентационной работы, объектом – абитуриенты.

Нечёткая логика (англ. fuzzy logic) и теория нечётких множеств – раздел математики, являющийся обобщением классической логики и теории множеств [1]. Нечеткая логика более естественно описывает характер человеческого мышления и ход его рассуждений, чем традиционные формально-логические системы.

Оценивая склонность учащегося к той или иной специальности, для большей объективности следует учитывать несколько характеристик. В данном исследовании предполагается использовать в качестве входных данных результат профориентационных тестирований на выявление подходящего типа профессиональной среды, школьные оценки, заключение классного руководителя по результатам собеседования.

В первую очередь, требуется определить значения параметров, приемлемых для конкретного факультета или специальности.

Для получения наиболее точного результата следует организовать экспертную группу, состоящую из нескольких преподавателей факультета, которые проранжировали бы предложенные им значения параметров в зависимости от их значимости для факультета. Количество баллов шкалы оценок равно количеству параметров. Итоговая степень значимости μ определяется как среднеарифметическое значение.

В таблице приведен пример оценки соответствия типа личности для радиотехнического факультета одним из преподавателей факультета. В ней представлены 6 типов личности и 6 типов профессиональной среды по Голланду. Опросник Голланда является одним из методов, используемых в современной профориентационной деятельности. Он основывается на том, что выбор человеком профессионального пространства является выражением его личности. Достижения человека в том или ином виде карьеры зависят от соответствия характеристик личности и характеристик профессиональной среды [2].

**Оценка соответствия типа личности для факультета РТФ
преподавателем факультета**

Название	Тип личности. Люди, ориентированные на...	Тип профессиональной среды	Балл
1. Реалистический	действие, принятие решений. Любят технику, умеют рисковать	Деятельность, связанная с техникой	6
2. Артистический	самовыражение и внимание окружающих, творческие	Сфера искусства, профессии, связанные с презентацией чего-либо	2
3. Социальный	общение, на отношения с другими людьми. Не любят систематической деятельности	Профессии, направленные на работу с людьми, общественная деятельность	1
4. Конвенциональный	систематизацию информации. Точны, усидчивы, педантичны, исполнительны	Работа по систематизации информации: бухгалтерия, финансы, архивы и т.п.	4
5. Исследовательский	познавательную деятельность. Любят анализировать	Научно-исследовательская работа. Эксперты, аналитики	5
6. Предпринимательский	влияние, создание и реализацию собственных идей, управление	Бизнес, политика, адвокатские услуги и т.п.	3

Для обеспечения возможности применения аппарата нечеткой логики в решении поставленной задачи результаты каждой из диагностических методик приводятся в сопоставимый вид (к значениям от 0 до 1, где 0 – диагностируемое качество отсутствует абсолютно; 1 – диагностируемое качество присутствует в полной мере). Для представления численного значения результата диагностики в необходимой нам форме (от 0 до 1) используется формула

$$x_i = (l_i - l_{\min}) / (l_{\max} - l_{\min}), \quad (1)$$

где x_i – уровень соответствия испытуемого абитуриента по определенному параметру; i – порядковый номер параметра; l_{\max} – максимально возможное количество баллов; l_{\min} – минимально возможное количество баллов; l_i – количество баллов абитуриента.

Множество, характеризующее уровень соответствия абитуриента желаемому факультету/специальности.

$$A = \{ \langle x_1, \mu_A(x_1) \rangle, \langle x_2, \mu_A(x_2) \rangle, \dots, \langle x_i, \mu_A(x_i) \rangle \}, \mu_A = 1.$$

Тогда расчет значения уровня соответствия производится по формуле

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i \mu(x_i))}{n}, \quad (2)$$

где A – численное значение уровня соответствия абитуриента факультету/специальности; x_i – значение i -го параметра соответствия абитуриента; $\mu(x_i)$ – значимость соответствующего параметра; n – количество параметров.

Затем следует привести численный показатель уровня соответствия абитуриента факультету/специальности в проценты. Для этого рассчитаем максимально возможный уровень соответствия A_{\max} , подставив в формулу (2) максимально возможные значения параметров, наиболее удовлетворяющие потребностям факультета/специальности.

Уровень соответствия абитуриента факультету/специальности можно рассчитать следующим образом:

$$Y_A = \frac{A * 100\%}{A_{\max}}. \quad (3)$$

Выделим 5 уровней соответствия: 0-20 % – критический уровень; 20-40 % – низкий уровень; 40-60 % – допустимый уровень; 60-80 % – высокий уровень; 80-100 % – уровень полного соответствия.

Выводы. Используя основы теории нечеткой логики, уровни соответствия абитуриента факультету/специальности можно представить упорядоченным множеством нечетких переменных, которое позволяет использовать для описания задачи принятия решений приближенные оценки, выраженные с помощью нечетких понятий. Также предлагается использовать систему с применением экспертной оценки, позволяющей сопоставлять показатели с разной весовой значимостью и делать выводы о соответствии обозначенных параметров требованиям факультета/специальности. Предполагается использование ASP.NET как интернет-основы исследования и matlab fuzzy logic tool в качестве управляющей программы.

Данный метод нуждается в дальнейшей разработке и может быть использован в профориентационной работе с выпускниками школ.

Список литературы

1. Круглов, В. В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / В. В. Круглов, М. И. Дли, Р. Ю. Голунов. – М.: Физматлит, 2000. – 224 с.
2. Типологии профессий применение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.grandars.ru/college/biznes/typy-professiy.html> (дата обращения 04.11.18).

3. Чернявская, Е. В. Применение теории нечеткой логики для оценки профессиональной пригодности школьников [Электронный ресурс] / Е. В. Чернявская. – Режим доступа: <https://nsu.ru/xmlui/bitstream/handle/nsu/3121/06.pdf> (дата обращения 04.11.18).

УДК 621.317.7.087.6

Иванова Лидия Сергеевна,

направление Электроника и наноэлектроника (бакалавриат), гр. ЭИНЭ-41

Научный руководитель **Филимонов Виталий Евгеньевич,**

канд. техн. наук, доцент кафедры конструирования

и производства радиоаппаратуры

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,

г. Йошкар-Ола

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ТОНКОПЛЕНОЧНОГО ДАТЧИКА ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

Предложена конструкция тонкопленочного датчика влажности воздуха, состоящего из двух элементов: гребенчатых электродов с напыленной на них пленкой влагочувствительного сорбента для датчика влажности и терморезистора в виде меандра для датчика температуры. Рассмотрены основные виды датчиков влажности. Указаны предлагаемые материалы для использования в качестве электродов и сорбента.

Введение. Датчики влажности воздуха в современном мире находят широкое применение в лабораториях, промышленности, бытовой технике, системах сбора метеорологических данных, сельском хозяйстве, системах автоматизации и др. Общими важными техническими параметрами этих датчиков являются повторяемость измерений и стойкость к химическим и физическим загрязнениям. Также довольно часто требуется обеспечить небольшие линейные размеры данных устройств для встраивания их в различную технику или изделие. Интерес к разработке и усовершенствованию датчиков влажности воздуха обусловлен развитием отраслей промышленности, которые предъявляют специфические требования, касающиеся точности, быстродействия, температурной стабильности, универсальности и т.д.

Виды датчиков. За последние десятилетия было изобретено множество конструкций датчиков влажности воздуха. Большой интерес представляют микроэлектронные датчики, которые обладают лучшими характеристиками и меньшей стоимостью.

Датчики влажности воздуха по методу измерений можно разделить на температурно-градиентные и сорбционные [1]. В свою очередь, температурно-градиентные датчики могут основываться на двух методах измерения: психрометрическом (измеряемая величина – разность показаний сухого и влажного термометров) и конденсационном (температура конденсации паров воды в газовой фазе). Главным недостатком этих датчиков является сложность конструкции. Однако они имеют высокую точность и могут применяться для калибровки других типов датчиков влажности.

Более обширной группой являются сорбционные датчики. Принцип их действия основан на явлениях сорбции (адсорбции, абсорбции, хемосорбции) влаги из анализируемой среды. Материалы, используемые в качестве сорбентов, могут быть неорганическими (окислы металлов, гигроскопичные соли, кислоты и щелочи), органическими (полимерные пленки) и смешанными [2].

В датчиках адсорбционного и абсорбционного типов поглощение и выделение влаги сорбентом сопровождается изменением его массы и электрофизических параметров – электропроводности, диэлектрической проницаемости и т.д. Соответственно различают пьезосорбционные датчики и сорбционно-импедансные (резистивные и емкостные).

Типичная конструкция сорбционных датчиков представляет собой подложку с электродами, обычно гребенчатыми, поверх которых наносится пленка влагочувствительного материала. У емкостных датчиков может наноситься верхний электрод из металла пористой структуры.

Сорбционные датчики влажности могут выполняться по пленочной технологии и по полупроводниковой (на биполярных транзисторах и МОП-транзисторах). Преимущество использования тонкопленочной технологии в конструкции датчиков влажности воздуха заключается в том, что она позволяет использовать почти все известные в применении влагочувствительные материалы, а также создавать датчики различных типов (емкостные, резистивные, на поверхностных акустических волнах) [1, 3].

Конструкция датчика влажности. В данной статье предлагается конструкция тонкопленочного датчика влажности воздуха, совмещенного с датчиком температуры, который необходим для термокомпенсации, поскольку влажность воздуха сильно зависит от температуры. Его схематичное изображение представлено на рисунке 1. Датчик состоит из двух элементов: непосредственно датчика влажности, а также датчика температуры, размещенных на одной подложке.

В качестве материала подложки может использоваться стекло или кремний. Электроды датчика влажности имеют гребенчатую структуру,

их шаг составляет 20 мкм. Такая форма электродов позволяет использовать в качестве измеряемых электрических параметров как емкость, так и сопротивление. Кроме того, выбранный шаг гребенчатой структуры может увеличить чувствительность датчика. Датчик температуры представляет собой терморезистор в виде меандра. Его основные габаритные размеры: длина – 8 мм; ширина – 3 мм; расстояние между элементами резистивной дорожки – 0,2 мм (рис. 2).

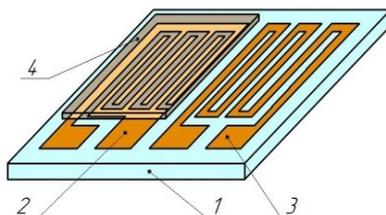


Рис. 1. Схематичное изображение датчика влажности воздуха: 1 – подложка; 2 – гребенчатые электроды; 3 – терморезистор; 4 – пленка Al_2O_3

В качестве материала электродов гребенчатой структуры датчика влажности воздуха предлагается использовать нитрид титана TiN . Его особенности, обосновывающие данное применение, – это низкое удельное сопротивление, хорошая адгезия к подложке, высокая химическая инертность и стойкость к коррозии. Также могут применяться хром, алюминий, никель.

Предлагаемым материалом влагочувствительного сорбента является оксид алюминия Al_2O_3 благодаря пористой структуре его пленки. Толщина и условия получения пленки Al_2O_3 будут влиять на чувствительность и быстродействие такого датчика.

Заключение. Разработана конструкция тонкопленочного датчика влажности воздуха, совмещенного с датчиком температуры для термкомпенсации. На рабочую область гребенчатых электродов датчика влажности предлагается напылять пленку сорбента (Al_2O_3). Благодаря небольшим размерам и планируемой достаточно высокой чувствительности такой датчик влажности может использоваться в автоматизированных системах, например в автоматизированной климатической системе ухода за растениями [4].

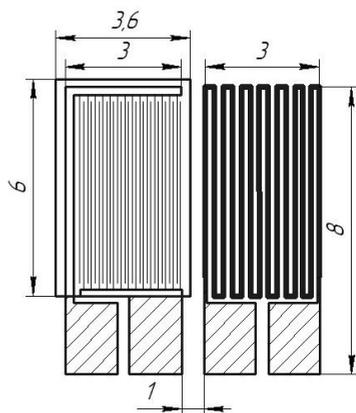


Рис. 2. Основные размеры структуры

Список литературы

1. Агеев, О. А. Информационно-измерительная техника и электроника. Преобразователи неэлектрических величин: учебное пособие для вузов / О. А. Агеев [и др.]. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2018. – 158 с.
2. Tripathy, A. Role of morphological structure, doping, and coating of different materials in the sensing characteristics of humidity sensors / A. Tripathy, S. Pramanik // Sensors. – 2014. – No 14 – С. 16343-16422.
3. Farahani, H. Humidity sensors principle, mechanism, and fabrication technologies: a comprehensive review / H. Farahani, R. Wagiran // Sensors. – 2014. – No 14 – С. 7881-7939.
4. Иванова, Л. С. Разработка автоматизированной климатической системы ухода за комнатными растениями / Л. С. Иванова // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России: материалы III Всероссийской студенческой конференции. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. – С. 36-39.

УДК 681.7

Гуляева Гелюся Илдаровна,

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи
(магистратура), гр. ИТСм-21

Научный руководитель **Рябова Наталья Владимировна,**

д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой радиотехники и связи
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ АРХИТЕКТУРЫ ПАССИВНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СЕТИ ДОСТУПА PON

Рассмотрены основные элементы архитектуры PON и принципы их действия. Проведен анализ сети, описана главная идея архитектуры, исходящие и восходящие потоки.

С появлением новых услуг связи и развитием сети Интернет возникает необходимость операторов связи находить пути увеличения пропускной способности транспортных сетей. Операторам необходимо учитывать не только экономичность и потенциал развития сети, но и различные потребности абонентов.

Цель работы состоит в исследовании основных элементов архитектуры PON, принципов действия, архитектурных решений.

Все чаще выбор операторов останавливается на более совершенных и современных решениях, одним из которых является технология PON (Passive Optical Networks) – пассивные оптические сети. Эта технология

разработана для эффективного и экономного использования возможности оптоволоконной сети. Подходы в реализации PON-проектов зависят от их масштабов.

В силу роста потребности в скорости передачи данных оптическое волокно лучшая среда для построения не только магистральных сетей, но и малых сетей доступа. Каждый сегмент технологии PON охватывает до 32 абонентских узлов в радиусе около 20 км. Один сегмент рассчитан на обычный жилой дом, но может обслуживать сотни абонентов. Если использование xDSL (Digital Subscriber Line) способно обеспечить скорость до 6 Мбит/с, то с помощью PON можно добиться скорости передачи до десятков мегабит в секунду. Главная идея архитектуры PON – это применение одного приемопередающего модуля в OLT (Optical Line Terminal) для передачи информации множеству абонентских устройств ONT (Optical Network Terminal) и приема информации от них. Количество абонентских узлов, подключенных к приемопередающему модулю OLT, зависит от бюджета мощности и максимальной скорости приемопередающей аппаратуры. Для передачи информации от нисходящего (прямого) потока ONT к OLT используется длина волны 1550 нм. Потоки данных от различных абонентских устройств в центральный узел, образующие восходящий (обратный) поток, передаются на длине волны 1310 нм. Исходящие и восходящие потоки разделяют мультиплексоры WDM (Wavelength Division Multiplexing), которые встроены в OLT и ONT. Прямой поток, который исходит от OLT на уровне оптических сигналов, – широкоэвещательный. Абонентский узел ONT из этого общего потока выделяет только ту часть информации, которая предназначена для него.

В обратном потоке абонентские узлы ONT ведут передачу на одной длине волны и используют концепцию множественного доступа с временным разделением TDMA (Time Division Multiple Access). Протокол TDMA MAC исключает возможность пересечения сигналов от различных ONT. Для каждого отдельно взятого ONT устанавливается индивидуальное расписание по передаче данных с учетом отправки на задержку, которая связана с удаленностью данного ONT от OLT.

Сеть PON состоит из линии связи с пассивными сплиттерами, коммутатора на узле доступа и роутера на стороне абонента. К роутеру поступают пакеты от коммутатора, а при передаче данных используется временное мультиплексирование кадров.

Список литературы

1. Башилов, Г. Пассивные оптические сети: возможности и перспективы / Г. Башилов // СЮ. – 2004. – № 12. – С. 15.
2. Песков, С. А. Сети и телекоммуникации / С. А. Песков, А. В. Кузин, А. Н. Волков. – М., 2007. – 364 с.

УДК 612.821

Тыртышный Александр Сергеевич,

направление Управление в технических системах (магистратура), гр. УиТСм-21

Научный руководитель **Танрывердиев Илья Оруджевич,**

канд. техн. наук, кафедра проектирования и производства

электронно-вычислительных средств

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОЧНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ОРИЕНТИРОВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Введение. Долгое время древние философы не могли сложить единого мнения по вопросу ориентирования в пространстве. Представители нативизма считали, что восприятие пространства врожденно, в свою очередь, представители эмпиризма утверждали, что восприятие пространства является результатом обучения. Сейчас можно сказать, что восприятие пространства происходит за счет ряда специальных аппаратов человека, их строение очень сложное. Восприятие пространства может быть на различных уровнях у разных людей.

В связи с этим встал вопрос о проведении исследования точности пространственного ориентирования человека в условиях дополненной реальности, а также разработке тренировочных комплексов для улучшения точности ориентирования человека на основе этих исследований, используя современные технологии виртуальной и дополненной реальности.

Актуальность. В настоящее время не существует единых моделей и способов для исследования точности пространственного ориентирования человека в условиях дополненной реальности. В связи с этим встала задача построения таких моделей, основанных на методах исследования и лабораторного эксперимента.

Работа направлена на решение актуальной задачи – исследование точности пространственного ориентирования человека – оператора в

условиях дополненной реальности с целью повышения эффективности человеко-машинного взаимодействия и уменьшения процента ошибок при его работе.

Цель и задачи исследования. Целью работы является разработка программно-аппаратных средств и метода исследования точности пространственного ориентирования человека в условиях дополненной реальности, а также повышение эффективности человеко-машинного взаимодействия в условиях дополненной реальности.

Задачи исследования:

- определить метод исследования и обосновать целесообразность его использования;
- разработать программно-техническое обеспечение;
- провести ряд экспериментов в условиях реального мира и дополненной реальности;
- произвести анализ полученных результатов.

Ориентирование в пространстве. В понятие пространственной ориентации входит оценка расстояний, размеров, формы, взаимного положения предметов и их положения относительно ориентирующегося. В более узком значении выражение «пространственная ориентировка» означает ориентировку на местности: определение «точки стояния», то есть определение положения объекта относительно ориентирующегося; определение местонахождения объектов относительно ориентирующегося; определение расположения предметов относительно друг друга.

При передвижении человека пространственная ориентировка происходит постоянно: постановка цели и выбор маршрута движения, то есть определение направления; сохранение направления движения и достижение цели.

Ориентирование в виртуальной реальности. В последнее время большое развитие получила технология виртуальной и дополненной реальности. В связи с этим зарубежные учёные начали проводить различные исследования в области ориентирования в пространстве с использованием данных технологий. Такой интерес со стороны ученых обусловлен высокой степенью погружения в виртуальную среду. Одним из определяющих факторов присутствия является уровень погружения, описываемый как уровень сенсорной верности, предлагаемый системой виртуальной реальности [1].

Швейцарские учёные F.Mast и C.Oman использовали виртуальную среду для изучения эффекта переориентации. Авторы создали иммерсивную среду с преднамеренно неоднозначными визуальными данными, так что из-за размещения объектов в комнате она выглядела бы пра-

вильно ориентированной, даже если бы комната вращалась на 90°. Затем исследователи смогли повернуть всю визуальную среду и изучить влияние на восприятие. Результат этого исследования показывает, что данные манипуляции затрагивают относительно низкоуровневые процессы визуального восприятия и можно сознательно манипулировать визуальными эффектами для переориентации [2].

Учёные из США E. Suma, D. Krum, S. Finkelstein и M. Boals провели исследование влияния нахождения человека в виртуальной среде на его пространственную ориентацию в реальном мире. Если пользователь был перенаправлен в виртуальном мире, но инстинктивно перестроился на модель реального мира, тогда перенаправление может быть неприятным для этих целей и в худшем случае может дать неправильную оценку. Результаты показали, что при использовании техники вращения, испытуемые обновляли как свою виртуальную, так и реальную ориентацию при перенаправлении, что приводило к точности указаний на перемещенные позиции мишеней [3].

Австрийские учёные S. E. Kober, G. Wood, D. Hofer, W. Kreuzig, M. Kiefer и C. Neuper провели исследование неврологической реабилитации при топографической дезориентации в виртуальной реальности. Пациенты с неврологическими заболеваниями, у которых в обычных условиях наблюдались серьезные нарушения способности ориентации в пространстве, а также контрольная группа из людей без неврологических отклонений прошли в виртуальной среде тренировку по перемещению в пространстве. Участники изучали и запоминали в течение пяти тренировочных занятий различные маршруты для навигации по виртуальному городу. До и после тренировки общие способности к ориентации в пространстве оценивались стандартизованными нейропсихологическими тестами [4].

В данном исследовании для решения поставленных целей была разработана специальная тестовая программа в среде Unity. С использованием данной программы в виртуальном пространстве испытуемому необходимо определить расстояние от текущего положения до каждой из 5 меток, а также угол между первой меткой и остальными относительно своего положения, надев шлем виртуальной реальности HTC Vive. В ходе исследования анализируется способность испытуемого к точному ориентированию в пространстве в условиях дополненной реальности.

Заключение. Существуют различные исследования в области пространственного ориентирования в виртуальных средах, проводимые зарубежными учеными, но они косвенно касались точности ориентирования в пространстве, поэтому не было составлено единых моделей исследований в этом направлении.

Для операторов сложных технологических объектов необходимо точно ориентироваться в пространстве, так как допущенные человеком-оператором ошибки могут привести к критическим последствиям. Для уменьшения количества ошибок необходимо разработать тренировочные комплексы с использованием дополненной реальности, в которых присутствует высокая степень погружения.

Список литературы

1. Slater, M. A note on presence terminology [Электронный ресурс] / М. Slater. – University College London, London, 2003. URL: <http://s3.amazonaws.com/publicationslist.org/data/melslater/ref-201/a/%20note%20on%20presence%20terminology.pdf> (дата обращения 4.11.2018).
2. Mast, F. W. Top-down processing and visual reorientation illusions in a virtual reality environment [Электронный ресурс] / F. W. Mast, C. M. Oman. – Massachusetts Institute of Technology, USA, 2004; URL: <http://www.academia.edu/10451779/Top-Down-Processing-and-Visual-Reorientation-Illusions-in-a-Virtual-Reality-Environment> (дата обращения 5.11.2018).
3. Effects of redirection on spatial orientation in real and virtual environments [Электронный ресурс] / E. A. Suma, D. M. Krum, S. Finkelstein, M. Bolas. – USC Institute for Creative Technologies, Los Angeles, 2011; URL: http://www.academia.edu/2838496/Effects_of_redirection_on_spatial_orientation_in_real_and_virtual_environments (дата обращения 5.11.2018).
4. Virtual reality in neurologic rehabilitation of spatial disorientation [Электронный ресурс] / S. E. Kober, G. Wood, D. Hofer, W. Kreuzig, M. Kiefer, C. Neuper. – University of Graz, Graz, 2013; URL: https://www.researchgate.net/publication/235439783_Virtual_reality_in_neurologic_rehabilitation_of_spatial_disorientation (дата обращения 6.11.2018).

УДК 621.396.24

Жимбоев Муродхон Музробхон угли,

направление Электроника и наноэлектроника (бакалавриат), гр. ЭиНЭ-31

Научный руководитель **Михеева Елена Викторовна,**

канд. техн. наук, доцент кафедры конструирования
и производства радиоаппаратуры

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНЕ

Область нанотехнологии в настоящее время активно развивается. В современном мире нанотехнологии применяют в радиоэлектронике,

например, при создании напыления для плат или микрочипов, также широко используются в быту (например, лейкопластырь, зубная паста и т.д.).

Большие надежды на нанотехнологии возлагает и медицина. Такой интерес вызван тем, что нанотехнологии обеспечивают широкий спектр возможностей в медицинской диагностике и непосредственно в лечении. Наномедицина позволит контролировать биологические системы организма человека на молекулярном уровне.

На данный момент в области наномедицины разработаны следующие технологии.

Наноалмазы – группа наночастиц, представленных в виде алмазов, на которые напыляют лекарственное средство против рака и затем на них наносят белковые молекулы. Разработанные в США доктором Дингом Хо наноалмазы не цепляются к здоровым клеткам благодаря молекулам белка. Они находят раковые клетки, проникают внутрь них, где лекарство растворяется и тем самым раковая клетка погибает. Данные наноалмазы позволяют локально уничтожить раковые клетки без вреда здоровым клеткам организма, что в будущем позволит избегать химиотерапии при борьбе с раком.

Существует также диагностика патологий с использованием квантовых точек. Такая технология позволяет определить перемещение в организме человека разного рода веществ, например, крови, лекарств, вредных токсичных веществ. Проанализировав перемещения веществ, можно судить о распространении введенных лекарственных веществ в организм, а также контролировать значение необходимой дозы лекарственного средства. Использование технологии квантовых точек обеспечивает уменьшение применения маркеров на базе ядовитых органических красителей, то есть обеспечит безопасную диагностику.

В США ученый и исследователь Роберт Фрайтас изобрел респироцит. Он представляет собой красную кровяную клетку, которая выполняет функции эритроцитов. Респироцит, в отличие от эритроцита, может переносить в 240 раз больше кислорода. Респироциты контролируются медицинским работником, который может включить или выключить респироциты в зависимости от ситуации. Респироциты обеспечивают газообмен, тем самым помогая больным с дефицитом гемоглобина в крови. Также они позволяют человеку задержать дыхание на долгое время (несколько часов), без вреда для здоровья.

Таким образом, нанотехнологии помогут совершить большой скачок в медицине. Нанороботы способны бороться с неизлечимыми ныне болезнями, омолаживать организм, а также наделять человека сверхспособностями. В настоящее время большая часть разработок находится на

этапе проектов. Однако пройдет небольшое количество времени и нанотехнологии активно войдут в нашу жизнь и обеспечат новый виток в развитии медицины.

Список литературы

1. Богданов, К. Ю. Что могут нанотехнологии? / К. Ю. Богданов // Нанотехнологии в медицине. – 2009. – № 1. – 96 с.
2. Могильникова, О. А. Нанотехнологии в медицине / О. А. Могильникова // Медицина: Прошлое. Настоящее. Будущее: Материалы Межрегиональной ежегодной студенческой научно-практической конференции. – 2017. – С. 45-48.
3. Нанороботы в медицине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pop-hi-tech.ru/technologii/nanoroboty-v-medicine.html>. – MedicInform. Net. – (дата обращения 15.11.2018).
4. Канатникова, Н. Н. Нанотехнологии в медицине / Н. Н. Канатникова, С. Мелкумов, В. Голев // Центральный научный вестник. – 2017. – Т. 2, № 2 (19). – С. 3-4.

УДК 535; 544.032.65

Попов Дмитрий Юрьевич,

направление Электроника и микроэлектроника (бакалавриат), гр. ЭИНЭ-41

Научный руководитель **Мороз Андрей Викторович,**

канд. техн. наук, доцент кафедры конструирования
и производства радиоаппаратуры

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ИЗУЧЕНИЕ И ВЫБОР МЕТОДОВ 3D-ЛИТОГРАФИИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ НА БАЗЕ ПГТУ

В настоящее время трехмерная печать является одной из самых перспективных и актуальных технологий, позволяющих автоматизировать производство огромного спектра объектов. Создание объектов с помощью 3D-литографии является высокоточным и исключает субъективные погрешности человека. В данной статье рассматриваются методы и оборудование 3D-литографии.

Ключевые слова: лазерная стереолитография; двухфотонная полимеризация; трехмерная печать.

Введение. Одним из наиболее распространённых методов создания микро- и наноструктур заданной формы является литография – оптическая, электронная и рентгеновская. В частности, традиционная (нерезонансная однофотонная) оптическая литография – один из основных

приёмов планарной технологии, которая широко используется в микроэлектронике и полиграфии. Основным недостатком рассматриваемых методов является ограничение размерности создаваемых объектов, а также ограничение по минимальным деталям объекта, которое в этих методиках определяется дифракционным пределом и составляет примерно половину длины волны. Это позволяет преодолеть метод 3D-лазерной литографии, который основан на эффекте нелинейного двухфотонного поглощения.

В 1948 г. Чарльз Халл разработал технологию послойного выращивания физических трёхмерных объектов из фотополимеризующей композиции. Технология получила название «стереолитография» (STL) [1]. Принцип работы STL-установки заключался в послойном создании трёхмерного объекта из жидкого мономера, полимеризующегося под действием лазерного излучения определенной длины волны и интенсивности (рис. 1).

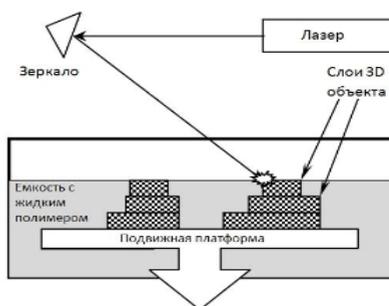


Рис. 1. Схема работы STL-установки

Трёхмерные микро- и нано-объекты создаются путём освещения негативного или позитивного фоточувствительного материала (фоторезиста) светом с большой интенсивностью. При достижении в фокусе лазерного луча порогового значения в фоторезисте возникает процесс двухфотонного поглощения, который приводит к полимеризации фоточувствительного материала и существенным образом изменяет растворимость фоторезиста в соответствующем проявителе. Полимеризация – это химическая реакция, в ходе которой молекулы мономера или олигомера (короткого линейного полимера) соединяются друг с другом и образуют трехмерную сетку полимера с высокой степенью сшивки (твёрдое вещество) [2].

Целью работы является изучение и выбор методов 3D-литографии для реализации их на базе ПГТУ

Необходимое оборудование для 3D-литографии. Различные установки лазерной двухфотонной (мультифотонной) литографии в аппаратной части имеют одинаковые составные части.

Инфракрасный фемтосекундный лазер. Инфракрасный, так как в большинстве случаев обычные растворы мономеров имеют незначительное линейное поглощение инфракрасной области, поэтому

лазерный луч глубоко проникает в материал, провоцируя локальную полимеризацию в объеме мономера. Выбор лазера полностью зависит от фотоматериала, из которого предстоит создавать структуры.

Оптическая система, способная фокусировать лазерный луч в объемный 3D-пиксель, именуемый вокселем. Это необходимо для достижения двухфотонной адсорбции, которая требует малого интервала между импульсами и высокой интенсивности излучения. В качестве подобной оптической системы можно выбрать оптический микроскоп, как это реализовано в системе Photonic Professional (Nanoscribe GmbH) [3] (рис. 2).

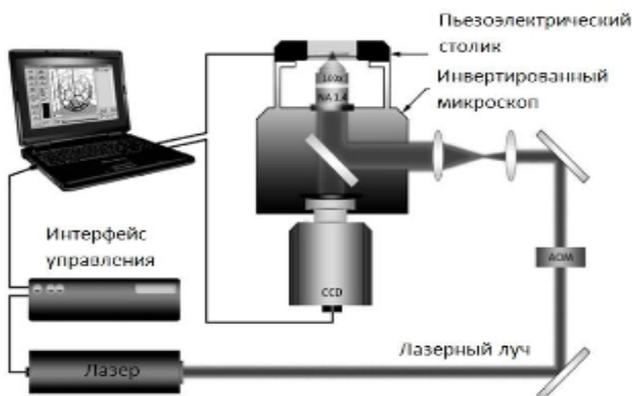


Рис. 2. Схема установки Photonic Professional (Nanoscribe GmbH)

Пьезоэлектрические подвижки (пьеzoактуаторы) – манипуляторы, которые позволяют с высокой точностью позиционировать воксел в пространстве для формирования 3D-структуры за счёт смещения субстрата относительно сфокусированного лазерного луча.

Установки в таком исполнении позволяют создавать создавать 2D-структуры без применения «масок» классической литографии. Прямая запись в фоточувствительный материал возможна как для 2D-, так и для 3D-объектов. Главной особенностью двухфотонной полимеризации является высокое разрешение.

Заключение. Подводя итоги, можно сделать вывод, что лазерная литография, работающая по принципу двухфотонной адсорбции, позволяет изготавливать 3D-объекты из фотополимеров широкого спектра, что существенно расширяет границы применения описанной технологии. Огромным преимуществом является высокая, по сравнению с

обычной лазерной литографией, точность построения объектов за счет двухфотонной адсорбции. 3D-лазерная литография развивается и применяется во многих областях, таких как микрофлюидика, фотоника, микрооптика, микроробототехника и др. Отмеченные положительные моменты выводят данную технологию лазерной 3D-литографии в число наиболее перспективных и универсальных научных инструментов.

Список литературы

1. Зленко, М. А. Аддитивные технологии в машиностроении: пособие для инженеров / М. А. Зленко, М. В. Нагайцев, В. М. Довбыш. – М.: НАМИ, 2015. – 220 с.
2. Сутягин, В. М. Химия и физика полимеров / В. М. Сутягин, Л. И. Бондалетова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 203с.
3. Photonic Professional. User Manual. 2013. Nanoscribe GmbH. – 140 p.

УДК 620.178.169

Сипатдинов Айбек Мирзабаевич,

направление Электроника и нанoeлектроника (бакалавриат), гр. ЭиНЭ-41

Научный руководитель **Мороз Андрей Викторович,**

канд. техн. наук, доцент кафедры конструирования и производства
радиоаппаратуры

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ ИЗНОСА ПОКРЫТИЙ И УСТАНОВКА ДЛЯ ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ

В настоящее время в мире уделяется большое внимание проблемам повышения износостойкости и коррозионной защиты деталей машин и механизмов. Поскольку при остановках оборудования, связанных с его ремонтом, выпуск продукции на предприятии сокращается, потери существенно возрастают. Кроме того, износ касается одной глобальной проблемы – истощения природных ресурсов планеты [1].

Контроль износостойкости диэлектрических пленок осуществляется с помощью трибологических испытаний. Существует много способов определения износостойкости, но каждый способ имеет свои преимущества и недостатки [2]. Существующие методы контроля износостойкости покрытий требуют специализированного оборудования для оценки количества истершегося материала либо имеют достаточно низкую точность [3]. Поэтому оценка защитных свойств остается актуальной проблемой.

С учетом недостатков имеющихся методов контроля износа покрытий разработана новая методика, позволяющая оценивать и анализировать состояние покрытия во время испытания, а также не требующая дополнительных действий, таких как исследование образца под микроскопом, нанесение дополнительных специальных покрытий, измерение глубины износа и т.д.

Методика облегчает контроль состояния покрытия и ускоряет анализ по сравнению с другими методами.

Цель работы заключалась в разработке методики контроля износостойкости диэлектрических и высокоомных покрытий, а также в разработке устройства для реализации износа испытаний.

Методика контроля. Метод контроля износостойкости диэлектрической пленки происходит испытанием на изнашивание при трении о закрепленный абразив. Проводятся испытания плоских образцов на трение и износ при постоянной скорости цилиндрического контртела по одному и тому же следу трения прикратно увеличивающихся нагрузках. Отличие от существующих методик контроля заключается в том, что под защитным покрытием вакуумными методами нанесены контрольные проводники (рис. 1) на диэлектрическом основании, по сопротивлению которых можно судить о процессе истирания защитного покрытия.

Для испытаний диэлектрических покрытий разработан стенд для контроля износа рабочих поверхностей (рис. 2), состоящий из держателя подложки, закрепленного на одной стороне рычага и опускающего на движущееся контртело.

Контртело приводится в движение электромотором, скорость вращения которого задается путем подачи необходимого напряжения с автотрансформатора. Измерение сопротивления контрольных проводников осуществляется при помощи омметра.

Для апробации методики были изготовлены контрольные образцы из нержавеющей стали, на поверхности которых методом магнетронного распыления были сформированы многослойное покрытие из последовательно нанесенных слоев нитрида алюминия, хрома и нитрида алюминия. Были проведены испытания на определение износостойкости.

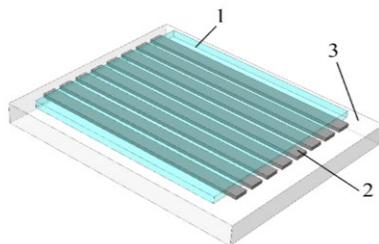


Рис. 1. Схема подложки электрода с диэлектрическим слоем:
1 – диэлектрический слой; 2 – электрод (контрольный проводник);
3 – диэлектрическое основание

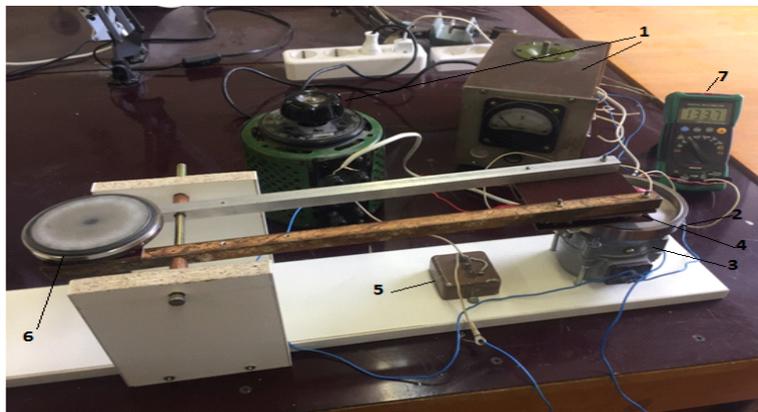


Рис. 2. Стенд для контроля износа рабочих поверхностей:
 1 – двигатель; 2 – контртело (диск); 3 – образец (подложка);
 4 – держатель подложки; 5 – груз; 6 – противовес

Результаты измерений сведены в таблицу. Микротвердость измерялась по методу Виккерса.

Результаты определения износостойкости

Образец	Покрытие	Нагрузка, г	Время истирания	Микротвердость, МПа
Подложка металл нержавеющейка	AlN толщина 0,8 мкм	50	2ч 28мин	1,75
Подложка металл нержавеющейка	AlN толщина 1,6 мкм	50	1ч 43 мин	2,10

Предлагаемая методика позволяет при условии знания толщины защитного покрытия более точно определить момент его износа без применения специализированного оборудования. Разработана конструкция установки для испытаний. Она позволяет отказаться от сложных систем контроля, давления на образец, а также дает возможность оперативно менять испытательный образец.

Проведена апробация методики износа диэлектрического покрытия. Испытания проводились с линейной скоростью движения контртела 3,6 см/с при нагрузке 50 г. Результаты показали, что металлические образцы типа нержавеющейки с диэлектрическим покрытием изнашиваются в пределах 2 часов. Подложки толщиной 1,6 мкм истираются быстрее. Это может быть связано с более низкой адгезией поверхностного слоя.

Список литературы

1. Куксенова, Л. И. Износостойкость конструкционных материалов: учеб. пособие / Л. И. Куксенова, С. А. Герасимов, В. Г. Лаптева. – М.: Изд-во МГТУ им Н. Э. Баумана, 2011. – 237 с.
2. <http://docplayer.ru/53639470-Kontrol-kachestva-iznosostoykih-pokrytiy.html>.
3. Патент 2281475 Российская Федерация. Способ определения износостойкости покрытия / Соколов Г. Н., Лысак В. И., Лебедев Е. И., Зорин И. В. – № 2005100689/28; заявл. 11.01.2005; опубл. 10.08.2006, Бюл. № 22.

УДК 539.376

Каримов Ринат Фанисович,

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи
(магистратура), гр. ИТСм-11

Научный руководитель **Рябова Наталья Владимировна,**

д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой радиотехники и связи
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола

МЕТОДЫ И ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Коротковолновая связь сразу после появления стала очень быстро развиваться благодаря своим уникальным свойствам. С её помощью, используя лишь маломощные передатчики и простые антенны, можно связываться на огромных расстояниях. И всё это возможно благодаря тому, что эта связь осуществляется с помощью радиоволн, способных отражаться от верхних слоев земной атмосферы, называемой ионосферой. Несмотря на значительные преимущества, данная связь имеет и большой недостаток – сложность в адаптации средств связи к динамике ионосферы. Для решения данной задачи разработана система краткосрочного прогнозирования процессов в радиолиниях.

Прогнозирование радиолиний является наиболее важной составляющей систем декаметрового радиосвязи. Оно предоставляет возможность заблаговременной оценки радиоканала, что в свою очередь позволяет непрерывно передавать информацию с высокой надежностью, меняя рабочую частоту в тех случаях, когда она оказывается некондиционной. Зондирование должно создавать как можно меньше помех при обмене информацией, вследствие чего его необходимо осуществлять за как можно меньший временной промежуток и как можно реже. Кроме

того, могут возникнуть задачи прогнозирования ИТХ для радиолиний, не обеспеченных системами радиозондирования.

Стоит отметить и то, что роль прогнозирования возрастает в условиях военных действий, когда противник преднамеренно выставляет помехи.

Рассмотрим основные виды и проблемы краткосрочного прогнозирования

Метод линейного краткосрочного прогнозирования. Данный метод основан на использовании уравнения линейной регрессии, которое базируется на связи двух переменных. В нашем случае это позволяет оценить будущие значения функции по её текущему значению. Недостаток данного метода заключается в том, что существует необходимость накопления данных для нахождения устойчивых оценок для параметров линейного управления.

Метод автоматического управления. Он базируется на использовании статистической модели ионосферы, корректируемой к текущему состоянию ионосферы, который контролируется при помощи ЛЧМ-ионозонда

Метод автоматического управления основан на том, что управление осуществляется внешними параметрами модели. При прогнозировании же исследуются только его точностные характеристики для нескольких радиолиний средней протяженности.

В прогнозировании существует еще один нюанс – динамичность прогнозирования, которая заключается в том, что с ростом периода упреждения неопределённость прогноза будет увеличиваться, поэтому не рекомендуется «смотреть» слишком далеко.

В конечном итоге, ценность прогноза зависит не только от его истинности, но и от полезности для пользователя и возможности его реализации в автоматическом режиме.

Список литературы

1. Рябова, Н. В. Диагностика и имитационное моделирование помехоустойчивых декаметровых радиоканалов: научное издание / Н. В. Рябова. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 292 с.

2. Жданов, Б. Б. Надежно как по кабелю: [Электронный ресурс] / Б. Б. Жданов. – URL: <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/2584> (дата обращения 10.11.2018).

УДК 621.371

Жураева Узрам Ботир кизи,
направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Научный руководитель **Зуев Алексей Валерьевич,**
канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола

АНАЛИЗ ГЕОМАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ ПО ДАННЫМ 2017 ГОДА

Представлены результаты исследования геомагнитной активности в течение 2017 года. Построены графики результатов исследования для различных сезонов года.

Ключевые слова: геомагнитная буря, ионизационный слой.

Геомагнитная активность – это возмущения магнитного поля Земли, связанные с изменениями магнитосферно-ионосферной системы. При передаче сигналов в трансйоносферном радиоканале часто наблюдаются искажения и помехи, обусловленные многими факторами, включая время суток, время года, и самым главным фактором – солнечной активностью. Максимум излучения, полученного от Солнца, достигается в периоды максимальной солнечной активности. Кроме того, в эти периоды возрастает и геомагнитная активность из-за усиления интенсивности потока ионизированных частиц от Солнца. Ионосфера Земли, расположенная между приёмником и спутником, в которой уровень ионизации достаточно велик, негативно влияет на распространение радиоволн. Чем выше степень ионизации, тем лучше ионосфера отражает радиоволны.

Существуют два индекса, которые используются для определения уровня геомагнитной активности, – А и К. Они показывают величины магнитного и ионосферного возмущений. Ежедневно каждые 3 часа начиная с 00:00 UTC определяются максимальные отклонения индекса относительно значений для спокойного дня обсерватории и выбирается наибольшая величина. На основании этих данных вычисляются значения индекса К. Индекс К показывает величину геомагнитной активности и является квазилогарифмической величиной, поэтому его нельзя усреднять для получения состояния магнитного поля Земли. Для решения этой проблемы существует индекс А, который представляет собой дневное среднее. Значения индексов могут отличаться у разных обсерваторий, так как возмущения магнитного поля Земли могут носить локальный характер. Чтобы избежать разночтений, индексы А, получен-

ные в разных обсерваториях, усредняются и в итоге получается глобальный индекс A_p . Точно так же получается значение индекса K_p – среднее значение всех индексов K , полученных в различных обсерваториях земного шара. При исследовании мы будем использовать индекс K_p .

Для анализа величину геомагнитной активности K_p получили с помощью сайта “Tesis”. По полученным данным построили графики, соответствующие разным сезонам года (рис. 1-4).



Рис. 1. Изменения магнитной бури K_p на весенний сезон
(с 01.03.2017 по 31.05.2017)



Рис. 2. Изменения магнитной бури K_p на летний сезон
(с 01.06.2017 по 31.08.2017)



Рис. 3. Изменения магнитной бури K_p на осенний сезон
(с 01.09.2017 по 30.11.2017)

Магнитная буря на зимний сезон

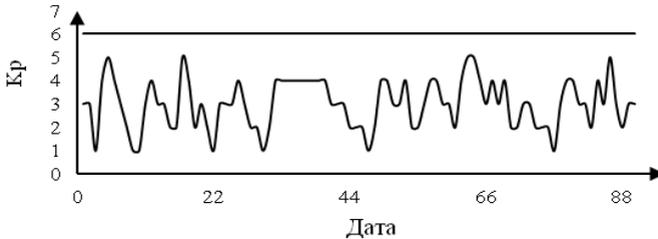


Рис. 4. Изменения магнитной бури K_p на зимний сезон (с 01.01.2017 по 31.12.2017)

Значения K_p между 0 и 1 характеризуют спокойную геомагнитную обстановку и указывает на наличие хороших условий прохождения радиоволн. K_p между 2 и 4 указывают на активную геомагнитную обстановку, что, вероятно, отрицательно повлияет на условия прохождения радиоволн. Далее по шкале значений: $K_p = 5$ свидетельствует о незначительной буре, $K_p = 6$ – о сильной буре, $K_p = 7 \dots 9$ – об очень сильной буре, в результате которой прохождения радиоволн, скорее всего, не будет.

По графикам можно увидеть, что магнитное поле Земли спокойно в зимний сезон, а летом значение K_p больше – наблюдаются незначительные бури. Значение K_p весной превышает уровень 6; это означает, что в это время года чаще всего происходят сильные бури. В свою очередь, это влияет на ионосферный слой. Полное электронное содержание (ПЭС) в ионосфере увеличивается за счёт сильных магнитных бурь, и прохождения радиоволн осложняется. Отсюда и возникают сильные искажения и помехи в сигнале.

Заключение. Проанализирована геомагнитная активность, изменение магнитного поля Земли и ионосферы. На основе полученных результатов можно отметить, что в зимний сезон сигналы в трансионосферном радиоканале менее подвержены искажениям.

Список литературы

1. Афраймович, Э. Л. GPS-мониторинг верхней атмосферы Земли / Э. Л. Афраймович, Н. П. Перевалова. – Иркутск: Изд-во ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2006. – 480 с.
2. Плазменная гелиогеофизика: в 2 т. / под ред. Л. М. Зелёного, И. С. Веселовского. – М.: Физматлит, 2008. – Т. 1. – 672 с.; Т. 2. – 560 с.
3. http://tesis.lebedev.ru/magnetic_storms.html.

Романов Иван Сергеевич,

направление Управление в технических системах (магистратура), гр. УИТСм-21

Научный руководитель **Рябов Игорь Владимирович,**

д-р техн. наук, профессор кафедры проектирования и производства ЭВС
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ДВИЖУЩЕГОСЯ ОБЪЕКТА С ПОМОЩЬЮ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ

Цель работы – разработка нового алгоритма определения координат движущегося объекта, где применяются искусственные нейронные сети. Данный алгоритм обладает более высокой точностью по сравнению со штатными алгоритмами

Как известно, спутник подает сигналы на двух частотах. Этого достаточно, чтобы точность определения координат была около нескольких сантиметров. Но для гражданского применения доступен только сигнал одной частоты, из-за чего точность резко падает, так как очень сильно зависит от внешних условий. К примеру, с заявленных 4-5 метров точность определения координат может упасть под действием ионосферы, тропосферы, гравитационных влияний космических тел и многолучевости до нескольких десятков метров. В случае перемещения объекта под землю и вовсе невозможно определить его координаты.

Актуальность данного исследования объясняется тем, что в эру цифровых технологий функция определения местоположения объекта в реальном времени используется очень часто. Так, функцией геолокации обладает практически каждый смартфон, большинство автомобилей снабжены встроенными навигаторами. Более того, глобальные навигационные спутниковые системы часто применяются в геодезии, тектонике (науке об изучении твердой оболочки Земли).

В данный момент большинство алгоритмов для повышения точности определения координат направлено на то, чтобы уменьшить негативное влияние внешних помех на сигнал. То есть они нацелены на поддержание заявленной точности 4-6 метров. К таким методам относятся поправочные коэффициенты Клубучара для снижения влияния ионосферы, метод Саастамойнена для снижения влияния тропосферы. Применяются и другие методы, но эти два наиболее часто встречающиеся [1].

Предлагаемый алгоритм нацелен на то, чтобы повысить заявленную точность определения координат движущегося объекта. Он предполагает комплексную оценку данных, поступающих из разных источников информации, благодаря которым хоть как-то можно определить местоположение объекта на карте. Это могут быть показания со спидометра и угла поворота руля в случае автомобиля либо показания с гироскопа в случае смартфона. Также возможно сопоставление с картами местности, которые заранее известны. Благодаря этим данным и показаниям со спутника можно повысить точность определения координат движущегося объекта. Даже в случае попадания в зону, где сигналы со спутников не доходят до приемника, будет возможность сохранить некоторую точность, ориентируясь по другим источникам информации, что гораздо лучше по сравнению со случаем, когда связь со спутником потеряна [2].

Искусственная нейронная сеть будет оперировать всеми данными, которые она принимает у себя на входе. На выходе будет анализироваться разница между предыдущей координатой и текущей. Если эта разница окажется неправдоподобной, то нейронная сеть будет обучаться до тех пор, пока не получится удовлетворяющий результат.

К примеру, если на выходе искусственной нейронной сети разница между предыдущей координатой и текущей будет слишком большой для текущей скорости передвижения объекта, т.е. объект не может так далеко переместиться с известной скоростью, то в этом случае данная ситуация является неправдоподобной и система начинает заново анализировать данные. Таким образом, точность определения координат будет примерно одинаковой на всем протяжении участка движения объекта, а не только в идеальных условиях.

Алгоритм работы заключается в следующем. Система будет постоянно адаптироваться к условиям благодаря особенностям искусственной нейронной сети, а точнее возможности ее обучения. Обучение нейронной сети будет происходить следующим образом. Сначала формируется выборка тестовых значений для первичного обучения системы. После того как система будет давать удовлетворяющие результаты, выборка будет постоянно пополняться в режиме реального времени в ходе использования. Чтобы



Алгоритм работы системы

не было переполнения памяти устройства из-за слишком большой выборки, будет происходить удаление старых или малозначимых выборок. Таким образом, система будет постоянно оперировать актуальными данными [3].

Алгоритм работы представлен на рисунке.

Выводы. Применение данной системы позволит значительно увеличить точность определения координат движущегося объекта, а также она не является дорогостоящей по сравнению с методами, которые основаны на совершенствовании аппаратной части приемников. В дополнение система будет продолжать работать в случае потери сигнала со спутника. Но стоит оговориться, что система начинает работать, только если известны начальные координаты объекта.

Список литературы

1. Кашкаров, А. Система спутниковой навигации ГЛОНАСС / А. Кашкаров. М.: – ДМК Пресс, 2017. – С. 96.
2. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – М.: Вильямс, 2018. – С. 1104.
3. Рашид, Т. Создаем нейронную сеть / Т. Рашид. – М.: Вильямс, 2018. – С. 272.

УДК 004.5

Размахнин Николай Викторович,

направление Управление в технических системах (бакалавриат), гр. УИТС-31

Научный руководитель **Танрывердиев Илья Оруджевич,**

канд. техн. наук, доцент кафедры проектирования и производства
электронно-вычислительных средств

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВКЕ ЧЕЛОВЕКА

Виртуальная реальность – технология, которая с каждым годом вызывает все больший интерес у людей разного рода занятости. Впервые данный термин был введен в конце 90-х годов 20 века J. Lanier'ом [1]. В основе VR лежит компьютерное моделирование и компьютерная имитация, а также трехмерная визуализация, посредством которой обеспечивается реалистичное отображение движения на экране. Сейчас для

погружения в ВР используются различные 3D-очки, шлемы ВР, компьютерные платформы, различные манипуляторы, джойстики.

Технология нашла свое применение в различных областях науки, таких как психология, психофизиология, медицина, инженерная психология и т.д. Известны разного рода исследования и эксперименты с использованием ВР.

Так, на основе виртуальных сред разработаны тренажеры и системы-симуляторы для обучения операторов по управлению сложных технических систем (автомобиль, самолет, АЭС, ракетные установки) [2]. Для определения функционального состояния специалиста такие тренажеры оборудуются специальными программами и датчиками активности человека.

Основное направление медицины, в котором ВР нашла применение, – реабилитация. Технологии ВР широко используются для тренировки постуральной устойчивости и локомоции [3]. Проведены исследования по тренировке ходьбы людей с постинсультными гемипарезами с использованием технологии ВР, которые дали положительные результаты [4]. Обученные навыкам оперирования в условиях ВР-моделирования, хирурги показали высокие результаты в операционной среде, что говорит о том, что снижен риск ошибок [5]. Существует множество игровых технологий (NeuroAtHome, VirtualRehab), которые с помощью сенсора Kinect позволяют выполнить различные движения руками, ногами, повороты (наклоны) головы [6, 7].

Технологии ВР для обучения нашли также свое применение и в спорте, в частности, в организации спортивных тренировок. В качестве дополнительного оборудования для тренировок футболистов в университете штата Мичиган была разработана CAVE-система, которая позволяет отрабатывать тактическое расположение спортсменов на поле, учиться распознавать конкретных игроков. В 2009 году была запатентована платформа (тренажер) SPRINT [8] на основе ВР-технологий, предназначенная для повышения квалификации спортсменов-гребцов. Тренажер является сложной механической системой, практически повторяющей греблю в реальных условиях, что способствует развитию силовых, скоростных навыков гребцов [9].

Известно исследование, в котором представлен анализ бокса с точки зрения передачи навыков [10]. Тренажер – мультимодальная система, объединяющая среду виртуальной реальности, системы слежения за движением, вибрационные стимулы и измерения человеческих сил (ЭМГ), которая позволяет анализировать и обучать начинающих боксеров. Исследователями произведен нейромеханический анализ движений

и ударов для определения и разработки различных стратегий обучения, стимулирующих восприятие человека с использованием визуально-тактильных обратных связей, чтобы ускорить процесс обучения боксу во время тренировок.

Целью данной работы является повышение эффективности спортивной подготовки человека с использованием виртуальной реальности.

На рисунке 1 показана структура физической активности человека при занятиях спортом. Здесь наибольшее значение имеют стимул, побуждающий человека к действию, и предшествующая ему волевая мобилизация человека. При индивидуальных занятиях таким стимулом может быть стремление к самосовершенствованию, самовыражению, социальные установки, удовлетворение духовных потребностей [11]. Таким образом, при индивидуальных спортивных занятиях стимулы исходят из эмоциональных переживаний человека, которые в свою очередь являются крайне зависимыми от внешних факторов. Утомление, эмоциональное напряжение, монотонность, отсутствие интереса к происходящему и прочие внешние факторы могут в значительной степени снизить интенсивность тренировки вплоть до полного подавления стимула.

Одним из путей решения данной проблемы является погружение человека в искусственно смоделированные среды и ситуации, задействующие более глубокие стимулы нервной системы человека, такие как рефлексы.

Примером такой среды может являться погружение человека в среду виртуальной реальности с глубоким эффектом присутствия и моделирование ситуации спуска по горнолыжной трассе с препятствиями. При этом движение человека в виртуальной реальности управляется движением человека в физической среде. Стимулом, определяющим физическую активность в данной ситуации, будет являться недопущение столкновения человека с виртуальной моделью препятствия, что определяется более глубоким инстинктом самосохранения. Структура физической активности человека с использованием среды виртуальной реальности показана на рисунке 2.

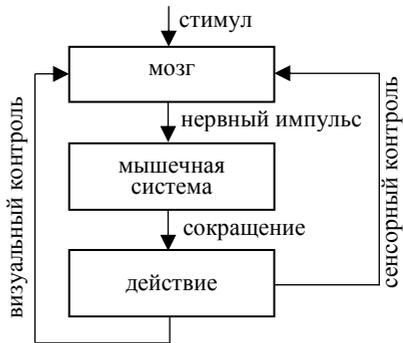


Рис. 1. Структура активности человека

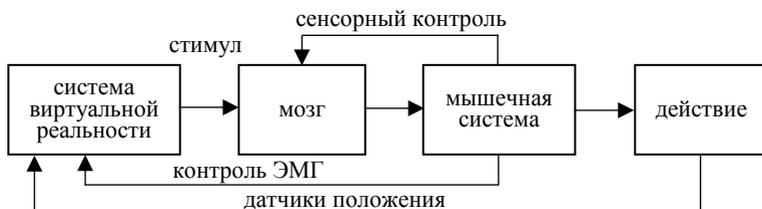


Рис. 2. Структура активности человека в виртуальной реальности

Система представляет собой человеко-машинную систему управления со множественными обратными связями, при этом обратные связи по выполняемому действию (положение в пространстве) и по электрической мышечной активности (ЭМГ, электромиограмма) организованы через систему виртуальной реальности. Таким образом возможно динамическое генерирование стимулов (сцен и ситуаций виртуальной реальности в зависимости от реакций человека, индивидуальных психофизиологических особенностей человека и индивидуальной программы тренировок).

Выводы. Системы виртуальной реальности являются мультимодальными системами. Их применение обосновано в задачах человеко-машинного взаимодействия. Использование систем виртуальной реальности в спортивных тренировках в значительной мере меняет структуру физической активности человека, задействуя принципиально иные стимулы физической активности. Технологии виртуальной реальности при построении спортивных тренажеров способны значительно повысить эффективность спортивных тренировок за счет более высокой интенсивности и персонализации к индивидуальным психофизиологическим особенностям человека.

Список литературы

1. Lanier J., Minsky M., Fisher S. et al. Virtual Environments And Interactivity: Windows To The Future // ACM Siggraph Computer Graphics. – 1989. – Vol. 23, No 5. – P. 7-18.
2. Исследование психофизиологической деятельности операторов в среде виртуальной реальности [Электронный ресурс] / В. Захаревич, И. Сурженко, В. Супрунов, В. Шаповал // Международная конференция Graphicon. – Нижний Новгород, 2001. – Режим доступа: <http://www.graphicon.ru>
3. Virtual reality-augmented rehabilitation for patients following stroke / A. S. Merians, D. Jack, R. Boian et al. // Phys. Ther. – 2002. – Vol. 82. – P. 898-915.

4. Woolf, C. J. Neuronal plasticity: Increasing the gain in pain / C. J. Woolf, M. W. Salter // Science. – 2000. – Vol. 288. – P. 1765-1768.
5. Virtual Reality Training Improves Operating Room Performance // N. E. Seymour, A. G. Gallagher, S. A. Roman et al. // Ann. Surg. – 2002. – Vol. 236, No. 4. – P. 458-464.
6. Validity and Reliability of the Kinect within functional assessment activities: comparison with standard stereophotogrammetry / B. Bonnechere, B. Jansen, P. Salvia et al. // Gait Posture. – 2014. – Vol. 39, No. 1. – P. 593-598.
7. NeuroAtHome: A software platform of clinical videogames specifically designed for the cognitive rehabilitation of stroke patients / P. Chirivella, M. del Barco et al. // Brain Injury. – 2014. – Vol. 28, No. 5-6. – P. 517-878.
8. Bagnoli L., Bergamasco M., Filippeschi A., Frisoli A., Ruffaldi E. (2009) SPRINT, IT0001389336, 2008/09/03.
9. Design and Evaluation of a Multimodal Virtual Reality Platform for Rowing Training / E. Ruffaldi, A. Filippeschi, M. Varlet et al. // Skill Training in Multimodal Virtual Environments. – 2013. – P. 173-186.
10. Skills Accelerators Using Multimodal Systems for Boxing Training / P. Tripicchio, E. Ruffaldi, A. Filippeschi et al. // SKILLS. – 2009. – P. 87-93.
11. Ильин, Е. П. Психология спорта / Е. П. Ильин. – СПб.: Питер, 2009.

УДК 637.043

Иванова Мария Сергеевна,

направление Радиотехника (магистратура), гр. РТм-11

Научный руководитель **Грунин Леонид Юрьевич,**

канд. хим. наук, доцент кафедры физики

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ОБЩЕГО ЖИРА В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ НА ОСНОВЕ ЯМР-РЕЛАКСАЦИИ

подавляющее большинство методов определения содержания жира основано на экстрагировании жиров растительного и животного происхождения с помощью органических и неорганических растворителей. Их главные преимущества – высокая точность и воспроизводимость результатов. Однако эти методы обладают существенными недостатками: продолжительность лабораторного испытания занимает более 2 часов, используются вредные для здоровья оператора реагенты [1]. По этим причинам в настоящее время прилагается всё больше усилий

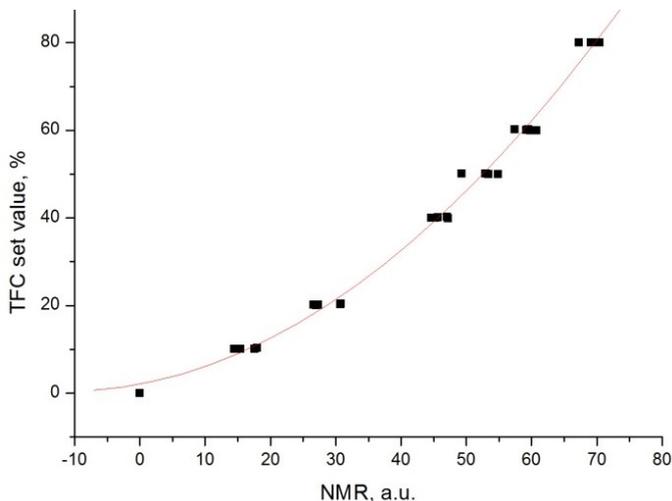
по интенсивной разработке наиболее оптимальных способов для определения содержания жира в пищевых продуктах.

В качестве альтернативы активно применяют спектроскопические методы, которые не только не уступают в точности результатов другим методам, но и значительно сокращают время проведения одного измерения и не требуют применения опасных растворителей.

В комплект к известным ЯМР-анализаторам [2, 3] входят весы, термостабилизатор и набор калибровочных функций. Процедура взвешивания образца увеличивает продолжительность проведения одного анализа, а калибровочные функции, предназначенные для определенного ряда пищевых продуктов, сужают диапазон их применения. В связи с этим считаем целесообразным разработать универсальный способ определения содержания общего жира в любых твердых жиросодержащих пищевых продуктах без процедуры взвешивания исследуемого образца и применения органических и неорганических растворителей.

Предлагаемый нами способ определения содержания общего жира в исследуемых образцах основан на выделении сигнала от жиров и подавлении вклада воды. Для этого модельные образцы с различным процентным содержанием общего жира (жидкого и твердого) и разным белково-углеводным составом нагревались до температуры перехода твердых жиров в жидкое состояние. Измерения проводились на ЯМР-анализаторе «Спин Трэк» [4] совокупностью импульсных последовательностей Solid Echo и Hahn Echo с применением постоянного градиента магнитного поля, действие которого приводило к тому, что сигналы от веществ с большим значением самодиффузии пропадали. Диффузии воды и жиров отличаются как минимум на четыре порядка [5], поэтому не представлялось проблемой подавить сигнал от воды при помощи слабого градиента. Расчет содержания общего жира в исследуемых образцах производился по отношению амплитуды спинного эха, вклад в которое, как предполагается, вносит только жидкий жир, к общей амплитуде сигнала, регистрируемого после подачи второго 90° радиочастотного импульса последовательности Solid Echo и включающего отклики всех компонентов образца.

На рисунке приведена зависимость (NMR, a.u. – значения вычисленных по описанному выше принципу отношений сигналов; TFC set value, % – установленные нами величины содержания общего жира в образцах), на основе которой возможно дальнейшее усовершенствование предложенного способа.



Аппроксимация Solid Echo – Hahn Echo

Результаты, полученные методом ЯМР-релаксации, обладают хорошей корреляцией с заведомо известными значениями содержания общего жира в образцах. Их погрешность может быть обусловлена применением постоянного градиента магнитного поля, неверно подобранным временем повторения сканов при накоплении сигнала, не до конца подавленным вкладом сигнала воды в спиновое эхо и различием во временах поперечной релаксации жиров растительного и животного происхождения.

Список литературы

1. Рамазаева, Л. Ф. Методы определения жира в пищевых продуктах: методические указания к выполнению лабораторной работы / Л. Ф. Рамазаева, М. Г. Поздеева, О. В. Пачина. – Саратов: Саратовский государственный технический университет, 2009. – 12 с.
2. CEM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cem.com/en/> (дата обращения 11.11.2018).
3. BRUKER [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bruker.com/> (дата обращения 11.11.2018).
4. Resonance Systems Ltd [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nmr-design.com> (дата обращения 11.11.2018).
5. Sato, K. Molecular interactions and kinetic properties of fats / K. Sato, S. Ueno, J. Yano // Progress in Lipid Research. – 1999. – Vol. 38. – Pp. 91-116.

УДК 537.876.4

Ишкаев Тимур Маратович, Шаронов Дмитрий Евгеньевич,
направление Антенны, СВЧ-устройства и их технологии (аспирантура)

Научный руководитель **Насыбуллин Айдар Ревкатович,**
канд. техн. наук, доцент кафедры радиофотоники и микроволновых технологий
*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А. Н. Туполева – КАИ», г. Казань.*

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ БРЭГГА В МИКРОПОЛОСКОВЫХ ЛИНИЯХ ПЕРЕДАЧИ

В настоящее время одной из наиболее интенсивно развивающихся областей науки является направление по созданию и исследованию свойств метаматериалов. К метаматериалам относится класс электромагнитных (фотонных) кристаллов. Такие структуры представляют собой новый тип естественных и искусственных структурно организованных сред, где изменение неравномерностей структуры происходит по периодическому закону в одном, двух или трех измерениях. Об актуальности электромагнитных кристаллов свидетельствует прогресс в реализации на их основе оптических фильтров, резонаторов, миниатюрных лазеров, нелинейно-оптических преобразователей света. Диэлектрические одномерные фотонные кристаллы (ФК) представляют собой тонкопленочные покрытия из чередующихся немагнитных слоев, отличающихся показателем преломления. Можно заметить, что такие одномерные структуры могут представлять собой устройства частотной селекции – фильтры и зеркала. Наиболее удачными аналогами диэлектрических одномерных фотонных кристаллов стали одномерные микрополосковые электромагнитные кристаллы.

Четкой терминологии микрополосковой модели одномерного ФК на сегодняшний день отсутствует. В литературе встречается следующие понятия: *microstrip (electromagnetic) bandgap structure* – микрополосковая структура с запрещенной зоной; *microstrip (line) photonic crystal* – микрополосковый фотонный кристалл; *photonic band gap periodic transmission line, microstrip line with photonic band ground plane*.

В СВЧ-диапазоне фотонные кристаллы могут создаваться на основе различных направляющих систем в виде упорядоченных массивов элементов различной формы и конфигурации. Это могут быть как волноводы с диэлектрическим заполнением, так и планарная линия передач. Исследование СВЧ электромагнитных кристаллов имеет важное практическое значение для разработки современных телекоммуникационных

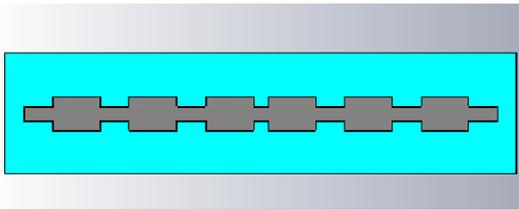
систем, приемопередающих устройств и контрольно-измерительного оборудования для проведения высокоточных бесконтактных измерений электрофизических параметров металлических, диэлектрических и полупроводниковых материалов и структур, композитов, используемых в микро-, нано- и СВЧ-электронике.

Таким образом, подобные фотонные кристаллы, основанные на базе микрополосковых линий передачи (в частных случаях возможно применение копланарной полосковой линии), могут реализовать себя в таких направлениях, как селективные отражатели, резонаторы, фильтры, сенсорные технологии.

Кратко рассмотрим каждый из пунктов. Селективный отражатель, т.е. отражатель, предназначенный для отражения определенного диапазона частот сигнала, может использоваться в разделении сигналов и дальнейшей их раздельной обработке.

Резонатор, основанный на базе микрополосковых линий с внедренной периодической структурой Брэгга, образуется, когда в центре располагается фазовый сдвиг (дефект периодичности), формирующий в резонансной полосе узкое окно прозрачности (рисунок).

Фильтры, построенные на базе микрополосковых линий, широко применяются в электронике. Основные типы, такие как ФВЧ и ФНЧ, довольно легко реализуются в промышленности. Однако внесение в микрополосковую линию периодической структурой позволяет реализовать фильтры, которые смогут вырезать гармоники сигналов.



Пример микрополосковой структуры Брэгга с фазовым сдвигом

Погружение в диэлектрическую среду чувствительного элемента, основанного на внедрении периодической структуры Брэгга в микрополосковую линию передачи, и мониторинг изменения ее параметров может стать основой для применения в части сенсорики, к примеру изменение диэлектрической проницаемости жидких сред.

Таким образом, одномерные электромагнитные кристаллы, основанные на базе микрополосковых передающих линий, имеют довольно ши-

рокий спектр возможностей для применения в различных областях науки и техники. Простота реализации и сравнительно небольшие физические размеры – одни из многих плюсов таких структур.

Список литературы

1. Микрополосковые фотонные кристаллы и их использование для измерения параметров жидкостей / Д. А. Усанов, А. В. Скрипаль, А. В. Абрамов [и др.] // Журнал технической физики. – 2010. – Т. 80, вып. 8.
2. Брыкин, Е. В. СВЧ-структуры с периодическими неоднородностями в копланарном волноводе / Е. В. Брыкин, А. Р. Насыбуллин // XXII Туполевские чтения: тез. междунар. науч. конф. – Казань, 2015.
3. Долгова, Е. С. Микроволновые фотонные кристаллы в дистанционных датчиках контроля состояния диэлектрических объектов / Е. С. Долгова, В. Д. Ямщиков // Гагаринские чтения: тез. междунар. науч. конф. – М., 2014.
4. Волошин, А. С. Исследование микрополосковых моделей полосно-пропускающих фильтров на одномерных фотонных кристаллах: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук / А. С. Волошин. – Красноярск, 2006. – 20 с.

УДК 621.3.

Сипатдинов Айбек Мирзабаевич, Семикин Алексей Дмитриевич,
направление Электроника и нанoeлектроника (бакалавриат), гр. ЭИНЭ-41

Научный руководитель **Мороз Андрей Викторович,**
канд. техн. наук, доцент кафедры конструирования
и производства радиоаппаратуры

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОКРЫТИЯ, РЕАЛИЗУЮЩЕГО НОВЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ИЗНОСА

В настоящее время в мире уделяется большое внимание проблемам повышения износостойкости и коррозионной защиты деталей машин и механизмов. В некоторых отраслях промышленности производство запасных деталей сравнялось с производством деталей, предназначенных для сборки новых машин. Износ деталей приносит потери всем отраслям промышленности.

Целью работы является разработка прибора для исследования износостойкости покрытий, реализующего новую методику контроля износостойкости.

Контроль износостойкости диэлектрических пленок осуществляется с помощью трибологических испытаний. Это испытание контактного взаимодействия образца и устройства с целью оценки их трибологических характеристик в различных условиях внешних взаимодействий и окружающей среды. Существуют много способов определения износостойкости, но каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Существующие методы контроля износостойкости покрытий требуют специализированного оборудования для оценки количества истершегося материала либо имеют достаточно низкую точность. Кроме того, не существует методик контроля износостойкости в процессе эксплуатации трущихся деталей. Поэтому оценка защитных свойств остается актуальной проблемой.

В данной работе метод контроля износостойкости диэлектрической пленки заключается в испытании на изнашивание при трении о закреплённый абразив. Проводятся испытания плоских образцов на трение и износ при постоянной скорости цилиндрического контртела по одному и тому же следу трения прикратно увеличивающихся нагрузках. В отличие от существующих методик контроля основная идея контроля заключается в том, что под защитным покрытием вакуумными методами нанесены контрольные проводники на диэлектрическом основании, по сопротивлению которых можно судиться о процессе истирания защитного покрытия.

Вывод. Разработанная методика позволяет при условии знания толщины защитного покрытия более точно определить момент его износа без применения специализированного оборудования. Разработана конструкция установки для испытаний, позволяющая отказаться от сложных систем контроля давления на образец, а также оперативно менять испытательный образец. Проведена апробация методики износа диэлектрического покрытия.

Список литературы

1. Куксенова, Л. И. Износостойкость конструкционных материалов: учеб. пособие / Л. И. Куксенова, С. А. Герасимов, В. Г. Лаптева. – М.: Изд-во МГТУ им Н. Э. Баумана, 2011. – 237 с.
2. <http://docplayer.ru/53639470-Kontrol-kachestva-iznosostoykih-pokrytij.html>
3. Патент 2281475 РФ RU. Способ определения износостойкости покрытия / Соколов Г. Н., Лысак В. И. Лебедев Е. И., Зорин И. В. – № 2005100689/28; заявл. 11.01.2005; опубл. 2006, Бюл. № 22.

Гатауллина Илюза Мансуровна,

направление Теплоэнергетика и теплотехника (бакалавриат), гр. ПТ-1-15

Научный руководитель **Кондратьев Александр Евгеньевич,**
канд. техн. наук, доцент кафедры промышленной теплоэнергетики
и системы теплоснабжения

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань*

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА СТОЧНЫХ ВОД

Цель работы – анализ эффективности применения тепловых насосов для утилизации тепла сточных вод.

Все тепловые насосы работают по принципу преобразования низкопотенциальной энергии подземных источников в тепловую энергию, используемую в дальнейшем для отопления зданий и сооружений, а также приготовления горячей воды.

Однако ключевым отличием между разными тепловыми насосами являются способы отбора низкопотенциальной энергии, источниками которой могут быть:

- 1) верхние слои почвы, прогретые солнцем;
- 2) вертикальные скважины, имеющие постоянную положительную температуру ниже глубины промерзания;
- 3) подземные грунтовые воды;
- 4) водоёмы [5].

Схема теплового насоса представлена на рисунке. В испарителе рабочее тело, обычно хладагент, находится под низким давлением и кипит при низкой температуре, поглощая теплоту низкопотенциального источника. Затем рабочее тело сжимается в компрессоре, приводимом в действие электрическим или иным двигателем, и поступает в конденсатор, где при высоком давлении конденсируется при более высокой температуре, отдавая теплоту испарения приёмнику тепла, например, теплоносителю системы отопления. Из конденсатора рабочее тело через дроссель вновь поступает в испаритель, где его давление снижается, и снова начинается процесс кипения [2].

Одним из перспективных источников теплоты для тепловых насосов являются стоки промышленных предприятий и городские сточные воды, прошедшие обработку на очистных сооружениях. Температура промышленных стоков может достигать 30–40 °С. Однако количество промышленных стоков обычно невелико. Часто эти стоки содержат агрессивные

компоненты и требуют специальной обработки, что значительно повышает стоимость подключения теплового насоса для утилизации теплоты. Городские стоки несут значительно больше теплоты за счет высоких расходных характеристик, хотя температурный потенциал стоков в зимний период обычно не выше 10-15 °С. После переработки сточных вод на очистных сооружениях их качественные показатели вполне удовлетворяют эксплуатационным условиям специализированных тепловых насосов [4].

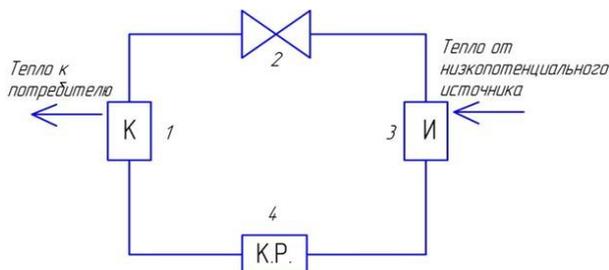


Схема теплового насоса:

1 – конденсатор (К); 2 – дроссель; 3 – испаритель (И); 4 – компрессор (К.Р.)

В 2011 году на канализационной насосной станции (КНС-3) ЗАО «Челныводоканал» введен в эксплуатацию первый в Республике Татарстан тепловой насос, работающий на сточных водах, поступающих из жилых домов в канализационные насосные станции. Установка теплового насоса на предприятии давно планировалась, поскольку на очистные конструкции сливается большой объем стоков, низкопотенциальную энергию которых можно и нужно употреблять для нагрева жилых домов и служебных зданий, а также для обеспечения горячего водоснабжения.

Принцип действия теплового насоса, установленного на КНС-3, происходит следующим образом. В «стакан» КНС-3, где собираются стоки, помещен коллектор в виде двух барабанов полиэтиленовой трубы диаметром 40 мм и длиной 500 м со специальным раствором внутри (монопропиленгликоль) – так называемый контур низкопотенциального тепла. Вещество постоянно циркулирует внутри этого контура и переносит тепло стоков в тепловой насос, где происходит повышение температуры теплоносителя до значения, достаточного для обогрева помещений, а также обеспечения их горячим водоснабжением [1].

Выгоды от внедрения теплового насоса очевидны. С помощью нового оборудования расход электроэнергии уменьшился примерно в 4 раза.

Есть еще одно существенное преимущество теплового насоса: он практически не нуждается в обслуживании, следовательно, нет никаких затрат на его эксплуатацию. Нужно также отметить и то, что при установке насоса не понадобилось менять систему отопления – остались те же батареи и трубы. Стоимость теплового насоса составила 840 тыс. руб., и окупился он за 2,5 года.

В 2012 г. еще на двух канализационных станциях предприятия установлено подобное оборудование.

Выводы. Сточные воды из очистных сооружений при их соответствующей очистке являются ценным источником низкотемпературной теплоты, которую можно эффективно утилизировать с помощью теплового насоса. Теплота, получаемая от теплонасосных установок, действующих на очистных сооружениях, может быть использована как на собственные нужды коммунального предприятия, так и реализована потребителям [3].

Несмотря на значительную стоимость теплонасосных установок, проекты с их применением на городских очистных сооружениях являются инвестиционно привлекательными. Так, при оценке эффективности применения тепловых насосов на очистных сооружениях установлено, что расчетный срок окупаемости проекта не превышает 2,5 года.

Применение тепловых насосов для утилизации теплоты сточных вод дает также ряд преимуществ не только экономического, но и экологического характера за счет сокращения вредных выбросов на районных котельных и уменьшения теплового загрязнения морского побережья.

Список литературы

1. Гатауллина, И. М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса / И. М. Гатауллина // XIII Международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения». – 2018. – Т. 2. – С. 160-162.
2. Гатауллина, И. М. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий / И. М. Гатауллина // XIII Международная молодежная научная конференция по естественнонаучным и техническим дисциплинам «Научному прогрессу – творчество молодых». – 2018. – Ч. 2. – С. 71-74.
3. Агишева, И. Р. Утилизация тепла сточных вод / И. Р. Агишева // III Международная научно-практическая конференция «Научное сообщество студентов: междисциплинарные исследования». – 2014. – Ч. 3. – С. 403-405.
4. Перспективы применения тепловых насосов при утилизации теплоты городских стоков / В. В. Слесаренко, В. В. Князев, В. В. Вагнер, И. В. Слесаренко // Энергосбережение и водоподготовка. – 2015. – № 3 (77).
5. Галиуллина, Г. Р. Геотермальный тепловой насос как инструмент для энергосбережения и решения непростых задач / Г. Р. Галиуллина // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. – 2017. – № 12.

УДК 681.518.2

Сиразов Айрат Фаргатович,
направление Радиотехника (магистратура), гр. 5188

Научный руководитель **Насыбуллин Айдар Ревкатович,**
канд. техн. наук, доцент кафедры РФМТ
*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А. Н. Туполева – КАИ», г. Казань*

ДВУХДИАПАЗОННЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ НЧ- И СВЧ-ДИАПАЗОНОВ

При измерении диэлектрических параметров жидких сред в широком диапазоне частот на практике широко распространено раздельное измерение в низкочастотном и высокочастотном радиочастотных диапазонах. Но у такого подхода есть существенные недостатки: а) для каждого диапазона надо создавать отдельные датчики; б) при переходе от одного диапазона к другому возможны изменения параметров исследуемой среды; в) у датчика каждого диапазона свои погрешности, температурные зависимости. Из-за указанных выше недостатков было решено изготовить датчик, который одновременно работает в НЧ- и СВЧ-диапазонах с возможностью использования данного датчика в единой измерительной системе.

Для измерения диэлектрической проницаемости на НЧ применяется емкостный метод. Работа этого метода основана на изменении емкости конденсатора в зависимости от диэлектрической проницаемости окружающей обкладки конденсатора среды. В СВЧ-диапазоне измеряется комплексный коэффициент отражения от конденсатора с заполняющей средой. В качестве измерительного датчика использован гребенчатый конденсатор.

Для анализа работы структуры в СВЧ-диапазоне было решено провести моделирование гребенчатого конденсатора в программе CST STUDIO SUITE. В ней была создана 3D-модель гребенчатого конденсатора с подключенным к нему коаксиальным кабелем.

На рисунке 1 показано изменение коэффициента отражения коаксиального пробника в виде открытого конца коаксиального волновода, соприкасающегося с исследуемой средой, при двух разных диэлектрических проницаемостях – 3 и 3,1. Как видно из графика, разница между средами проявляется слабо, так как у коаксиального пробника низкая

чувствительность. На рисунке 2 показан аналогичный отклик для случая конденсатора, где разница между двумя средами прослеживается четче.

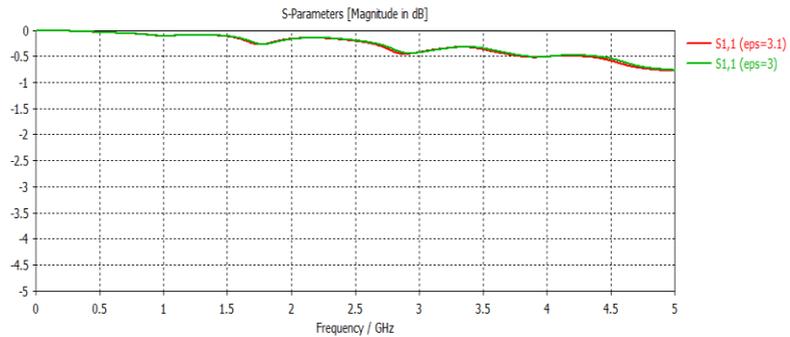


Рис. 1. Коэффициент отражения коаксиального пробника

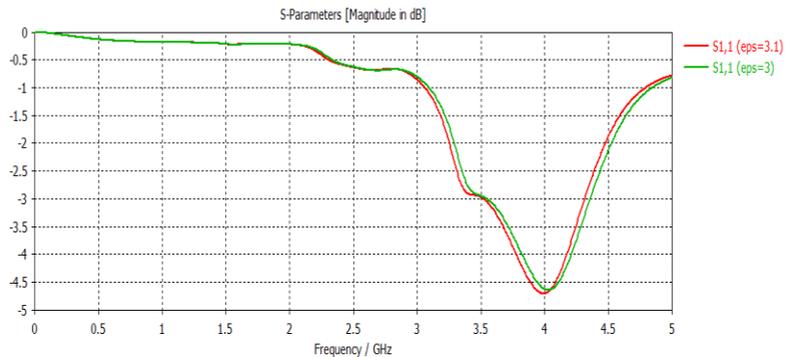


Рис. 2. Коэффициент отражения гребенчатого конденсатора

Так как данный конденсатор работает в НЧ- и СВЧ-диапазонах, необходимо исключить взаимное влияние измерительных сигналов. Для этого используется схема частотной развязки. Данная цепь представляет собой Т-образный тройник (рис. 3), с одного плеча которого подается ВЧ-сигнал, на второе плечо – НЧ-сигнал, а на третьем плече получаем сумму двух сигналов. При этом за счет присут-

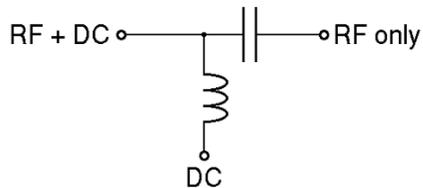


Рис. 3. Схема частотной развязки

ствия емкости и индуктивности происходит частотная развязка.

Для подбора параметров С- и L-схемы частотной развязки используются формулы

$$X_C = \frac{1}{2 * \pi * f * C} \ll Z_0, \quad (1)$$

$$X_L = 2 * \pi * f * L \gg Z_0, \quad (2)$$

где f – частота, Гц; C – емкость, Ф; L – индуктивность, Гн.

УДК 681.518.2

Златорунский Максим Владимирович,
направление Радиотехника (магистратура), гр. 5188

Научный руководитель **Насыбуллин Айдар Ревкатович,**
канд. техн. наук, доцент кафедры радиофотоники и микроволновых технологий
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет им. А. Н. Туполева – КАИ», г. Казань

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЗДАНИИ СВЧ-ДИЭЛЕКТРИКОВ

Рассматривается задача создания элементов на основе СВЧ-диэлектриков с помощью инновационных материалов и средствами аддитивных технологий.

Одним из наиболее актуальных технологических трендов в настоящее время являются аддитивные технологии, в которых послойное наращивание материала в соответствии с заданной компьютерной твердотельной моделью практически заменяет традиционные процессы резания, прессования и штамповки. Основным преимуществом данных технологий является прямое воспроизведение на основе твердотельной модели изделия любой сложности без применения сложного инструмента и дорогостоящего оснащения. Необходимо отметить значительные успехи в использовании аддитивных технологий не только в быстром прототипировании, но и при изготовлении конструктивных элементов действующих технических систем [1].

Современные радиочастотные системы приёма-передачи, которые используются в наземных станциях, авиации, аэрокосмических проектах требуют высокопроизводительных, миниатюрных и легких СВЧ-компонентов. Вопреки традиционным методам изготовления, технология трёхмерной печати предлагает эффективное, с точки зрения времени

и стоимости производства, решение, открывающее новые, ранее недоступные возможности для производства таких устройств.

Рассмотрим пример создания волновода на 3D-принтере с дальнейшей металлизацией поверхности. В качестве основного материала, соответствующего требованиям, предъявляемым к материалам СВЧ-элементов и устройств, используется токопроводящий, композиционный АБС-пластик в виде нити диаметром 1,75 мм.

Температура плавления нити в экструдерной головке составляет 230-245 °С. Температура платформы, на которой строится модель волновода, составляет 90-100 °С [2]. Среднее время построения прямого волновода на 3D-принтере в зависимости от его геометрических размеров, а также заданного шага – толщины наплавляемого пластика (40-200 мкм) составляет от 4 до 12 часов.

После создания детали происходит ее металлизация. Вакуумная металлизация пластмассовых волноводов включает в себя вакуумное осаждение (технология наращивания металлического слоя из газовой фазы металлоорганических соединений при их термическом разложении) первоначального тонкого слоя меди толщиной от 0,3 до 1,0 мкм. Дальнейшее наращивание слоя меди до толщины 0,1-0,5 мм (толщина слоя металла, обеспечивающая конструктивную жесткость пластмассового волновода и рассеивание выделяемого при передаче энергии СВЧ-тепла) возможно как при вакуумном осаждении металла, так и электрохимическими способами, включая нанесение защитного покрытия из серебра или золота [3].

Для построения элементов на основе диэлектриков на СВЧ-частотах важно такое свойство, как диэлектрическая проницаемость. В данной работе мы предлагаем создание диэлектриков аддитивными технологиями с помощью нити АБС-пластика с заданной диэлектрической проницаемостью [4]. Способ изготовления нити происходит путем смешивания гранул АБС-пластика с титанатом бария $BaTiO_3$. Тем самым мы можем контролировать и задавать необходимые свойства диэлектрической проницаемости. Создание нити осуществляется с помощью экструдера, показанного на рисунке 1.



Рис. 1. Экструдер Wellzoom

Для автоматизации данного процесса была предложена модель комплекса по изготовлению нити с заданной диэлектрической проницаемостью.

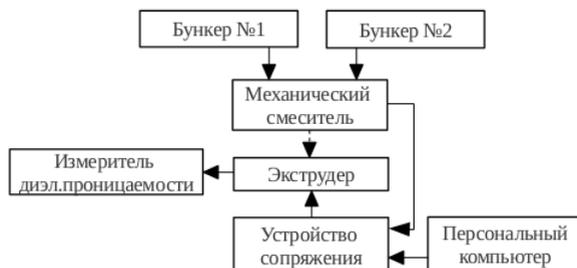


Рис. 2. Схема автоматизированного процесса

На рисунке 2 показано взаимодействие модулей комплекса между собой. Предлагаемый метод создания нити для 3D-принтера в дальнейшем значительно сократит время производства непосредственно самой детали с заданной диэлектрической проницаемостью. Заданные параметры по диэлектрической проницаемости будут заложены при создании непосредственно самой нити. Такой метод изготовления деталей отличается от того, которым пользуются в настоящее время. В данный момент все еще в большинстве случаев используют различные металлы для создания деталей, таких как волновод. Аддитивный способ создания диэлектриков гораздо экономичнее чем процесс, который используется в настоящее время. Время создания диэлектрика значительно сокращается.

Преимущества использования современных 3D-принтеров очевидны:

- снижение себестоимости изготовления продукции и сокращение сроков выполнения, включая экономию человеческих ресурсов;
- высокая точность изготовления и возможность использования разных материалов.

Данная технология изготовления изделий (деталей) является очень перспективной для аэрокосмической промышленности. Уже сегодня по технологии 3D-печати изготавливаются прототипы, детали авиационных двигателей, топливные форсунки, сложные кронштейны, скобы, сложные инструменты, функциональные части космических кораблей [5].

Вывод. Данная технология изготовления диэлектриков является актуальной на сегодняшний день и быстроразвивающейся, а значит, точность и качество исполнения с каждым годом будут стремительно повышаться.

Список литературы

1. Соснин, О. М. Основы автоматизации технологических процессов и производств: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О. М. Соснин. – М.: Академия, 2007. – 240 с.
2. Технологическое обеспечение качества при изготовлении труб волноводов КВЧ-диапазона / А. И. Оборина, И. В. Трифанов, Б. Н. Исмаилов, И. В. Степехов // Вестник СибГАУ. 2012.
3. Участник ассоциации представителей отрасли аддитивных технологий [Электронный ресурс]. URL.: <http://3dtoday.ru/industry/obzorraskhodnykh-materialov-dlya-3d-printerov.html> (дата обращения 12.11.2018).
4. Авиационная промышленность. 1997. № 3-4 [Электронный ресурс]. – URL: www.viam.ru/public (дата обращения 10.11.2018).
5. Портал Printrev.ru [Электронный ресурс]. – URL: <http://printrev.ru/news/2014/02/17/3d-printer-markforged-mark-one.html> (дата обращения 09.11.2018).

УДК 621.372.812

Борисов Игорь Константинович,
направление Радиотехника

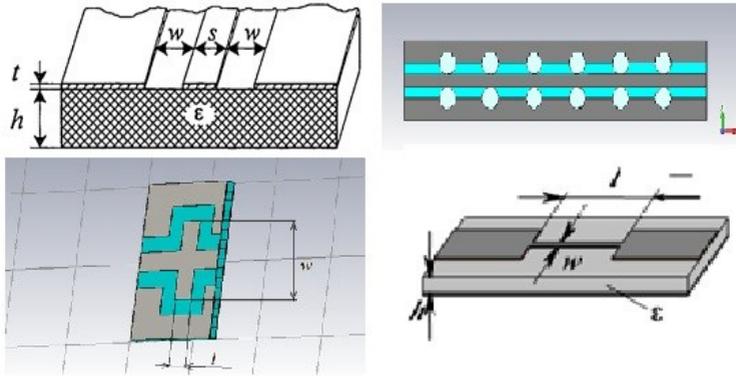
Научный руководитель **Насыбуллин Айдар Ревкатович,**
канд. техн. наук, доцент кафедры радиофотоники и микроволновых технологий
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет им. А. Н. Туполева – КАИ», г. Казань

АНАЛИЗ КОНФИГУРАЦИЙ ПОЛОСКОВЫХ БРЭГГОВСКИХ СВЧ-ДАТЧИКОВ

Рассмотрены варианты конфигураций полосковых брэгговских СВЧ-датчиков для определения диэлектрических параметров материалов.

Достижения в области радиоэлектроники способствуют появлению и совершенствованию новых направлений применения радиотехнологий. Особую роль в развитии современных наукоемких приложений занимают микроволновые технологии, открывшие перспективы создания сенсорных устройств для широкого применения. В последнее время рядом ученых ведутся исследования в области анализа и синтеза резонансных структур в виде полосковых и микрополосковых периодических структур с эффектом брэгговского отражения для определения электрофизических параметров материалов и изделий.

Проанализирована обширная сфера вариантов исполнения СВЧ-датчиков. Основным параметром отбора служило наличие возможности резонансного контроля электрофизических параметров исследуемых материалов и изделий.



Различные варианты исполнения полосковых датчиков СВЧ

Осуществлено моделирование различных конфигураций полосковых брэгговских СВЧ-датчиков в программе CST Studio Suite. Проведен анализ полученных данных для определения наиболее подходящего, в соответствии с поставленной задачей, типа датчика. Задача заключалась в определении разницы между двумя схожими материалами, незначительно отличающимися по одному из параметров, к примеру, значением диэлектрической проницаемости с шагом изменения в одну сотую. Для дальнейшего изучения выбрана полосковая СВЧ-структура квазибрэгговского типа.

Список литературы

1. Linewidth Narrowing in Microstrip Resonator Using Effective Highly Dispersive Medium / L. Yui-Hui [et. al.] // Chinese Physics Letters. – 2007. – Vol. 24, No 4. – P. 975-978.
2. Способ и устройство для измерения электрических характеристик электролитов и диэлектриков: пат. 2431855 Российская Федерация / Корндорф С. Ф., Ногачева Т. И., Давыдова Н. В.; ОрелГТУ, Россия. – № 2009144301/09; заявл. 30.11.2009; опубл. 20.10.2011.

Кадыров Ринат Айратович,
направление Радиотехника (магистратура)

Научный руководитель **Насыбуллин Айдар Ревкатович,**
канд. техн. наук, доцент кафедры радиотоники и микроволновых технологий
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический
университет им. А. Н. Туполева – КАИ», г. Казань

РАЗРАБОТКА МЕТАЛЛОДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЯМОУГОЛЬНОГО ВОЛНОВОДА С МИКРОПОЛОСКОВЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ ВОЛНЫ Н20

Цель работы – выбор прямоугольного волновода, удовлетворяющего условиям распространения волны Н20 типа. Для этого необходимо решить ряд **задач**: моделирование прямоугольного волновода; сравнительный анализ характеристик; выбор лучшей модели по полученным данным.

Размер прямоугольного волновода выбирали, исходя из данных о длине волны сигнала и типе волны, которую необходимо возбудить (рис. 1). Размер боковой стенки приняты равным половине ширины широкой стенки. Длина волновода соизмерима с длиной волны, распространяемой в нем. Конечные размеры волновода приняты равными 70×30×150 мм при частоте сигнала в 4,74 ГГц. Условия возбуждения волны Н20 типа соблюдены, так как длина волны при частоте 4,74 ГГц

равна 63 мм и входит в диапазон от $\frac{2a}{\sqrt{5}}$ до a .

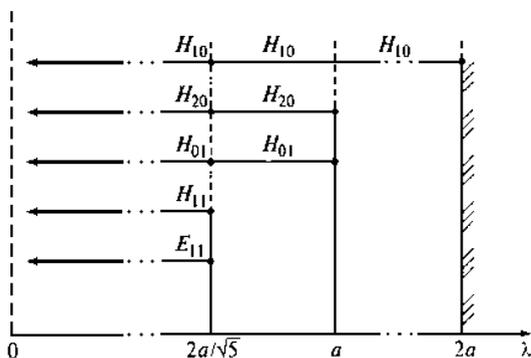


Рис. 1. Критические длины волн

Возбуждение электромагнитной энергии в прямоугольном волноводе может быть выполнено двумя способами: с помощью щелей и с помощью электрического вибратора (штыря).

Рассмотрим метод возбуждения волны H₂₀ типа в прямоугольном волноводе с помощью штырей (рис. 3). Длины отрезков подводящей линии от точки разветвления до точек соединения с вибраторами выбирают отличающимися на $\lambda_0/2$. В этом случае при распространении волны по коаксиальной линии токи в вибраторах будут иметь одинаковые амплитуды, а их фазы будут отличаться на π . В волноводе будут эффективно возбуждаться также волны H₂₀, H₄₀ ... и будет затруднено возбуждение волн с нечетным первым индексом H₁₀, H₃₀, ... Выбор размеров волновода создает предельный режим для всех волн, кроме H₂₀ и H₁₀.

Рассмотрим метод возбуждения волны H₂₀ типа с помощью щелей (рис. 4). Длины отрезков подводящей линии так же, как и в методе возбуждения с помощью штырей, выбирают отличающимися на величину в $\lambda_0/2$. Сами щели располагаются на расстоянии, не превышающем $\lambda_v/8$ от короткозамкнутой стенки.

В данном волноводе для обоих методов в качестве внешней подводящей линии используются несимметричные полосковые линии.

Обе модели были собраны в ПО CST STUDIO SUITE для анализа и сравнения характеристик (рис. 2).

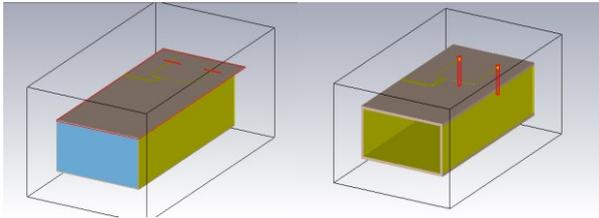


Рис. 2. Общий вид моделей волновода в ПО CST STUDIO SUITE

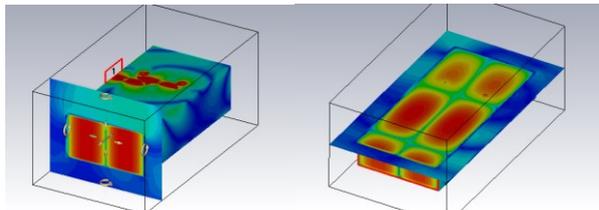


Рис. 3. Распространение электромагнитного поля в волноводе с возбуждением волны H₂₀ типа с помощью штырей

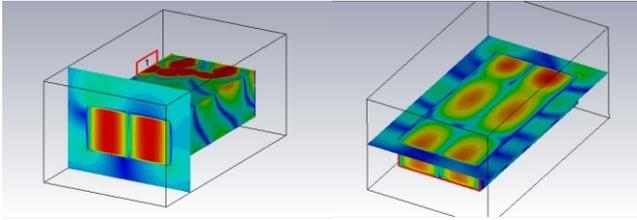


Рис. 4. Распространение электромагнитного поля в волноводе с возбуждением волны H₂₀ типа с помощью щелей

Наблюдаемое поле по характеру распространения соответствует полю H₂₀ волны, но помимо него в поле присутствуют моды волн высших типов и волны H₁₀ типа. Металлическая пластина, помещенная посередине волновода параллельно его узким стенкам, может предотвратить распространение нежелательной в данном случае волны H₁₀. На расстоянии $l = \lambda_{в} / 4$, где $\lambda_{в}$ – длина волны H₂₀ в волноводе, помещают металлическую пластину, обеспечивающую режим короткого замыкания на конце волновода.

Для дальнейшего анализа волновода рассмотрим коэффициенты отражения и коэффициенты передачи смоделированных волноводов. На рисунке 5 представлены графики коэффициента отражения для возбуждения волны H₂₀ типа с помощью щелей и с помощью штырей.

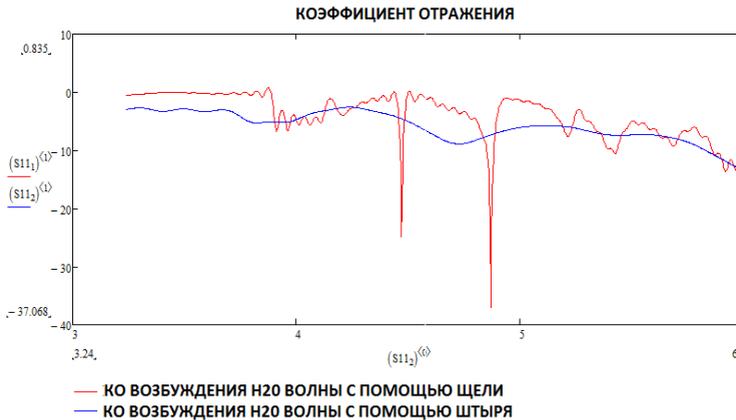


Рис. 5. Коэффициенты отражения волноводов, смоделированных в ПО CST STUDIO SUITE

На рисунке 6 представлены графики коэффициента передачи для возбуждения волны H20 типа с помощью щелей и с помощью штырей.

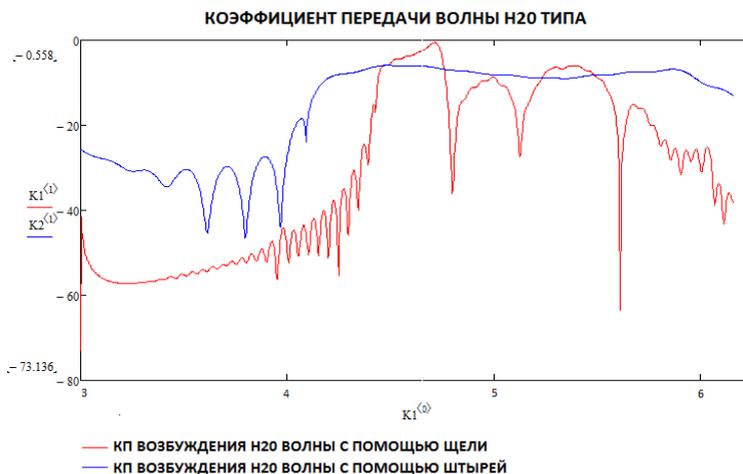


Рис. 6. Коэффициенты передачи волноводов, смоделированных в ПО CST STUDIO SUITE

Сравнив графики, можем сделать следующие выводы:

- при использовании штырей коэффициент отражения имеет меньше резонансов и меньшую величину коэффициента отражения;
- передача проводится примерно на одном уровне, но в случае со штырями она ровнее, не имеет резонансов и имеет более широкую полосу частот.

Таким образом, на данном этапе возбуждение с помощью штырей дает лучший результат, нежели возбуждение с помощью щелей.

Список литературы

1. Шаров, Г. А. Волноводные устройства сантиметровых и миллиметровых волн / Г. А. Шаров. – М.: Горячая линия – Телеком, 2016. – 640 с.: ил.
2. Справочник по волноводам: пер. с англ. / под ред. Я. Н. Фельда. – М.: Сов. радио, 1952.
3. Marcuvitz, N. Waveguide Handbook. – Peter Peregrinus Ltd, 1986.
4. Smedth, R. Magnetic polarizability of some small apertures / R. Smedth, J. Van Bladel // IEEE Trans. – 1980. – Vol. AP-28, No. 5. – P. 703.
5. Microwave Engineers' Handbook. Vol. 2. – Dedham, Massachusetts: Atech House, 1971.

УДК 621.372.812

Хохлов Дмитрий Кириллович,
направление Радиотехника (магистратура), гр. 5288

Научный руководитель **Насыбуллин Айдар Ревкатович,**
канд. техн. наук, доцент кафедры радиофотоники и микроволновых технологий
*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А. Н. Туполева – КАИ», г. Казань*

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СВЧ-УСТРОЙСТВ

Лабораторная установка для измерения характеристик СВЧ-устройств на данный момент представляет собой анализатор цепи для определения амплитуды сигнала. Сейчас разрабатывается модуль для определения фазы сигнала.

Скалярный анализатор цепи состоит из трех основных блоков: ПК, блока управления и СВЧ-блока.

ПК-блок состоит из MATLAB как программы для управления, отображения и обработки полученных данных. Передача данных происходит через виртуальный com-port. Блок управления включает в себя Arduino и АЦП (ADS1115). Arduino контролирует работу синтезатора частоты, принимает оцифрованный сигнал с АЦП. АЦП имеет разрядность в 12 бит. Arduino имеет встроенную библиотеку работы с данной микросхемой, что выгодно отличает его среди остальных цифровых преобразователей. Блок СВЧ состоит из синтезатора частоты (ADF4350), детектора (AD8362), направленных ответвителей с согласованной нагрузкой, усилителя (MGA53543). Преимущества данного синтезатора частоты – это встроенное ядро ГУН с диапазоном частот от 2200 до 4400 МГц, встроенный синтезатор ФАП с дробно переменным коэффициентом деления, также имеются два дифференциальных выходных канала. Гибкость и универсальность разработанного анализатора позволяет одновременно реализовать измерение параметров рассеяния СВЧ-устройств, выступать в качестве перестраиваемого генератора, амплитудного и фазового детектора.

Произведены первоначальная настройка и калибровка устройства. Измеренные значения генератора проверялись спектроанализатором FSCN8. Максимальное отклонение составило 7,142857 МГц, а среднее значение – 2,381076 МГц. В частотном диапазоне от 1100 МГц до 3000 МГц мощность сигнала составила от –7,365 и до 7,159 дБм. Среднее значение мощности сигнала приблизительно – 0,4 дБм. Это не явля-

ется максимально возможным значением, который может позволить данный генератор частоты, но в связи с использованием детектора (AD8362) мощность на частотах ниже 3000 МГц значительно уменьшается и при частоте 4400 МГц, что является максимальным значением, составляет -30 дБм. Измерения проводились при учете использования прямого соединения выхода генератора и детектора через идеальный проводник.

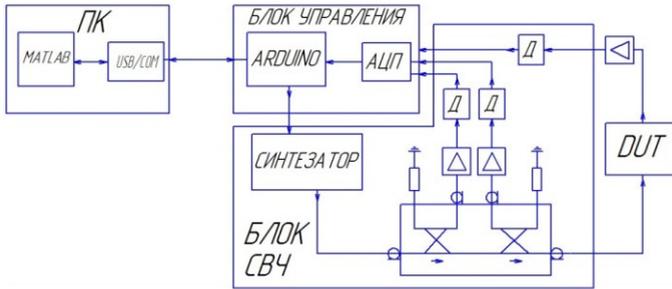


Рис. 1. Функциональная схема комплекса

Векторный анализатор цепи используется для измерения параметров рассеяния высокочастотных схем. Когда частота достаточно высокая, отражения волн начинают иметь значение, и необходимо учитывать распределенные эффекты. СВЧ-датчики для измерения физических свойств материалов, основанные на определении диэлектрических параметров, для совершенствования своих характеристик требуют наличия измерителя комплексных значений коэффициентов рассеяния.

Общая блок схема представляет из себя подключенные последовательно два ответвителя, направленных на вход и выход (рис. 2). Таким образом, мы сможем измерить коэффициенты передачи и отражения от входного и выходного порта.

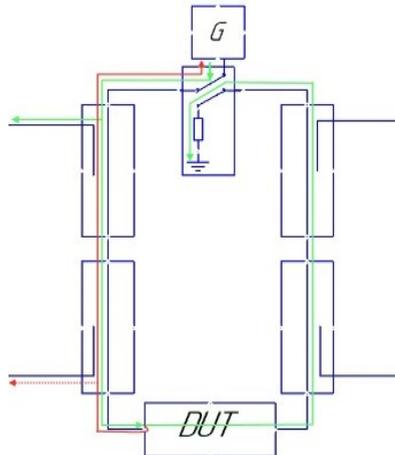


Рис. 2. Общая блок схема VNA

Предлагается решение для данной задачи на основе микросхем фирмы Analog Device. Его можно собрать из широкополосного квадратурного демодулятора ADL5380, малопотребляющего дифференциального усилителя ADA4940-2 с низким уровнем искажений и двухканального 16-разрядного АЦП AD7903 (рис. 3).

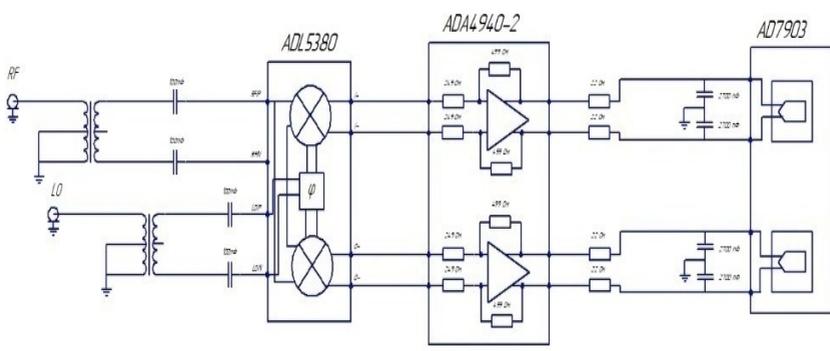


Рис. 3. Структурная схема VNA

Принцип работы данной сборки следующий. На квадратурный демодулятор ADL5380 приходит оригинальный передающийся и принимаемый сигнал, после чего происходит их сложение и передача по двум каналам, и один из них имеет смещение на 90° относительно другого. Демодулятор формирует сумму и разность этих сигналов. Поскольку они имеют одинаковую частоту, то высокочастотную сумму можно отфильтровать, а разность частот превращается в 0. Далее они поступают на дифференциальный двухканальный усилитель ADA4940-2 с динамическими характеристиками и регулируемым усилением для высокочастотного двухканального АЦП. Усилитель обеспечивает дифференциальный выход в диапазоне ± 5 В при однополярном питании 5 В и синфазном напряжении 2,5 В.

Список литературы

1. AgilentTechnologies. Анализаторы цепей. Руководство по выбору. – 2007. – 32 с.
2. Михаэль, Х. Основы векторного анализа цепей / Михаэль Хибель; пер. с англ. С. М. Смогольского; под ред. У. Филип. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 500 с.
3. Бадриев, И. Б. Разработка графического пользовательского интерфейса в среде MATLAB / И. Б. Бадриев, В. В. Бандерво, О. А. Задворнов. – Казань: Казанский государственный университет, 2010. – 113 с.

УДК 621.396.946:519

Хомидов Сомон Зарифалиевич,
направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи
(бакалавриат), ИТС-31

Научный руководитель **Кислицын Алексей Александрович,**
старший преподаватель кафедры радиотехники и связи
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ НА РАБОТУ ТРАНСИОНОСФЕРНЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

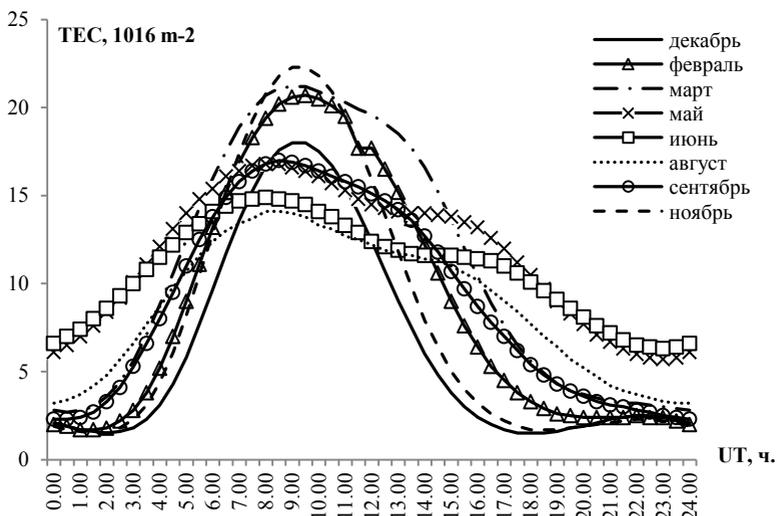
Цель работы – изучить принципы изменения полного электронного содержания (ПЭС) в связи с изменением плотности ионосферы в зависимости от суточного времени и определить влияние дифференциальной кодовой задержки на изменения калибровки ПЭС.

При оценке полного электронного содержания с использованием одновременно фазовых и групповых измерений GPS/ГЛОНАСС возникает систематическая ошибка, связанная с различным временем прохождения сигналов частот L1 и L2 в радиочастотном тракте приемопередающей аппаратуры, так называемыми дифференциальными кодовыми задержками. Дифференциальная кодовая задержка продолжительностью 1 нс приводит к ошибке ~ 2.9 TECU при определении ПЭС [1-3].

Основным источником ионизации земной атмосферы являются электромагнитные волны солнечного излучения длиной короче 0,1 мкм.

После прекращения действия источника ионизации электронная плотность спадает по гиперболическому закону, поэтому с заходом Солнца ионизация в нижних слоях ионосферы исчезает не мгновенно, а в верхних слоях сохраняется в течение всей ночи. Одним из основных методов исследования ионосферы «на просвет» и динамических процессов, протекающих в ней, является метод транссионосферного зондирования сигналами спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS. Получаемые об ионосфере сведения являются интегральными. Суть метода транссионосферного зондирования заключается в определении полного электронного содержания ионосферы, которое в свою очередь является основной характеристикой, определяющей изменение параметров радионавигационного сигнала.

На рисунке представлены результаты построения вычислительного эксперимента по модели IRI-2012 суточных вариаций ПЭС.



Суточные ходы ПЭС по модели IRI-2012

Выводы. По данным измерения, которые проводились в 2012 году в ПГТУ для определения ПЭС города Йошкар-Ола, можно сделать вывод о том, что в дневное время полученные значения оказываются несколько ниже модельных, а в вечернее и ночное время согласие несколько лучше. Обнаружено, что наряду с их систематическим изменением для ряда станций наблюдаются сильные сезонные вариации, обусловленные, по всей видимости, состоянием окружающей среды (температурой, влажностью) и достигающие в отдельных случаях 20 TECU (в единицах ПЭС).

Список литературы

1. Афраймович, Э. Л. GPS-мониторинг верхней атмосферы Земли / Э. Л. Афраймович, Н. П. Первалова. – ЦОП БИБММ ИГУ, 2005. – С. 480.
2. Куницын, В. Е. Радиотомография ионосферы / В. Е. Куницын, Е. Д. Терещенко, Е. С. Андреева. – М.: Физматлит, 2007. – 255 с.
3. Суточная динамика вертикального полного электронного содержания над городами Иркутск и Йошкар-Ола по данным GPS/ГЛОНАСС и модели IRI-2012 / Ю. В. Ясюкевич, А. А. Мильникова, В. В. Демьянов [и др.] // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – № 3(19). – С. 18-29

Абдуллин Дмитрий Владиславович,
направление Электроника и нанoeлектроника (магистратура), гр.ЭиНм-11

Научный руководитель **Леухин Владимир Николаевич,**
канд. техн. наук, доцент кафедры конструирования
и производства радиоаппаратуры
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ ТЕМПЕРАТУРНОГО КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ РЕЗИСТОРОВ

Цель работы – разработка устройства экспресс-оценки температурного коэффициента сопротивления (ТКС) резисторов.

Определение ТКС резистора характеризует обратимые изменения сопротивления резистора вследствие изменения температуры окружающей среды или изменения электрической нагрузки на резистор. Чем меньше ТКС, тем лучшей температурной стабильностью обладает резистор [1].

ТКС может изменяться в интервале температур. У некоторых резисторов изменяется и знак ТКС.

$$TKC = \frac{1}{R} * \frac{dR}{dT}. \quad (1)$$

Если зависимость сопротивления от температуры носит линейный характер, то величину ТКС можно вычислить по формуле

$$TKC = \frac{R_2 - R_1}{R_1(T_2 - T_1)}. \quad (2)$$

где R_1, R_2 – сопротивления при температурах T_1 и T_2 соответственно [2].

Метод измерения ТКС и рекомендуемые метрологические нормы установлены ГОСТ 21342.15-78. Аппаратура применяется та же, что и для измерения сопротивления. В ряде случаев используют специальные установки, так называемые ТКС-метры. Комплексная погрешность метода нормативной документацией не регламентируется, однако стандарт предусматривает, что отклонение температур в измерительной камере должно быть не более 3-10 °С, а погрешность ее измерения не должна превышать ±2°. За допустимую погрешность метода следует принимать суммарную погрешность двух измерений сопротивления, а не погрешность измерительного прибора, как это иногда принято считать [1].

Разрабатываемое устройство обладает рядом преимуществ: небольшим временем измерения – порядка 30 минут, мобильностью за счет своих габаритов и многообразием резисторов. В основе прибора лежит 4-каскадный модуль Пельтье с расположенными между каскадами последовательно соединенными термопарами. Каждая из сторон модуля контактирует либо $p-n$, либо $n-p$ переходами (в зависимости от полярности), изображение показано на рисунке 1.

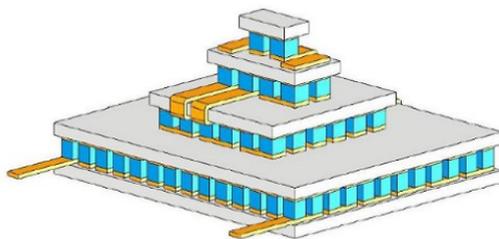


Рис. 1. Четырехкаскадный модуль Пельтье
ТВ-4(83-18-4-1)-1,3

Контакты $n-p$ нагреваются, контакты $p-n$ охлаждаются. Соответственно, возникает разность температур на сторонах элемента. Устройство работает в диапазоне от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$, диапазон измеряемых резисторов от 10 Ом до 1 МОм, количество измеряемых резисторов 10 штук.

Для реализации разрабатываемого устройства представлена структурная схема изобретения (рис. 2).



Рис. 2. Структурная схема изобретения

Исследуемые резисторы расположены в специальной термокамере и устанавливаются в коннектор, подключенный к блоку регистрации сопротивления исследуемых резисторов. Нагрев и охлаждение термокамеры происходит за счет модуля Пельтье, регулируемого блоком контроллера модуля Пельтье и микроконтроллером Arduino Nano, который в свою очередь собирает данные с датчика температуры. Далее полученная информация передается на компьютер, где производятся расчеты ТКС резисторов.

Для регулировки температуры в камере необходимо регулировать мощность на элементе Пельтье с компьютера, для этого организуем ЦАП на базе ШИМ с импульсным ключевым регулятором, который сглаживает пульсации питающего напряжения, и получаем точную стабилизированную температуру. За это отвечает блок контроллера модуля Пельтье. Блок контроллера модуля Пельтье на Arduino разработан с использованием [3].

Блок регистрации сопротивления исследуемых резисторов состоит из таймера, формирующего импульсы напряжения, счетчика и мультиплексора, который коммутирует исследуемые резисторы.

Питание Arduino Nano идет от компьютера, также присутствует опорное питание с постоянным напряжением 12 В, которое питает контроллер.

В ходе работы по созданию автоматизированной установки выполнены исследования по снижению среднего квадратичного отклонения (СКО), что обеспечивает результирующую погрешность компарирования, соответствующую справочным значениям, установленным в ТУ на резисторы конкретных типов согласно ГОСТ 24013-80.

Список литературы

1. Резисторы: справочник / В. В. Дубровский, Д. М. Иванов, Н.Я. Пратусевич и др.; под общ. ред. И. И. Четверткова и В. М. Терехова. – 2-е изд. – М.: Радио и связь, 1991 – 352 с.; ил.
2. Михеева, И. В. Материалы и компоненты электронных средств: лабораторный практикум / Е. В. Михеева. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2014. – 164 с.
3. Разработка Ардуино-контроллера элемента Пельтье. Импульсный (ключевой) регулятор напряжения. [Электронный ресурс]. – М., 2016; – URL: <http://mypractic.ru/urok-36-razrabotka-arduino-kontrollera-elementa-pelte-impulsnyj-kluchevoj-regulyator-napryazheniya.html> (дата обращения 17.01.2018).

УДК 697.112.2

Елсуков Илья Александрович,

направление Проектирование вычислительных систем (магистратура),
гр. ЭВСМ-21

Научный руководитель **Захаров Юрий Владимирович,**

канд. техн. наук, профессор кафедры проектирования и производства ЭВС
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛЫХ И АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ

В настоящее время в России ведется крупномасштабная работа по экономии всех видов энергоресурсов. Усиливающиеся товарно-денежные отношения, постоянный рост цен на энергоносители заставляют производителей и потребителей энергии все чаще задумываться о ее стоимости и путях экономии. Еще 10-15 лет назад производство и потребление таких видов энергоресурсов, как горячая и холодная вода, пар, чаще всего производилось «на глазок», по утвержденным нормам расхода. Экономить их не имело смысла – величина экономии просто не могла быть зафиксирована. Широкое распространение теплосчетчиков, счетчиков холодной воды, газа создало реальные предпосылки для их экономии. При этом задача экономии энергоресурсов из частной стала государственной [1]. Наиболее актуальны задачи экономии холодной воды, тепла, газа, электроэнергии [2]. Практика проведения энергосберегающих мероприятий стала обычной как для частного, так и для государственного сектора экономики [3].

Установка индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) занимает значительное место среди всех энергосберегающих мероприятий. Это обусловлено тем, что ИТП с современной системой автоматики способен экономить 20-37 % тепла, потребляемого зданием [4-6].

«Сердцем» ИТП является контроллер, осуществляющий регулирование технологических параметров в соответствии с заложенной в него программой. При этом, разумеется, качество регулирования и величина экономии тепла напрямую зависят от программы контроллера. И чем более программа специализирована и удобна, тем выше получаемые результаты.

Одним из наиболее сложных элементов регулирования ИТП является автоматизация системы отопления. Она отличается достаточной простотой в части управления установленным оборудованием, однако до настоящего времени его настройка сопряжена со значительными техно-

логическими трудностями: для качественной работы системы автоматизации необходимо выполнить значительный комплекс вычислительных работ при различных параметрах работы системы отопления. При этом все режимы работы характеризуются крайней индивидуальностью.

Основная цель работы – исследование и разработка научно-обоснованного метода автоматического адаптивного регулирования систем отопления жилых и административных зданий.

Для этого необходимо решить две **задачи**:

- определить статические характеристики при различных параметрах работы системы отопления как элемента формирования задания в контуре регулирования;

- найти динамические характеристики системы автоматического регулирования отопления, ее оптимальные настройки, создать систему адаптивного регулирования с высокой степенью энергоэффективности.

Исходя из цели исследования, разработана структурная схема автоматизации системы отопления по температуре теплоносителя, представленная на рисунке 1. Она имеет воздействующие на регулятор настроечные коэффициенты и коэффициенты коррекции. Настраечные коэффициенты обеспечивают адаптацию контура в процессе регулирования, коэффициенты коррекции – изменение температурного графика, по которому осуществляется регулирование.

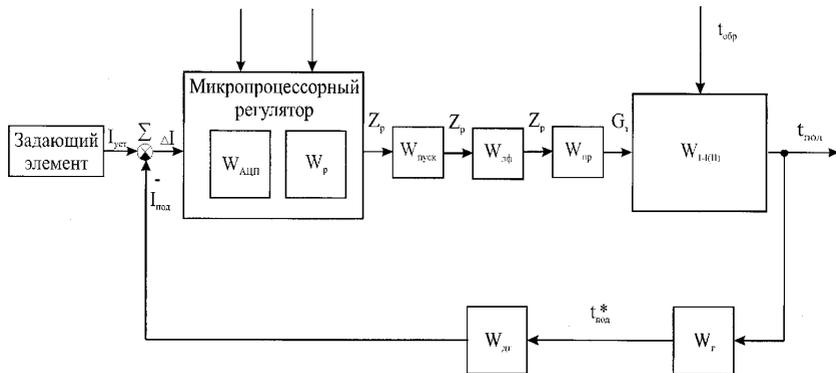


Рис. 1. Структурная схема автоматизации системы отопления по температуре теплоносителя

Система имеет следующие элементы:

- управляющий элемент – микропроцессорный контроллер, состоящий из трех блоков: $W_{АЦП}$ – аналого-цифрового преобразователя (АЦП), цифро-дискретного (ЦДП) и собственно W_p – ПИ-регулятора;

- пускатель или силовое реле $W_{\text{ПУСК}}$. Осуществляет преобразование слаботочного сигнала от контроллера в силовой. Конструктивно может быть выполнено в составе контроллера;
- регулирующий орган с электроприводом $W_{\text{пр}}$. В качестве регулирующего органа может быть использована задвижка, дисковый затвор, шаровой кран, клапан и т.д. Осуществляет управление материальным потоком – расходом теплоносителя из тепловой сети G_T ;
- люфт регулирующего органа $W_{\text{лф}}$;
- фактический объект регулирования: теплообменник отопления W_{T-I} или узел смешения теплоносителей W_{I-II} ;
- инерционное звено (гильза) W_r . Обеспечивает размещение датчика температуры;
- датчик температуры теплоносителя $W_{\text{дт}}$. Как правило, используется термометр сопротивления, обычно медный. Преобразует измеренное значение температуры теплоносителя в сигнал сопротивления или в унифицированный токовый сигнал;
- задающий элемент. Формирует задание в соответствии с температурой наружного воздуха. Конструктивно может быть в составе микропроцессорного контроллера.

Датчик температуры с гильзой включены в обратную связь.

Система работает следующим образом. Задающий элемент формирует задание $I_{\text{уст}}$ и подает его на один вход микропроцессорного контроллера. Датчик температуры, установленный в гильзе на подающем трубопроводе системы отопления, осуществляет ее считывание и подает ее значение в качестве параметра $I_{\text{под}}$ на второй вход контроллера. При этом значение параметра инвертируется (придается отрицательное значение). На входе контроллера производится алгебраическое суммирование сигналов и полученное значение рассогласования ΔI обрабатывается. На выходе контроллера появляется импульс напряжения Z_p , по которому пускатель осуществляет управление электроприводом, а тот изменяет расход теплоносителя из тепловой сети G_T . После прохождения объекта регулирования это вызывает изменение $t_{\text{под}}$.

Контур регулирования является достаточно простым. Такие его элементы, как пускатель, реле, регулирующий орган с люфтом, датчик температуры с гильзой, не представляют проблем для анализа. Задающий элемент формирует задание по определенному закону согласно температуре наружного воздуха. При этом величина задания меняется медленно по сравнению с контуром регулирования, и для задания контур регулирования является высокочастотным каналом. Следовательно,

изменением задания при анализе контура можно пренебречь. В контуре сложен только анализ теплообменника отопления или узла смешения теплоносителей и системы регулирования в целом.

Список литературы

1. Матросов, Ю. А. Совершенствование нормативной базы по проектированию и строительству зданий с эффективным использованием энергии / Ю. А. Матросов, Н. Н. Бутовский // АВОК. – М., 1999. – № 6. – С. 5-9.
2. Кондратьев, В. В. Направления научно-технического прогресса в энергосбережении / В. В. Кондратьев // Инновационная деятельность. – Саратов, 1998. – № 1 (2). – С. 7.
3. Матросов, Ю. А. Энергосбережение в зданиях. Новые МГСН 2.01-99 требуют проектирования энергоэффективных зданий / Ю. А. Матросов, В. И. Ливчак, Ю. Б. Щипанов // Энергосбережение. – М., 1999. – № 2. – С. 3-13.
4. Грудзинский, М. М. Энергоэффективные системы отопления / М. М. Грудзинский, С. И. Прижижецкий, В. Л. Грановский // АВОК. – М., 1999. – № 6. – С. 38-39.
5. Ливчак, В. Н. Основные направления реализации проблемы тепло-сбережения в Москве / В. Н. Ливчак // Энергосбережение. – М., 1998. – № 3-4. – С. 9.
6. Никольская, Е. И. Энергосберегающие проекты на объектах бюджетной сферы: финансово-организационные проблемы и опыт их решения / Е. И. Никольская // Энергосбережение. – М., 1999. – № 3. – С. 28-30.

УДК 539.376

Чернядьев Андрей Владимирович,

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи,
(магистратура), гр. ИТСм-11

Научный руководитель **Бастракова Марина Ивановна,**

канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

РАДИОКАНАЛ В КОМПЛЕКСНЫХ СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ

Описано применение радиоканальной сети в комплексных системах безопасности

Ключевые слова: сеть, радиоканал, радиосвязь, беспроводной, технология, безопасность, связь, передача, данные, система, радио, управление.

В современных системах обеспечения комплексной безопасности радиоканалу отводится важная роль. Радиоканал представляет собой связную инфраструктуру системы, он может применяться для передачи данных от различных датчиков до центрального пульта управления, а также для объединения нескольких подсистем объекта в одну общую сеть [1-3].

Радиоканальная сеть может быть как одноуровневой, так и многоуровневой. Одноуровневая система (рис. 1) содержит один приемно-контрольный прибор, представляющий собой радиоприемное устройство, с которым посредством беспроводной сети подключены радиопередающие устройства (датчики, детекторы и т.п.). Обеспечение покрытия радиосетью и устойчивость к помехам осуществляются благодаря передаче одного сигнала несколько раз, использованию нескольких каналов частот для передачи, а также алгоритмам квитиования сигналов, режимам автосмены частот. Применением этих алгоритмов оценивается надежность работы системы и реализация дистанционного запуска исполнительных устройств при помощи двухсторонней радиосвязи.

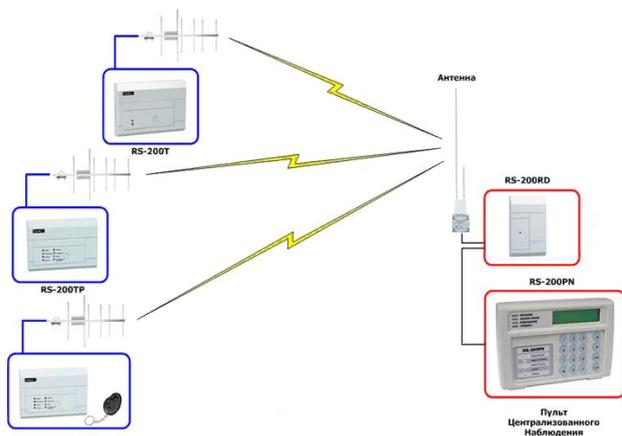


Рис. 1. Одноуровневая радиоканальная система безопасности

Радиоканал обеспечивает дистанционное управление системой безопасности, возможность быстрого подключения нового оборудования и расширения системы благодаря отсутствию необходимости монтировать кабель. Радиоканал должен работать на лицензионных частотах и обеспечивать высокую скорость передачи сигнала. При работе на нелицензированных частотах 433, 868, 2400 МГц обеспечивается ограниченная дальность передачи (до 10-20 метров).

Многоуровневая радиоканальная система состоит из нескольких радиоприемных устройств, которые объединены в единую структуру (рис. 2). Система позволяет обеспечить работу различных по функционированию устройств (системы пожарной охраны, автоматики, инженерных систем, видеонаблюдения) в единую систему.

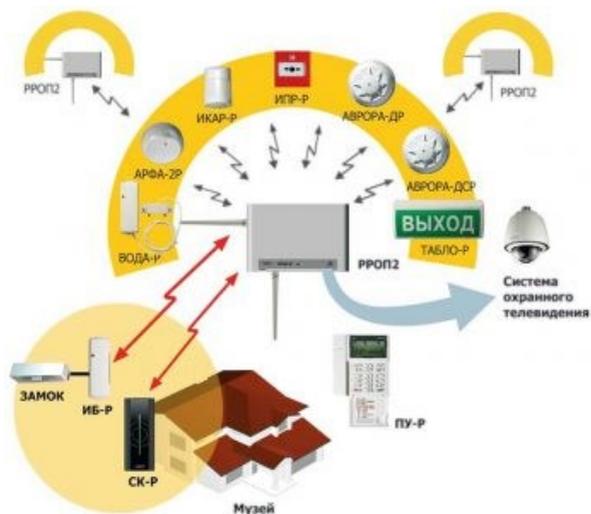


Рис. 2. Структура многоуровневой радиоканальной системы

Таким образом, радиоканал позволяет обеспечить надежную работу, гибкость построения системы безопасности как при одноуровневых вариантах таких систем, так и централизованное управление при многоуровневых системах, а также выполнять монтаж систем безопасности в короткие сроки, исключая необходимость проводить кабельные линии связи.

Высокая надежность работы радиоканала можно реализовать только при использовании двухсторонней связи и адаптации к внешним воздействиям и изменениям условий передачи сигнала.

Список литературы

1. Мялянов, В. С. Мир связи: учеб. пособие / В. С. Мялянов. – Спб.: Наука и техника, 2012. – 214 с.
2. Андрусенко, С. И. Интегрированные системы безопасности на крупных объектах / С. И. Андрусенко // Все о вашей безопасности. – 2011. – № 2. – С.67-73.
3. Гуменюк, А. Д. Основы электроники, радиотехники и связи: учебное пособие для вузов / А. Д. Гуменюк. – М.: РиС, 2015. – 480 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Шагин Д. Е. Разработка технологии получения тонких пленок ZnO с фиксированным значением комплексной диэлектрической проницаемости	4
Широкова К. Н., Семенова А. В., Москвина А. Е. Эффективность совместного применения экзоскелета и функциональной электростимуляции	8
Трушкова О. А. Определение оптимальной полосы частот устойчивой радиосвязи систем спутниковой связи с учетом географического фактора	10
Смирнов А. Н. Сложные сигналы в оптической рефлектометрии	13
Шаронов Д. Е., Ишкаев Т. М. Исследование частотно-селективных поверхностей с прямоугольными нагруженными резисторами структурами	15
Тришина Е. В. Исследование влияния времени напыления на оптические свойства тонких пленок ZnO	18
Макарова Д. Г. Алгоритм определения битовых ошибок и анализ влияния фазового дрожания на уровень битовых ошибок.....	22
Суслова А. М. Сравнительный анализ методов медицинской диагностики.....	24
Филареева И. Д., Чикляев Н. А. Анализ потребительских свойств изделий из древесины, факторов, влияющих на их снижение, и способ устранения негативного влияния.....	27
Чикляев Н. А., Филареева И. Д. Вариант интеграции Y-подобного делителя мощности в диаграммообразующую схему СВЧ-установки для санитарной обработки древесины.....	30
Таратин И. А. Робот для логопедического развития речи у дошкольников	32
Конкин Н. А. Программный комплекс автоматизированного построения электронных карт полос когерентности ионосферных радиоканалов	33
Пянькина И. А. Аппаратно-программный комплекс для дальней КВ-связи (передающая часть)	37
Антропов Д. Н. Программно-аппаратный комплекс для оценки влияния геомагнитных условий на качество работы трансionoсферного канала	40

Семёнова А. В., Москвина А. Е., Широкова К. Н. Разработка устройства функциональной электростимуляции и электромиографии в составе экзоскелета	42
Москвина А. Е., Широкова К. Н., Семенова А. В. Применение функциональной электростимуляции совместно с электромиографией	45
Никулина А. Ю., Глазырин А. Е. Современные способы и методы профессиональной подготовки сотрудников силовых органов Российской Федерации.....	48
Качушкин М. Н. Модель сфокусированной акустической системы	51
Акулинин Д. М. Математическая модель антенной решетки, сфокусированной в зоне ближнего излученного поля и функционирующей в диссипативных средах	54
Королев Н. Н. Микроволновый технологический комплекс сушки сыпучих материалов.....	56
Юлушева А. И. Математическая модель пространственного распределения разностного типа для антенных решеток, сфокусированных в зоне ближнего излученного поля	58
Стрельников А. А., Шомин Е. И. Определение основных проблем работы систем декаметрового диапазона	61
Маришова А. М. Реализация математической модели некогерентной антенной решётки, сфокусированной по широкополосному сигналу	63
Павленко Д. В. Разработка метода повышения параметров электромагнитной совместимости для группы РЭС, установленных на одном объекте, с использованием координатной сетки	67
Кушаков Х. Б. угли Аппаратно-программный комплекс для дальней КВ-связи (приемная часть)	69
Кошаева Е. П. Варианты топологии при построении атмосферных оптических линий связи.....	72
Ким О. А. Варианты построения сети WiMAX.....	75
Муратов Э. И. Аппаратно-программный комплекс тестирования скорости и точности двигательных действий.....	77

Назарова М. С. Аппаратно-программный комплекс для определения функционального состояния человека	80
Кугергина А. Ю. Анализ способов оценки концентрации внимания	85
Кушназаров А. А. Беспроводные сети 5G	88
Белов Р. А. К вопросу об исследовании точности зрительно-моторного слежения оператора в условиях виртуальной реальности	92
Смышляев С. А. Аппаратная реализация автоматической системы динамического контроля окружающего освещения в офисном помещении	95
Харитонова Н. А. Проектирование беспроводной сети кампуса Ярославского государственного технического университета	99
Перцев Д. А. Разработка и исследование системы автоматического управления лодочным электрическим мотор-генератором	102
Кузнецов Э. О. Исследование электрической активности мозга оператора подвижного объекта под влиянием перегрузок	105
Алмазбеков К. А. Разработка технологии изготовления диэлектрических пленок	109
Скочилова И. В. Разработка способов и технических средств для профориентационной работы с выпускниками школ	112
Иванова Л. С. Разработка конструкции тонкопленочного датчика влажности воздуха ..	116
Гуляева Г. И. Основные элементы архитектуры пассивной оптической сети доступа PON	119
Тыртышный А. С. Перспективы исследования точности пространственного ориентирования человека в условиях дополненной реальности	121
Жимбоев М. М. угли Применение нанотехнологий в медицине	124
Попов Д. Ю. Изучение и выбор методов 3D-литографии для реализации на базе ПГТУ	126
Сипатдинов А. М. Методика контроля износа покрытий и установка для ее реализации	129
Каримов Р. Ф. Методы и проблемы автоматического краткосрочного прогнозирования	132

Жураева У. Б. кизи	
Анализ геомагнитной активности по данным 2017 года.....	134
Романов И. С.	
Применение искусственных нейронных сетей для повышения точности определения координат движущегося объекта с помощью глобальных навигационных спутниковых систем	137
Размахнин Н. В.	
Перспективы применения технологий виртуальной реальности в спортивной подготовке человека	139
Иванова М. С.	
Разработка способа определения содержания общего жира в пищевых продуктах на основе ЯМР-релаксации	143
Ишкаев Т. М., Шаронов Д. Е.	
Периодические структуры Брэгга в микрополосковых линиях передачи.....	146
Сипатдинов А. М., Семикин А. Д.	
Разработка прибора для исследования износостойкости покрытия, реализующего новый метод контроля износа	148
Гатауллина И. М.	
Особенности эксплуатации тепловых насосов для утилизации тепла сточных вод.....	150
Сиразов А. Ф.	
Двухдиапазонный метод контроля диэлектрической проницаемости НЧ- и СВЧ-диапазонов	153
Златорунский М. В.	
Аддитивные технологии в создании СВЧ-диэлектриков	155
Борисов И. К.	
Анализ конфигураций полосковых брэгговских СВЧ-датчиков	158
Кадыров Р. А.	
Разработка металлодиэлектрического прямоугольного волновода с микрополосковым возбуждением волны H ₂₀	160
Хохлов Д. К.	
Лабораторная установка для измерения характеристик СВЧ-устройств	164
Хомидов С. З.	
Влияние изменения полного электронного содержания на работу трансионосферных радиотехнических систем	167
Абдуллин Д. В.	
Разработка устройства экспресс-оценки температурного коэффициента сопротивления резисторов	169
Елсуков И. А.	
Система автоматического отопления жилых и административных зданий	172
Чернядьев А. В.	
Радиоканал в комплексных системах безопасности	175

Научное издание

ИНЖЕНЕРНЫЕ КАДРЫ – БУДУЩЕЕ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

Материалы IV Всероссийской
студенческой конференции

Йошкар-Ола, 20-23 ноября 2018 г.

Часть 3

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ, РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ ПРОРЫВНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ответственные за выпуск *П. А. Нехорошков, А. В. Зуев*
Редакторы *Л. С. Емельянова, П. Г. Павловская*
Компьютерная верстка *Е. В. Егошина*
Дизайн обложки *И. В. Малинкина*

Подписано в печать 14.12.2018. Формат 60×84^{1/16}.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 10,57.
Тираж 110 экз. Заказ № 7093.

Поволжский государственный технологический университет
424000 Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

Отпечатано в типографии ООО «Вертикаль»
424030 Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Мира, 21