



**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева**

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

**Материалы Всероссийской научно-технической конференции
15-18 мая 2018 г.**



САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
SAMARA UNIVERSITY

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева»

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ
И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ**

**Материалы Всероссийской научно-технической конференции
15-17 мая 2018 г.**

САМАРА
ОФОРТ

2018

УДК 621.396.6: 621.382

A43

A43 Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: материалы Всероссийской научно-технической конференции (г. Самара 15–17 мая 2018 г.) / Под. ред. А. И. Данилина. – Самара: ООО «Офорт», 2018. – 196 с. : ил.

ISBN 978-5-473-01191-3

Рассматриваются теоретические и практические вопросы проектирования и технологии современных устройств радиоэлектроники и телекоммуникаций. Приведены основные электрические и эксплуатационные характеристики устройств. Даны рекомендации по использованию разработанных устройств. Рассматриваются перспективы развития устройств радиоэлектроники и телекоммуникаций.

ISBN 978-5-473-01191-3

© «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», 2018
© Оформление. ООО «Офорт», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

<i>И.Л. Борисенков, Г.И. Леонович, А.И. Данилин, А.Ф. Федечев, Н.П. Козлов, С.В. Куприянов, С.В. Олешкевич</i> Особенности проектирования гибридных волоконно-оптических датчиков на основе внутриволоконных брэгговских решеток	9
<i>К.Е. Воронов</i> Микрометеороиды и частицы космического мусора как воздействующий фактор космического пространства. Измерение их параметров.....	15
<i>Д.В. Купер</i> Современные подходы к построению технологических сетей связи	22
<i>Г.И. Леонович, П.К. Кузнецов, В.В. Ермаков, П.Л. Токмак, В.Н. Захаров, А.Е. Лобах</i> Автономные многопараметрические сенсорные модули	24
<i>Д.А. Ворох, А.Н. Садыков</i> Активная радиочастотная идентификация и её перспективные направления развития и применения	26
<i>Д.А. Ворох, А.Н. Садыков</i> Устройство сбора и передачи данных на микроконтроллере. Программа управления.....	28
<i>Д.Р. Абдракипов, В.А. Глазунов</i> Особенности проектирования асинхронных адресных систем связи.....	30
<i>А.И. Попов, М.Ю. Маслов</i> Исследование и реализация методов подавления сигналов сети GSM.....	32
<i>А.Б.Алиев, В.А.Глазунов</i> Оптимизация структуры командных импульсно-временных сигналов в радиолинии управления подвижными объектами.....	34
<i>С.В. Жуков</i> Исследование влияния угла установки лопастей на формирование отраженного потока при контроле целостности несущего винта вертолёта.....	36
<i>А.Г. Ильин, Г.И. Ильин, В.С. Юнусова</i> Огибающая узкополосных шумов на выходе амплитудного детектора.....	38
<i>Е.С. Касимова</i> Разработка модели фильтра на пав для изделий функциональной электроники и получение выходных характеристик...	40
<i>Л.Ю. Королев</i> Применение управляющих компонентов для повышения точности навигации БПЛА.....	41

<i>А.И. Данилин, У.В. Бояркина, А.А. Грецов, С.А. Данилин</i> Математическая модель взаимодействия комбинированного преобразователя с шероховатой поверхностью.....	43
<i>Б.П. Подкопаев, И.В. Быстрова</i> Локализация ошибок в сетях из цифровых автоматов состояний.....	45
<i>И.В. Бочаров, И.Н. Козлова</i> Использование COMPONENT DESCRIPTION FORMAT для создания параметризованных моделей элементов в среде CADENCE VIRTUOSO.....	47
<i>У.В. Бояркина, А.А. Грецов, С.А. Данилин, Е.Ю. Власова</i> Экспериментальное исследование комбинированного оптоэлектронного-СВЧ преобразователя.....	48
<i>Д.А. Ворох, Я.А. Иванова</i> Применение вихретокового метода для решения задач дефектоскопии и структоскопии.....	50
<i>А.М. Телегин</i> Форма наведенного импульса с датчика высокоскоростных микрочастиц	54
<i>У.В. Бояркина, А.А. Грецов, С.А. Данилин, Е.Е. Дудкина</i> Метрологическая оценка комбинированного преобразователя деформационного состояния лопаток турбоагрегата.....	56
<i>Б.В. Плеханов, Ю.Ф. Широков</i> Исследование методов селекции движущихся целей в радиолокаторах с синтезированной апертурой антенны.....	58
<i>А.А. Асадова, А.М. Телегин</i> Расчет измерителя вектора скорости.....	59
<i>С.В. Жуков</i> Особенности расположения несущих винтов вертолетов и бесконтактного контроля их целостности.....	60
<i>А.И. Данилин, В.В. Неверов</i> Особенности расчета весовых коэффициентов для отраженных от контролируемой поверхности лучей.....	63
<i>Г.И. Леонович, В.Н. Захаров, Лобах А.Е.</i> Волоконно-оптический датчик напряженности постоянного электрического поля.....	65
<i>А.И. Данилин, В.В. Неверов</i> Погрешности математической модели взаимодействия первичного СВЧ преобразователя с поверхностью объекта контроля.....	67
<i>И.А. Попельнюк, А.М. Гареев</i> Математическая модель фотоэлектрического преобразователя для оценки чистоты рабочих жидкостей гидравлических систем.....	69
<i>С.А. Куликов, В.А. Днищенко</i> Применение ГИР для построения пассивного компьютерного манипулятора.....	71
<i>Н.Ж. Есболов, Д.Л. Киселев, Г.И. Леонович</i> Оптимизация структуры цифровой системы связи с корректирующим кодированием.....	74
<i>Т.Ж. Ильясов, С.А. Маркелов</i> Исследование радиотехнических методов обнаружения линз воды под дорожным покрытием.....	76
<i>А.Д. Комов</i> Исследование принципов построения современных широкополосных радиосистем формата DRM.....	78

<i>У.В. Бояркина, А.А. Грецов, С.А. Данилин, С.В. Жуков</i>	
Комбинированный преобразователь для определения смещения оси закрутки лопаток турбоагрегата.....	80
<i>С.А. Данилин, А.А. Грецов, У.В. Бояркина</i> Дискретно-фазовый оптоэлектронный метод контроля профиля пера лопаток турбомашин...	82
<i>С.А. Данилин, А.А. Грецов, А.Ж. Чернявский</i> Дискретно-фазовый оптоэлектронный метод контроля цилиндричности.....	84
<i>Ф.Н. Мирсаитов, В.В. Болознев</i> Передаточная характеристика свч вибродатчика газотурбинного двигателя.....	86
<i>Р.Ю. Лефаров, С.А. Данилин</i> Обзор методов определения микронеровностей поверхности.....	88
<i>Р.Ю. Лефаров, С.А. Данилин</i> Оптоэлектронная система контроля геометрии лопаток газотурбинных двигателей.....	90
<i>А.Ж. Чернявский, С.А. Данилин, Е.Е. Дудкина</i> Экспериментальное исследование метода определения параметров колебаний лопаток, основанного на нелинейной аппроксимации сигналов первичных преобразователей.....	92
<i>В.В. Иванов, В.А. Губинский</i> Математическая модель магнитного поля земли для анализа погрешностей геомагнитного навигатора.....	94
<i>В.Я. Николаева, А.П. Трофимов</i> Экспериментальные исследования подавления блокирующей помехи от собственного передатчика совмещенного ДКМВ радицентра с использованием комплекса поляризационно-избирательного радиоприема.....	96
<i>Ю.В. Самойлов, О.А. Минаева</i> Методика определения границ трехмерной доминантной области многолучевости радиолиний с частично подавленным каналом прямой видимости.....	98
<i>Д.Н. Новомейский</i> Анализ электродинамической модели факельного разряда.....	100
<i>В.К. Орлов, В.С. Рамаданов</i> Комплексование БИНС с измерителями взаимных дальностей в задачах межсамолетной навигации.....	102
<i>В.В. Неверов, А.Д. Судаков</i> Преимущества радиоволновых методов контроля.....	104

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ РЭС

<i>А.А. Ерилкин, А.Г. Саноян</i> Разработка оптического датчика изгиба.....	106
<i>М.И. Зарецкая, И.С. Зарецкий</i> Математическое моделирование движения вязкой жидкости в автоматической системе нанесения покрытий на внутреннюю поверхность трубы.....	107

<i>В.А. Зеленский, Д.Н. Овакимян, А.С. Автаев, Н.Е. Нуржсауов</i> Моделирование тепловых процессов бортового модуля анализа видеоданных	109
<i>С.С. Серпуховитов, Д.Н. Овакимян, В.А. Зеленский, Р.М. Мирзоев</i> Анализ инерциальных микроэлектромеханических компонентов с целью улучшения параметров автономной навигации малых БПЛА.....	111
<i>Д.А. Ворох, А.И. Данилин</i> Экспериментальное исследование азотированного образца вихретоковым методом.....	113
<i>К.Н. Тукмаков, В.Д. Паранин, А.К. Агибаева</i> Формирование прозрачных проводящих электродов из оксида индия – олова.....	114
<i>В.Д. Паранин, А.К. Агибаева</i> Экспериментальное исследование электрооптического модулятора лазерного излучения.....	116
<i>Захаров Р.С., Паришина А.В.</i> Проблемы унификации оборудования систем контроля заправки современных ракет-носителей.....	118
<i>Н.М. Ондырбаев, В.А. Колтаков</i> Моделирование механизмов травления частицами низкотемпературной плазмы диоксида кремния...	120
<i>Д.Б. Скворцов, Д.Р. Таипова</i> Метод автоматического определения частоты ядерного магнитного резонанса в устройствах электромагнитной модификации топлива.....	122
<i>А.Н. Муравьев</i> Интернет сервисы для разработки электронных схем.....	124
<i>А.С. Рахимбеков, А.М.Телегин</i> Малый космический аппарат для контроля поверхности МКС.....	126
<i>А.С. Рахимбеков, А.М.Телегин</i> Состав малого космического аппарата для наблюдения и анализа дефектов.....	126
<i>Б.В. Скворцов, Д.Б.Скворцов, Д.М. Живоносная</i> Ядерный магнитный резонанс как средство модификации вещества	128
<i>Е.Д. Килин</i> Моделирование работы планарного времяпролетного анализатора в режиме резонансной сепарации масс.....	130
<i>Е.Е. Жуманов, К.Е. Воронов</i> Техногенные источники газовой составляющей СВА МКС и ее влияние на конструктивные элементы и приборы радиотехнического комплекса.....	132
<i>А.А. Блинов, К.Е. Воронов</i> Воздействие высокоскоростных микрочастиц на поверхность космических аппаратов. Измерение параметров микрочастиц с помощью многослойного датчика.....	134
<i>А.А. Козлова, М.П. Калаев</i> Исследование воздействия микрометеоритов на солнечные батареи космического аппарата.....	136
<i>Н. Д. Елесин</i> Модель для пороговой неустойчивости напряжения в тонкопленочном транзисторе на основе нанокристаллического кремния.....	138
<i>А.Ю. Каманин, А.В. Ермохин, А.А. Амелчук, В.А. Сливков</i> Разработка виртуальных лабораторных стендов для изучения свойств полупроводников.....	139

<i>В.С. Котельников, М.П. Калаев</i> Исследование изменений показателей деградации терморегулирующих покрытий на борту космического аппарата.....	141
<i>А.В. Паршина, А.А. Пирогова</i> Применение системы акустического зондирования жидких сред с донным размещением датчика.....	143
<i>Е.В. Котмышев</i> Исследование фазотемпературной характеристики телекоммуникационного оптического волокна в широком диапазоне температур.....	145
<i>В.А. Авдеев, К. Е. Воронов</i> Расчет концентрации молекул воздуха в зоне утечки из герметизированного модуля космической станции.....	147
<i>А. С. Афанасьева</i> Моделирование процесса электроосаждения методом вероятностных клеточных автоматов.....	149
<i>А. В. Еремин</i> Моделирование нанообъемов газовых смесей вблизи фазовых переходов методом молекулярной динамики.....	150
<i>П.В. Иванов</i> Постановка задачи совершенствования технологического процесса технического обслуживания метеонавигационного радиовысотомера А-053.....	152
<i>Д.А. Новиков</i> Постановка задачи совершенствования технологического процесса технического обслуживания приемопередатчика VHF-4000.....	153
<i>Г.А. Лахтер</i> Разработка концепции электронного регламента технического обслуживания радионавигационного оборудования воздушных судов.....	155
<i>Д.В. Попов</i> Постановка задачи совершенствования технологического процесса технического обслуживания метеонавигационной радиолокационной станции «БУРАН – А».....	156
<i>С.Э. Валиев</i> Постановка задачи совершенствования технологического процесса технического обслуживания системы КУРС-МП 70.....	158
<i>А.Д. Судаков</i> Постановка задачи совершенствования технологического процесса технического обслуживания самолётного ответчика 6202р-1.....	159
<i>А. П. Быков, А. В. Наседкин, С. В. Андросов</i> Применение метода вибрационного снятия остаточных напряжений с использованием электродинамического вибростенда.....	161
<i>Д.А. Горбунов</i> Математическое моделирование лазерной подгонки пленочных резисторов.....	163
<i>Д.П. Михайлов</i> Обработка результатов первичной аттестации контрольной аппаратуры.....	164
<i>А.В. Иванов</i> Анализ результатов исследовательских испытаний паяных соединений электронных модулей.....	166
<i>В.А. Маклашов</i> Методы подавления помех на входе приемников САП... ..	168
<i>Р.О. Мишанов</i> Оценка прогнозных моделей КМОП ИМС с помощью методов кластерного анализа.....	169

<i>Д.В. Столбинский</i> Радиационная стойкость интегральных микросхем	170
<i>С.В. Тюлевин</i> Оптимизация контроля качества электронных узлов на основе экспертных оценок	172
<i>Н.Г. Чернобровин, М.Н. Пиганов</i> Повышение достоверности автоматизированной отбраковки мощных транзисторов	173
<i>Д.И. Шашков, В.А. Маклашов</i> Разработка коммутатора принимаемых сигналов	175
<i>В.Р. Шнейдмиллер</i> Дефекты и анализ печатных плат	176
<i>А.Н. Нурматов</i> Постановка задачи совершенствования технологического процесса технического обслуживания радиокомпаса АРК-15	177
<i>В.С. Павельев, М. В. Горшков, А. С. Москаленко</i> Влияние переменного электрического поля на выравнивание малеимид-функционализированных УНТ	179
<i>Е. Пантелей, А.В. Архипов</i> Моделирование процесса роста тонких проводящих пленок	181

ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА В РАДИОЭЛЕКТРОНИКЕ.

БИОМЕДИЦИНСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

<i>В.Н. Гришианов, П.А. Лебедев, И.В. Малов, Е.С. Пиеницына, К.В. Черепанов</i> Диагностический флуориметр с импульсным возбуждением и его применение в офтальмологии	183
<i>А.Е. Коновалова, М.В. Комарова</i> Оценка сходимости и воспроизводимости процесса неинвазивного измерения гемоглобина	185
<i>Б.В. Скворцов, А.А. Косарева, П.А. Живоносковский</i> Очки для корректировки зрения при частичном поражении сетчатки глаза	186
<i>А. А. Владимирова, Д. В. Корнилин</i> Система сбора данных и управления биомодуля наноспутника	188
<i>Е.Ю. Старостина, Д. В. Корнилин</i> Устройство управления оптоволоконным пробником для оптического когерентного томографа	190
<i>К.А. Минаева, Д. В. Корнилин</i> Реализация аналоговой части флуориметра на основе микросхемы ANADIGM	192
<i>И.Р. Нигматулин, В.Н.Гришианов</i> Панорамный флуориметр	194

РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

УДК 621.389:681.2

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИБРИДНЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ НА ОСНОВЕ ВНУТРИВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК

И.Л. Борисенков¹, Г.И. Леонович¹, А.И. Данилин², А.Ф. Федечев², Н.П.
Козлов², С.В. Куприянов¹, С.В. Олешкевич³

¹ Секция прикладных проблем при Президиуме РАН, г. Самара
Самарский университет, г. Самара

³ АО «Самарский электромеханический завод», г. Самара

Волоконно-оптические сенсорные структуры - FOSS (Fiber Optic Sensory Structures) – одно из наиболее перспективных направлений в измерительной технике. К ним относят сенсорные сети из датчиков на волоконных брэгговских решетках (ВБР), которые получают широкое распространение в системах телекоммуникации, изделиях аэрокосмической промышленности, энергетике, строительстве и др. Структура содержит до нескольких сотен датчиков на оптический канал и выполняет измерения с разрешением до единиц метров на расстоянии до 100 км с частотой 5000 и более отсчетов в секунду, что на два-три порядка превышает производительность оптоволоконных ИИС, построенных на аттенуаторном принципе. Наиболее известные производители FOSS: Fiber SenSys Inc.(США), Remsdaq (Англия), Future Fibre Technologies (Австралия), TSS (Израиль) и др. Недостатком всех известных FOSS является ограниченное число измеряемых величин - деформация, температура, вес, давление, малые перемещения и вибрация, которые не в полной мере обеспечивают требуемый объем информации. Кроме того, они не позволяют оценивать изменение физических и химических свойств конструкционных материалов при аварийных ситуациях, связанных с пожаром, утечкой химических веществ, нарушения систем радиационной защиты на АЭС и т.п. [1-3]

В связи с необходимостью существенного увеличения контролируемых параметров и возрастанием роли защищенных физических каналов для сбора и передачи измерительной информации зарубежные специалисты основные успехи в области построения и практического внедрения FOSS связывают с сочетанием беспроводных и

волоконно-оптических технологий. Например, для акустических измерений разработан распределенный пассивный акустический сенсор (Distributed Acoustic Sensing, DAS), который содержит стандартное оптоволокно G.652 и позволяет обнаруживать вибрацию грунта на расстоянии до нескольких десятков километров вдоль оптического кабеля. Информация с датчиков собирается посредством волоконно-оптической сети и передается на удаленный АРМ по защищенному радиоканалам. Система пассивного акустического обнаружения типа Stevens Passive Acoustic Detection System/Spades (Голландия) содержит набор гидрофонов, которые могут соединяться посредством оптоволокнуа и способны обнаружить малые НПА и отдельных водолазов на дистанциях до 120 метров. Информация через радиобуи передается на борт судна, КА или ЛА [1-3].

Результаты теоретических и экспериментальных исследований, в том числе проводимых в СНИУ, дают основание предполагать о новых возможностях FOSS на гибридных ВБР датчиках, определяемых расширением перечня измеряемых физических и химических величин. В основу большинства таких датчиков положена регулярная короткопериодическая решетка, чувствительная к температуре T и контактным деформирующим воздействиям ε (рис. 1).

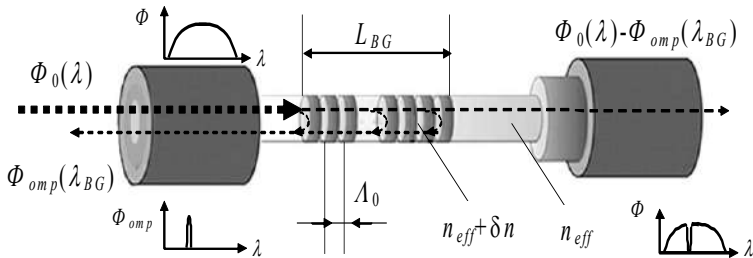


Рисунок 1 - Структура ВБР (с защищенным сенсорным участком ОВ)

ВБР представляет собой участок ОВ длиной $L_{BG}=1,0-10,0$ мм, в котором эффективный показатель преломления основной моды n_{eff} промодулирован в продольном направлении с пространственным периодом $\Lambda_0=300-600$ нм и глубиной модуляции $\delta n \approx 10^{-4}$. Связь между относительным изменением длины брэгговской волны ($\lambda_{BG} = 2n_{eff}\Lambda$), изменением температуры ΔT , осевой деформацией $\varepsilon = \Delta L_{BG}/L_{BG}$ и изменением показателя преломления определяется как [4]

$$\frac{\Delta \lambda_{BG}}{\lambda_{BG}} = \delta \lambda_{BG} = (1 - p_e) \varepsilon + (\alpha_\Lambda + \alpha_n) \Delta T, \quad (1)$$

где p_e – редуцированный деформационно-оптический коэффициент первого порядка; α_A – коэффициент температурного расширения ОВ; α_n – температурно-оптический коэффициент преломления.

Построенные на основе ВБР гибридные датчики содержат дополнительную сенсорно-актюаторную структуру (САС), тем или иным образом сопряженную с сенсорным участком ОВ L_f . САС может быть выполнена в форме пластины, тела сложной конфигурации или пленочного покрытия из материала со стрикционным или иным динамическим эффектом. Функции САС может исполнять также резервуар (кювета) с жидкой или газообразной средой и др. [5]. На рис. 2 показаны некоторые варианты сопряжения ОВ и САС: а) - покрытие на зачищенном сенсорном участке ОВ; б) - кольцевой электрет, закрепленный на ОВ с тонкопленочным защитным покрытием на сенсорном участке; в) – два кольцевых магнита, один в свободном перемещении, другой закреплен на ОВ с восстановленным покрытием на сенсорном участке; г) – стрикционная пластина с частично восстановленным покрытием. Длина L_f сенсорного участка ОВ определяется выбранным способом измерения и конструкцией САС.

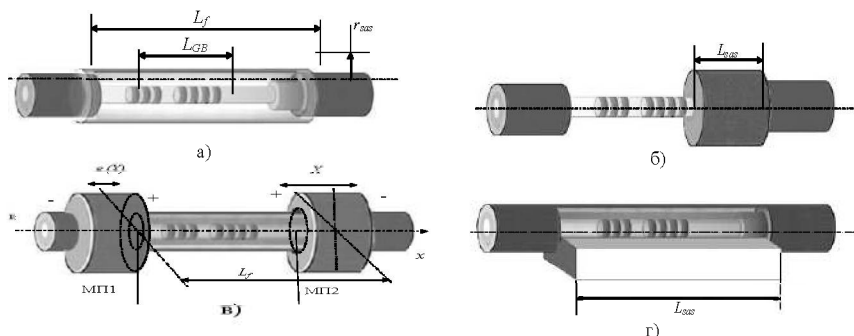


Рисунок 2 - Варианты сопряжения САС и ВБР

Способы и материалы для формирования и крепления САС к ОВ и, при необходимости, САС к измеряемому объекту, также могут быть разными. Наибольшее распространение получили датчики с пленочными покрытиями, с твердотельными и пластичными САС, как отдельными элементами, фиксируемыми на ОВ посредством клеевых соединений. При выборе клея необходимо учитывать модуль упругости и толщину затвердевшей массы, которые определяют влияние клеевого слоя на чувствительность, статическую и динамическую погрешности гибридного датчика.

Некоторые из материалов для САС представлены в таблице 1. При этом показано, что измерение какой-либо величины может применяться

для измерения различных видов перемещений, коррозии, параметров электрических цепей и др. при проектировании FOSS и автономных сенсорных модулей. Ведущие фирмы, активно работающие в данном направлении: Micron Optics (США), FBGS International (Бельгия), AFW Technologies (Австралия), FiberSensing (Португалия), Shenzhen Fiberlake Technology (Китай), АО «Инверсия-Сенсор», НЦВО «Фотоника», «Нева Технолоджи» и др.

Таблица 1 - Материалы для САС ГВБР

№п/	Материалы	Измеряемая величина	
		Базовая	Дополнительные
1	Магнитострикционные материалы, постоянные магниты	Напряженность постоянного и переменного магнитного поля	Глубина коррозии металла, вибрация, скорость и величина углового и линейного перемещения, расход жидкостей и газов, параметры трансформаторов и катушек индуктивности
2	Электрострикционные материалы, электреты	Постоянное и переменное электрическое поле	Вибрация, скорость и величина углового и линейного перемещения, расход жидкостей и газов, параметры конденсаторов
3	Акусточувствительные материалы	Акустическое поле	Вибрация, скорость и величина пространственного перемещения
4	Пористые материалы с избирательной чувствительностью к химическим веществам	Наличие и концентрация химического вещества	Расход и динамика изменения концентрации жидкостей и газов в замкнутом и открытом пространстве.
5	Полимеры, чувствительные к воздействию химических веществ	Наличие и концентрация химического вещества	Расход и динамика изменения концентрации жидкостей и газов в замкнутом и открытом пространстве.

В последние годы появились публикации научных статей, в которых на основе математических моделей деформации оптоволокна разной сложности обсуждаются возможности создания новых типов датчиков на ВБР, а также влияние различных факторов на их работу [6-8]. Главным недостатком всех перечисленных работ является отсутствие последовательной математической модели деформации сенсорного участка

оптоволокна. Авторами предложен новый подход к моделированию ОВ с привязкой к способу сопряжения с САС. В качестве примера ниже приведен вариант, соответствующий рис. 2г.

Решается краевая задача о равновесии бесконечного цилиндра радиуса R , нагруженного по участку боковой поверхности. Пусть нормальное сечение цилиндра занимает область $-\infty < z < \infty$, $-0 \leq r \leq R$ (рис. 3).

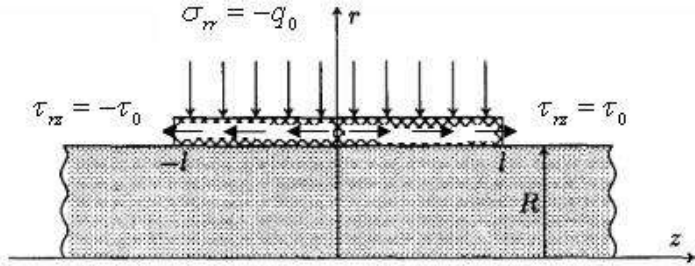


Рисунок 3 – Контактное одностороннее воздействие САС на ОВ

Деформированное состояние характеризуется следующими соотношениями:

$$\varepsilon_{rr} = \frac{\partial u}{\partial r}, \quad \varepsilon_{\varphi\varphi} = \frac{u}{r}, \quad \varepsilon_{zz} = \frac{\partial w}{\partial z}, \quad \varepsilon_{z\varphi} = 0, \quad \varepsilon_{r\varphi} = 0, \quad \varepsilon_{rz} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial r} \right), \quad (2)$$

а напряженное состояние описывается зависимостями:

$$\sigma_{rr} = 2\mu\varepsilon_{rr} + \lambda e, \quad \sigma_{\varphi\varphi} = 2\mu\varepsilon_{\varphi\varphi} + \lambda e, \quad \sigma_{zz} = 2\mu\varepsilon_{zz} + \lambda e, \quad \tau_{rz} = 2\mu\varepsilon_{rz}, \\ \tau_{r\varphi} = 0, \quad \tau_{z\varphi} = 0, \quad e = \varepsilon_{rr} + \varepsilon_{\varphi\varphi} + \varepsilon_{zz}, \quad (3)$$

где u, w - компоненты вектора перемещения точек цилиндра при его нагружении по осям r и z , соответственно; $\varepsilon_{rr}, \varepsilon_{\varphi\varphi}, \varepsilon_{zz}, \varepsilon_{z\varphi}, \varepsilon_{r\varphi}, \varepsilon_{rz}$ - элементы тензора деформаций; $\sigma_{rr}, \sigma_{\varphi\varphi}, \sigma_{zz}, \tau_{z\varphi}, \tau_{r\varphi}, \tau_{rz}$ - элементы тензора напряжений; λ, μ - коэффициенты Ламе.

После определения условий равновесия и разделения вектора воздействия на касательную и радиальную составляющие выражения для u , w и e определяются в форме интегралов Фурье.

Численная оценка полученных результатов показала, что при деформации оптоволокна в условиях рассмотренной механической задачи поверхности неоднородностей показателя преломления, определяющие параметры ВБР, смещаются на разные расстояния в зависимости от положения и существенно изменяют свою форму. Оба эти фактора приводят к тому, что спектральная полоса отраженного такой решеткой света уширяется, а максимум ее смещается по отношению к максимуму отражения идеализируемой (т.е. эквидистантно-деформируемой) решетки.

Это позволяет в 1,3-1,7 раза точнее оценить сопоставимость результатов численного и натурального экспериментов.

Аналогичный подход применен при построении моделей для вариантов, показанных на рис. 2а-в. Полученные точные решения охватывают достаточно широкий круг практически важных задач, а также могут быть использованы в качестве нулевого приближения в теории возмущений. Разработанные модели дают возможность с высокой степенью точности оценить ключевые параметры при поиске новых материалов с заданными упругими характеристиками для чувствительных элементов при проектировании перспективных гибридных датчиков на ББР.

Список использованных источников

1. Fiber Optic Sensing System (FOSS) monitors multiple critical parameters in real time. URL: <https://www.nasa.gov/offices/ipp/centers/dfrc/index.html> (дата обращения 5.04.2018).
2. *Kuo Li*. Review of the Strain Modulation Methods Used in Fiber Bragg Grating Sensors /Hindawi Publishing Corporation Journal of Sensors Volume 2016, Article ID 1284520, 8 pages. URL: <http://dx.doi.org/10.1155/2016/1284520> (дата обращения 5.04.2018).
3. *M. Yang*. Optical Fiber Sensors with Coatings as Sensitive Elements, Asia Communications and Photonics Conference, 2014, OSA Technical Digest (online) (Optical Society of America, 2014), paper AF11.1. URL: <https://www.osapublishing.org/abstract.cfm?URI=ACPC-2014-AF11.1> (дата обращения 5.04.2018).
4. *Leonovich G. I., Paranin V.D., Karpeev S.V.* Correction of parameters of fiber-optical systems on the basis of the magneto tunable gradient elements / CEUR Workshop Proceedings, Samara, 2015. No.V. 1490. P. 133-137.
5. *Ленонович Г.И., Олешкевич С.В.* Гибридные датчики на волоконно-оптических брэгговских решетках / Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 18, № 4(7), 2016, с. 1340-1345
6. *Mizutani Y., Groves R.M.* Multi-functional measurement using a single FBG sensor // Experimental Mechanics. 2011. Vol. 51. P. 1489.
7. *Schukar V., Kusche N., Kalinka G. et al.* Field deployable fiber Bragg grating strain patch for long-term stable health monitoring applications // Applied Sciences. 2013. Vol.3. P.39.
8. *Zhao H., Wang Q., Qiu Y. et al.* Strain transfer of surface-bonded fiber Bragg grating sensors for airship envelope structural health monitoring // Applied Physics Engineering. 2012.

УДК. 504.05

МИКРОМЕТЕОРОИДЫ И ЧАСТИЦЫ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА КАК ВОЗДЕЙСТВУЮЩИЙ ФАКТОР КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА. ИЗМЕРЕНИЕ ИХ ПАРАМЕТРОВ

К.Е. Воронов

Самарский университет, г. Самара

В настоящее время космические аппараты (КА) проектируются с учетом их длительного пребывания в космическом пространстве. При их проектировании закладываются типовые сроки функционирования длительностью 10 - 15 лет. Характерным условием является негерметичность их конструкции, широкое использование новых полимерных композиционных материалов. При этом все элементы конструкций таких аппаратов в процессе полета подвергаются влиянию факторов космического пространства.

Факторы космического пространства можно условно разделить на две группы: естественные и искусственные. [1]

К естественным факторам относятся естественные радиационные пояса Земли, галактические и солнечные космические лучи, космическая плазма, тепловое излучение Солнца, планет и космического пространства, метеориты (метеороиды), космический вакуум, электромагнитное излучение, электростатическое и магнитное поля.

К искусственным факторам относятся искусственные радиационные пояса Земли, невесомость, собственная внешняя атмосфера, замкнутый объем, космический мусор, акустика, вибрация, перегрузки, тепловое воздействие, аэрогазодинамические факторы.

Плотность потоков частиц космического мусора на околоземной орбите превышает потоки частиц естественного происхождения метеороидов.

К метеороидам относятся движущиеся в Солнечной системе тела с поперечными размерами от нескольких десятков метров до долей микрометра. Скорости метеорных тел относительно Земли лежат в интервале $\sim 10 - 70 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$ в зависимости от направления.

Частицы техногенного происхождения - космический мусор (КМ), образуются в процессе эксплуатации космической техники. Скорости взаимодействия с ними космических объектов могут лежать в диапазоне $\sim 0,1 - 16 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$.

Основной проблемой космического мусора является то, что объекты могут достаточно долго находиться на орбите. И если объекты с высотой орбиты менее 600 км за счет тормозящего эффекта атмосферы постепенно снижаются и сгорают (при высоте орбиты меньше 200 км — за несколько

дней, а при высоте от 200 до 600 км — до нескольких лет), то объекты с высокой орбиты более 800 км могут находиться на орбите столетиями.

При скоростях взаимодействия 20 км/с и 10 км/с, принятых, соответственно, для микрометеороидов и частиц космического мусора, даже если не наблюдается сквозное пробитие элемента, на поверхности материалов образуются кратеры, а при множественных ударах происходит эрозия поверхности и частично теряется масса материала.

В наибольшей степени страдают от такого воздействия различные оптические элементы: иллюминаторы космических кораблей, линзы приборов, зеркальные отражатели и т.п., а также элементы высоковольтного электротехнического и радиотехнического оборудования КА, в которых удары высокоскоростных частиц могут инициировать электрические пробои. [2]

Для прогнозирования воздействия метеороидов и частиц космического мусора на КА созданы программные и расчетные модели, описывающие закономерности движения твердой составляющей на околоземной орбите. Это стандарты космической среды (ГОСТ Р 25645.167-2005 ОСТ 134-1022-99), модели Грюна (Meteoroid Engineering model (MEM 2.1) и другие.

Последние десятилетия характеризуются значительным увеличением количества твердых частиц в околоземном пространстве. По данным А.Н. Назаренко, на работах которого основаны существующие Российские стандарты (например ГОСТ Р 25645.167-2005), приводится следующая оценка потоков КМ, результат показан на рисунке 1.

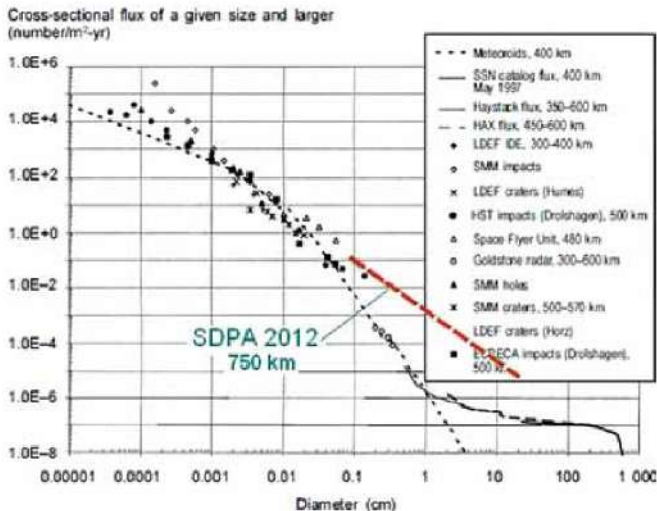


Рисунок 1 - Пример модели расчета воздействующих на КА потоков КМ

С увеличением срока функционирования космических аппаратов увеличивается как вероятность взаимодействия с частицами космического мусора, так и интегральное воздействие частиц микронного размера на материалы и элементы поверхности космического аппарата.

Уровень техногенного загрязнения ОКП меняется во времени, что приводит к необходимости отслеживать эти изменения. За последнее десятилетие произошел значительный скачок засоренности области низких околоземных орбит (НОО) (до 2000 км), связанный с двумя катастрофическими событиями:

1) преднамеренное разрушение китайского спутника Fengyun-1C 11.01.2007, в результате которого образовалось более 3000 каталогизированных объектов КМ;

2) столкновение американского действующего спутника связи Iridium 33 и российского неактивного КА Космос – 2251 10.02.2009 на высоте около 780 км, в результате которого образовалось более 2000 каталогизированных объектов КМ.

Для создания актуальной модели распределения и оценки воздействия, необходим большой объем исходной информации. Крупные космические объекты каталогизируются. Мониторинг частиц размером меньше сантиметра невозможен наземными средствами наблюдения. При этом, по высказываниям того же А.И. Назаренко [3], наблюдается недостаток в экспериментальных данных, и при создании моделей взаимодействия часто привлекается дополнительная (априорная) информация.

Поэтому разработка и изготовление специализированных бортовых измерительных комплексов для измерения параметров микрометеороидов и частиц КМ является актуальным. Особенно важны многоточечные измерения с использованием датчиков с большими чувствительными поверхностями, позволяющими существенно увеличить объем получаемой экспериментальной информации.

Анализ современного состояния космического приборостроения, направленного на исследование метеороидов и частиц космического мусора, показывает, что в настоящий момент времени наблюдается новый виток развития, обусловленный рядом причин:

1. Подтверждение реальности проблемы космического мусора, связанной с резким скачком концентрации частиц в результате разрушения двух спутников.

2. Быстрого развития техники и технологии, связанной с расширением вычислительных возможностей бортовых устройств и их микроминиатюризацией, появление возможности быстрого создания относительно недорогого устройства и проведение космического эксперимента.

3. Активное развитие университетской науки, основанной на возможности широкого использования созданного нового класса автономных космических устройств – наноспутников формата CubeSat. И, как результат, привлечение активной части молодых исследователей, поиск научных и научно-технических задач для созданного класса спутников. При этом наблюдается тенденция повторного создания устройств регистрации на относительно простом технологическом уровне с использованием доступных технологий (создание резистивных и пьезоэлектрических датчиков).

4. Широкое использование существующих программных продуктов, позволяющих проводить как моделирование сложных физических процессов в чувствительном элементе, так и создание электронных устройств управления, хранения, приема-передачи результатов измерения.

Следует отметить, что этот новый виток сопровождается не только значительной технологической разнообразностью, но и большим разбросом в подходах, используемых технологиях, средствах конструирования, что уже само по себе представляет интересный результат.

В институте космического приборостроения Самарского университета, в течение длительного промежутка времени, основной научной тематикой является исследование метеорного вещества, микрометеороидов и частиц космического мусора.

Целью ряда работ являлось создание многопараметрических преобразователей, основанных на совокупности физических эффектов и обеспечивающих максимальную чувствительность и информативность. В ходе работ проводились экспериментальные исследования с широким кругом чувствительных элементов - резистивными, люминесцентными, конденсаторными и комбинированными люминесцентно-конденсаторными датчиками, активно использовались тонкопленочные МДМ структуры в виде конденсаторных датчиков, были созданы комбинированные ионизационно-конденсаторные датчики.

Был проработан проект создания МКА научного назначения с большими площадями чувствительной поверхности для исследования распределения высокоскоростных микрометеороидов и частиц КМ на срезах высот.

Проводились работы по созданию фотоэлектрического датчика с малой чувствительной областью и стереоскопической системы регистрации низкоскоростных пылевых частиц собственной внешней атмосферы КА с расширенной зоной регистрации.

Из последних работ можно отметить экспериментальную отработку конструкций ионизационных, ионизационно-конденсаторных датчиков, предназначенных для регистрации микрометеороидов и частиц космического мусора. Ионизационные методы регистрации параметров микрочастиц обладают наивысшей чувствительностью, а создание

комбинированного датчика позволяет увеличить количество регистрируемых параметров и достоверность регистрации в целом. Примеры разработок приведены на рисунке 2.

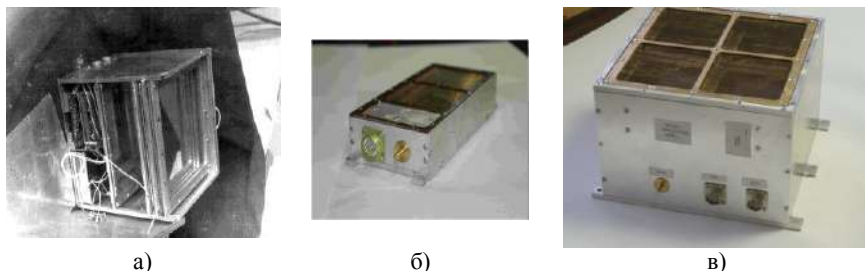


Рисунок 2 - а) - ионизационно-конденсаторный датчик, устанавливаемый на КА «Горизонт 41», «Горизонт 43», б) - ионизационный датчик «Метеор» МКА «АИСТ 1Л», «АИСТ 1Т», в) - научная аппаратура «Метеор-М» МКА «АИСТ 2Д»

Следующим примером научной аппаратуры (НА) является НА «ДЧ Оптика». Ее назначение - исследование процесса кратерообразования и пересадения продуктов собственной внешней атмосферы КА. В основе работы измерительного датчика лежит пространственно-угловой метод измерения индикатрисы рассеивания на кратере, возникшем в результате взаимодействия между высокоскоростной микрочастицей и оптическим элементом – оптическим стеклом. Образец приведен на рисунке 3а. Еще одним интересным примером разработки приборов для исследования элементного состава материала высокоскоростной частицы является пылеударный масс-спектрометр. Макет прибора показан на рисунке 3б.

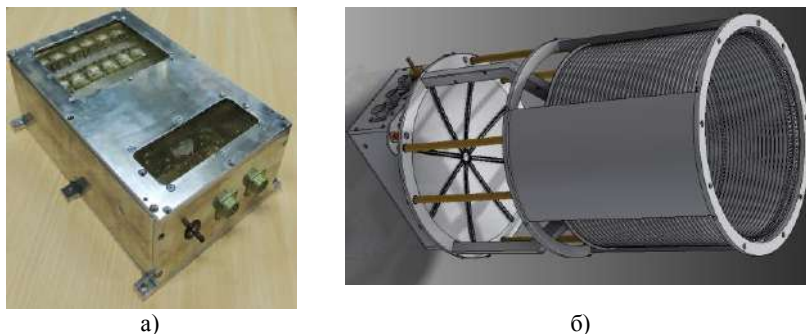
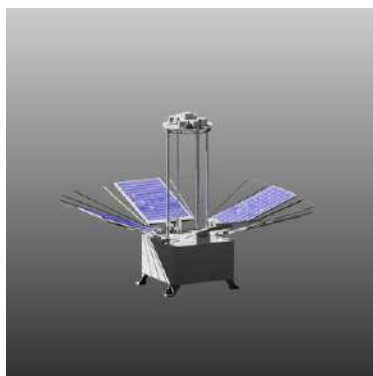
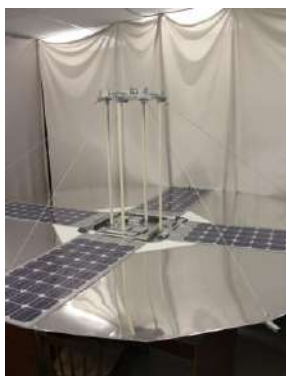


Рисунок 3 - а) НА «ДЧ Оптика», МКА «АИСТ 2Д»; б) макет пылеударного масс-спектрометра

Для увеличения информативности исследований предлагается использовать малый космического аппарата с большой площадью регистрирующей поверхности. По своей сути данный МКА является большим многопараметрическим детектором с собственной системой ориентации. Метод регистрации микрометеороидов и частиц космического мусора комбинированный и основан на регистрации ионного тока ударной плазмы, которая образуется при высокоскоростном соударении частицы с поверхностью секций солнечной батареи и конденсаторной МДМ структуры - пленки, натянутой между ними. На выносном основании (рисунок 4) размещены четыре микроканальные пластины, которые являются приёмником ионного тока. Сигналы со всех четырёх микроканальных пластин объединяются и обрабатываются в блоке управления.



а – модель



б – натурный макет

Рисунок 4 - МКА научного назначения

В наших планах на ближайшее время входит создание серии цифровых, функционально законченных датчиков, ориентированных на установку на наноспутники формата CubeSat. Разработка таких модулей позволит увеличить возможности проведения экспериментов на спутниках университетского уровня, выводимых в качестве попутного груза, расширит географию точек измерения и их количество. Модули будут комплектоваться встроенной системой определения пространственного положения для осуществления привязки результатов измерения к области пространства и времени.

Одним из таких проектов является создание многослойного резистивно-конденсаторного датчика на полубесконечной преграде. Датчик имеет слоистую структуру (рисунок 5а), состоящую из нанесенных на поверхность пленочных резисторов и одного или нескольких проводящих

слоев, которые образуют многообкладочный конденсатор – многослойную МДМ (металл-диэлектрик-металл) структуру. При высокоскоростном столкновении происходит разрыв пленочных резисторов и электрический пробой многослойного конденсатора. По глубине проникновения и диаметру кратера определяются параметры частицы. Реализация в формате CubeSat показана на рисунок 5б.

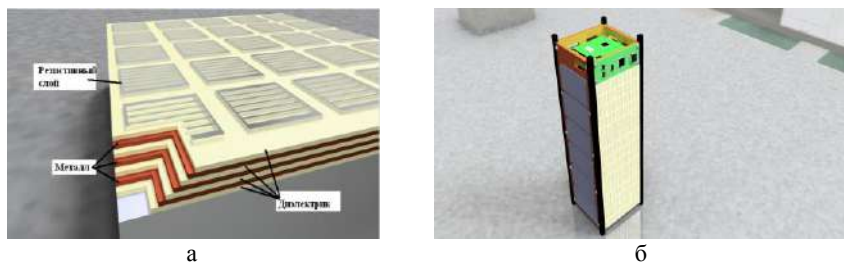


Рисунок 5 - Макет многослойного МДМ датчика и его установка на CubeSat

Другим вариантом является научная аппаратура «SPACE DUST (SD)». Она также предназначена для регистрации соударения высокоскоростных микрочастиц и ориентирована уже на малые космические аппараты.

НА состоит из блока электроники и блока датчиков (на рисунке 6 показан блок электроники и блок датчиков с двумя чувствительными поверхностями. Блок датчиков выполнен в виде многослойной МДМ структуры) и может быть модифицирован под размеры свободной поверхности космического аппарата, что позволяет обеспечить оптимальное размещение датчика на борту космического аппарата.

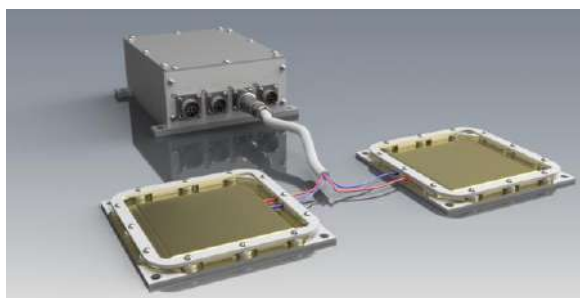


Рисунок 6 - Макет научной аппаратуры «SPACE DUST»

Список использованных источников

1. Проектирование испытательных стендов для экспериментальной отработки объектов ракетно-космической техники / А.Г. Галеев, Ю.В.

Захаров, В.П. Макаров, В.В. Родченко. – М.: Издательство МАИ, 2014. – 283 с.: ил.]

2. Исследование процессов образования кратеров в пластичных мишенях при высокоскоростном ударе. С.А. Бедняков, Л.С. Новиков, И.К. Ермолаев, Г.Г. Бондаренко, А.И.Гайдар, Е Ицун, Ван Либо.

3. Доклад "Актуальные вопросы моделирования техногенного загрязнения околоземного космического пространства." А.И. Назаренко. Центр космических наблюдений Росавиакосмоса.

УДК 621.396

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

Д.В. Купер

Филиал ФГУП НИИР – СОНИИР, г. Самара

Разработка и внедрение технологических сетей связи является одним из самых распространенных видов ОКР в практике отраслевых НИИ, КБ и проектных институтов. Основной причиной этого является стремительное развитие всех инфраструктур государства имеющее место в последние десятилетия [1]. Речь идет о росте объемов характеризующих процессы добычи, переработки и транспорта природных ресурсов, развитии и перевооружении высокотехнологичных производств, расширении транспортно-коммуникационной среды государства.

Традиционно принято считать, что технологические сети – практически замкнутые системы, имеющие ограниченное количество точек соприкосновения с системами связи общего назначения и, что весьма характерно, построенные на основе индивидуальных архитектурно-иерархических и тактико-технологических принципах, ориентированных на соответствие критериям качества конкретного заказчика [2].

Действительно, в настоящее время весьма затруднительным является формулирование единых правил построения таких систем, в силу принципиальной невозможности унификаций критериев качества функционирования, таких как, надежность, живучесть, резервируемость и реконфигурируемость, требующих для своей реализации, с учетом реальных условий функционирования, решений, зачастую весьма нетривиальных.

Однако, на современном этапе развития инфокоммуникаций, характеризующимся конвергенцией технологий и сервисов, унификацией протоколов и доминирующим характером идеологии широкополосного доступа, можно уверенно отметить ряд тенденций, которые однозначно позволяют констатировать то, что построение рассматриваемых систем уверенно выделяется в самостоятельную предметную область со своим,

пусть пока еще не вполне оформившимся методом. Так же становится возможным формирование классов архитектур, технологий и способов выхода во внешнее инфокоммуникационное пространство [3].

В настоящем докладе, на примере двух реализованных проектов с принципиально различными архитектурно-топологическими особенностями, но с сопоставимыми требованиями по качественным показателям функционирования прослеживаются ряд тенденций прямой и косвенной конвергенции технологий, которые позволят в перспективе создать методологическую основу для оптимального проектирования технологических сетей связи.

В качестве примера, имеющего преимущественно линейную топология рассматривается сеть производственно-технологической связи ОАО «Трансаммиак» - компании осуществляющей транспорт химической продукции на значительные расстояния.

Пример масштабного проекта объекта с локально-замкнутой топологией – комплекс технических средств цифровой системы передачи данных, развернутый на территории недавно введенного в эксплуатацию пассажирского терминала международного аэропорта «Курумоч».

Обе рассматриваемые реализации представляют по сути мультисервисные системы, предоставляющие весь спектр инфокоммуникационных сервисов, выполняющие дополнительно функциональные задачи сигнальных сетей. В докладе обосновывается целесообразность применения идеологии совмещенного функционала как с точки зрения соответствия сети заданным показателям качества, так и соображения технико-экономического характера.

В рамках доклада обсуждаются общие подходы к анализу состояния существующих систем и выбору оптимальных архитектурно-топологических решений. Рассматриваются подходы к выбору системы связи и разработке схем организации магистральной системы. Поясняются способы реализации сервисных услуг на базе выбранных технологий магистральной транспортной сети. Рассмотренные подходы и сформулированные положения трактуются как составные части единой методологии.

Список использованных источников

1. Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. Сети системы радиодоступа. Москва, Изд. «Экотрендз», 2005 г. – 379 с.
2. Бобков В.Ю., Вознюк М.А., Михайлов П.А. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование. СПбГУТ – Санкт-Петербург, 2000 г. – 196 с.
3. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003 – 1104 с.

АВТОНОМНЫЕ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ СЕНСОРНЫЕ МОДУЛИ

Леонович Г.И.¹, Кузнецов П.К.², Ермаков В.В.², Токмак П.Л.³,
Захаров В.Н.³, Лобах А.Е.³

¹ Секция прикладных проблем при Президиуме РАН, г. Самара

² Самарский государственный технический университет, г. Самара

³ Самарский университет, г. Самара

Одним из перспективных направлений в области систем удаленного мониторинга объектов и территорий (SCADA) является создание автономных измерительных устройств, включающих от нескольких единиц до нескольких десятков датчиков различных величин [1-3]. Причем, в одном устройстве (сенсорном модуле) могут функционировать датчики, как на едином для всех, так и на различных принципах действия. Такие модули могут длительное время работать в автономном режиме, выдавать информацию в реальном масштабе времени, через определенные интервалы или по запросу.

В качестве примера на рис. 1 приведен вариант структурной схемы автономного многопараметрического сенсорного модуля (АМСМ), который содержит пассивные датчики (ПД), не требующие питания, пассивные датчики с подпиткой (ПДП) от собственного источника питания (ИП), интеллектуальные датчики (пассивные - ИПД, с подпиткой – ИДП, генераторные - ИГД).

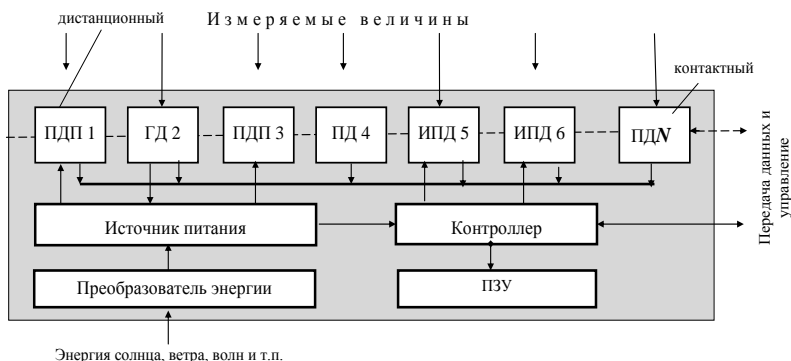


Рисунок 2 – Вариант структуры АМСМ

Датчики могут быть как контактными (чувствительный элемент сопряжен с измеряемым объектом), так и дистанционными (электромагнитные и акустические поля, спектр оптического сигнала).

Автономность модулей обеспечивается различными способами и техническими средствами. Например, если в состав модуля входят только пассивные неуправляемые датчики без подпитки, то возможно полное или частичное исключение источника питания, контроллера и ПЗУ. Если в модуль входят датчики генераторного типа, то некоторые из них (например, датчик скорости ветра или течения жидкости) могут использоваться для подзарядки источника питания или непосредственно других ПДП. К модулю может прилагаться модем или интерфейс, соответствующий физическому каналу (радио, оптический, волоконно-оптический, проводной) и используемому протоколу передачи информации (Modbus, Ethernet, CAN, HART, PROFIBUS и др.)

Такие модули могут применяться, например, при комплексном физико-химическом мониторинге окружающей среды и спектральном анализе оптических сигналов как на удалении, так и в непосредственной близости к измеряемому объекту. Авторами разработаны структура и принцип действия нескольких вариантов модулей - анализаторов спектра на внутриволоконных брэгговских решетках (ВБР). В пассивном анализаторе-идентификаторе искомого вещества ВБР изначально настроены на заданные длины волн. В анализаторе на ПДП длины волн ВБР могут изменяться и подстраиваться посредством гибридных датчиков по алгоритму, обеспечивающему мониторинг среды на наличие нескольких веществ [4]. Особенностью таких анализаторов является простота конструкции и алгоритма функционирования, высокая надежность и скорость передачи и обработки данных в жестких условиях эксплуатации.

Предложенные модули могут получить широкое применение при мониторинге скважин, шахт, подводных, подземных и иных труднодоступных объектов. Выбор корпуса модуля и физического канала передачи данных определяется средой функционирования, характером воздействующих дестабилизирующих факторов и составом применяемых датчиков.

Список использованных источников

1. *Bouhafs, F.; Mackay, M.; Merabti, M.* Links to the future: Communication requirements and challenges in the smart grid. *IEEE Power Energy Mag.* 2012, 10, 24–32.
2. *Torfs, T.; Sterken, T.; Brebels, S.; Santana, J.; Hoven, R.; Spiering, V.; Bertsch, N.; Zonta, D.* Low power wireless sensor network for building monitoring. *IEEE Sens. J.* 2013, 13, 909–915.

3. *M. Yang*. Optical Fiber Sensors with Coatings as Sensitive Elements, Asia Communications and Photonics Conference, 2014, OSA Technical Digest (online) (Optical Society of America, 2014), paper AF11.1. URL: <https://www.osapublishing.org/abstract.cfm?URI=ACPC-2014-AF11.1> (дата обращения 13.11.2016).

4. *Leonovich G. I., Paranin V.D., Karpeev S.V.* Correction of parameters of fiber-optical systems on the basis of the magneto tunable gradient elements / CEUR Workshop Proceedings, Samara, 2015. No.V. 1490. P. 133-137.

УДК 004.62

АКТИВНАЯ РАДИОЧАСТОТНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ЕЁ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ

Д.А. Ворох, А.Н. Садыков
Самарский университет, г. Самара

RFID (англ. Radio Frequency IDentification, радиочастотная идентификация) — способ автоматической идентификации объектов, в котором посредством радиосигналов считываются или записываются данные, хранящиеся в так называемых транспондерах, или RFID-метках.

Любая RFID-система состоит из считывающего устройства (считыватель, ридер) и транспондера (он же RFID-метка). Большинство RFID-меток состоит из двух частей. Первая — интегральная схема (ИС) для хранения и обработки информации, модулирования и демодулирования радиочастотного (RF) сигнала и некоторых других функций. Вторая — антенна для приёма и передачи сигнала.

Сама метка обычно содержит в себе антенну, приемник, передатчик, и память для хранения данных. Энергию метка получает из радиосигнала антенны считывателя или от собственного источника питания, после получения внешнего сигнала, метка отвечает собственным сигналом, в котором содержится определенная идентификационная информация.

Таким образом, RFID-метки — это своего рода этикетки, только более умные. Активные метки в большинстве случаев более надёжны и обеспечивают самую высокую точность считывания на максимальном расстоянии. Активные метки, обладая собственным источником питания, также могут генерировать выходной сигнал большего уровня, чем пассивные, позволяя применять их в более агрессивных для радиочастотного сигнала средах: воде (включая людей и животных), металлах (корабельные контейнеры, автомобили), для больших расстояний на воздухе. Активные метки обычно имеют гораздо больший радиус считывания (до 300 м) и объём памяти, чем пассивные, и способны хранить больший объём информации для отправки приёмопередатчиком.

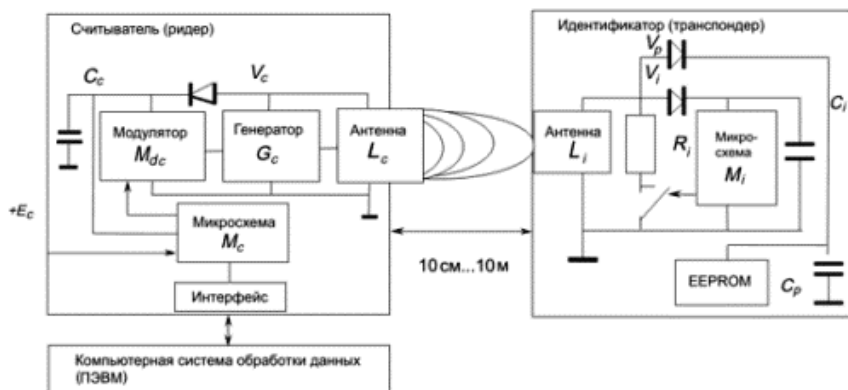


Рисунок 1 – Структурная схема RFID-системы

RFID может использоваться в различных структурах, таких как:

- I. Медицина;
- II. Системы контроля и управления доступом (СКУД);
- III. Транспортная и складская логистика;
- IV. Маркировка людей (человеческие имплантаты) и животных;
- V. Взимание платы и бесконтактные платежи;
- VI. Машино-считываемые проездные документы;

При решении вопросов по идентификации объектов как на складе, так и в процессе производства заказчик, прежде всего, должен сам понять цель внедрения RFID-технологии: сокращение воровства, отслеживание перемещения, ускорение бизнес-процессов и прочие. Только четко определив задачу, он сможет получить ожидаемый результат. Ему необходимо понимать, что использовать inlay (самые дешевые на сегодняшний день вид меток) можно не всю продукцию, так как они не считываются на металле и через водную среду.

Если рассматривать активные RFID-системы, то наиболее интересными областями применения являются:

- а) Логистика – вследствие качественного слежения за товаром и автоматизации процесса учёта;
- б) Производство – вследствие возможности уникальной идентификации для каждой единицы товара;
- в) СКУД – вследствие защищённости RFID-систем и настраиваемости параметров по доступу;

Список использованных источников

1. Финкенцеллер, К. RFID-технологии [Текст]: справочное пособие – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2016. – 490 стр.

2. Власов, М. RFID: 1 Технология – 1000 решений [Текст] – М.: Альпина Паблишер, 2015. – 218 стр.

УДК 621.3.049.779

УСТРОЙСТВО СБОРА И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ. ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ

Д.А. Ворох, А.Н. Садыков
Самарский университет, г. Самара

В предыдущей статье [1] было предложено устройство сбора и передачи данных (УСПД) на микроконтроллере, которое предназначено для значительного облегчения проблемы сбора данных при выполнении экспериментов, а именно автоматизация процесса, и сформулировано техническое задание на УСПД.

Целью данного доклада является сопряжение программной части микроконтроллера с компьютером, с использованием кода, написанного на языке программирования С. Реализация передачи данных между УСПД и компьютером через программную часть показана на рисунке 1.

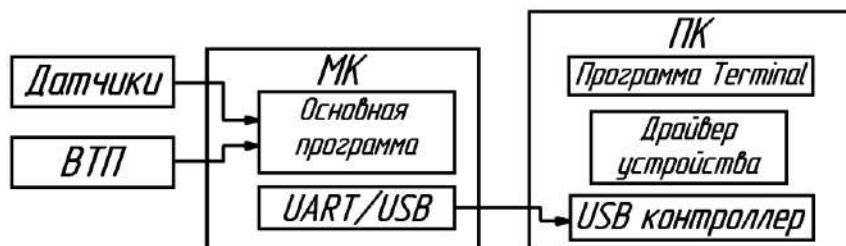


Рисунок 1 – Блок-схема сопряжения микроконтроллера с компьютером

В микроконтроллер (МК) записано программное обеспечение, в котором реализованы: основная программа и USB-соединение с компьютером посредством протокола UART/USART.

Алгоритм работы управляющей программы микроконтроллера включает следующие этапы:

1. Подключение библиотек для работы с протоколом UART, модулем часов реального времени, температурным датчиком, вихретоковым преобразователем;

2. Конфигурация шин, по которым подключены датчики;

3. Конфигурация запросно-ответных команд и идентификация с последующим конфигурированием обработчика команд протокола

соединения с компьютером USART (отправление строк полученных данных);

4. Инициализация модуля часов реального времени, датчика температуры и АЦП;

5. Подготовка и отправление пакета, содержащего адрес регистра, значения секунд, минут и часов; установка указателя часов на нулевой адрес и считывание информации с модуля;

[№ Time Temp1 ADC1, В

1 0:00:00 25,1 0,078] - пример передаваемого пакета;

6. Перезапись данных буфера драйвера термометра в буфер устройства и подача команды запуска преобразования цифрового кода в температуру, далее процесс ожидания, пока датчик завершит преобразование; идентификация сигнала сброса и чтения внутренней памяти, затем считывание внутренней памяти датчика температуры в массив данных;

7. Инициализация алгоритма двоично-десятичного преобразования, связка его с протоколом USART; конфигурация алгоритма для передачи данных на ПК;

8. Вывод на экран компьютера через программу Terminal значений часов, минут и секунд модуля реального времени, вывод целочисленного, дробно-десятичного значений температуры термометра, вывод данных, через АЦП микроконтроллера, полученных с подключенного вихретокового преобразователя перемещений (ВТП), в частности, получение данных для изучения и анализа частотных характеристик ВТП [2-4] и визуализация данных в таблицу текстового файла для удобного восприятия программой и пользователями.

В результате данной работы был написан программный код на УСПД, предназначенное для исследования свойств ВТП.

Список использованных источников:

1. Ворох Д.А., Садыков А.Н. Устройство сбора и передачи данных на микроконтроллере. Постановка задачи. // Самара: ООО «Офорт», 2017. с. 55-57;

2. Данилин А.И., Ворох Д.А. Мостовой вихретоковый преобразователь и анализ его экспериментальных частотных характеристик // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. Т. 18 , №4(6). С. 1268-1271;

3. Данилин А.И., Ворох Д.А. Анализ частотных характеристик мостового вихретокового преобразователя перемещения // Самара: ООО «Офорт», 2016. с. 77-80;

4. Ворох Д.А., Иванова Я.А., Руденко Е.А., Садыков А.Н., Мостовой вихретоковый преобразователь перемещения и его конструктивная компоновка // Самара, 18-20 мая 2016г. Самара: ООО «Офорт», 2016. С. 73-76.

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АСИНХРОННЫХ
АДРЕСНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ**

Д.Р. Абдракипов, В.А. Глазунов
Самарский университет, г. Самара

Потребности в повышении оперативной гибкости систем связи, организации связи между подвижными объектами привели к созданию цифровых асинхронных адресных систем, в которых сигналы от всех источников передаются в одном и том же диапазоне частот без синхронизации по времени. Обеспечить быструю доступность абонента в локальной сети – первостепенный показатель качества проектируемой системы во многих экстремальных случаях, - при пожарах, наводнениях и других чрезвычайных ситуациях. А это можно обеспечить использованием в первичном звене – асинхронной дельта-модуляции, а в качестве далее поднесущих – псевдошумовые ортогональные сигналы. В качестве переносчиков сообщений в асинхронных системах используются кодовые последовательности импульсов с дельта-модуляцией (ДМ), а на приёмной стороне осуществляется кодовое разделение каналов. Последовательность кодовых адресных групп могут быть реализованы импульсно-временными или частотно-временными кодами (ЧВК). ЧВК представляется группой импульсов, определенным образом расставленных во времени и заполненных различными частотами, и передается только при наличие дельта-импульсов, которые при возрастании входного сигнала следуют через интервалы дискретизации Δt . Каждому абоненту присваивается определённый ЧВК, являющийся одновременно его адресом, по которому приёмное устройство в состоянии выделить нужного абонента и не реагировать на сигналы других источников. Разделение каналов в таких системах осуществляют при произвольных временных сдвигах сигналов различных абонентов, то есть асинхронно. В такой системе, названной асинхронно-адресной (АСС), связь каждого абонента с любым другим осуществляется в общем для всех абонентов диапазоне частот. Каждая станция имеет свой приёмопередатчик. Аналоговый входной сигнал, представляющий собой речевое сообщение, преобразуется в дискретный путём дельта-модуляции. Полученная последовательность из логических нулей и единиц поступает на вход кодера адреса КА – рисунок 1, в котором и формируется ЧВК данного абонента.

Для формирования ЧВК в кодере адресов КА включена линия задержки ЛЗ с m отводами. Входные сигналы $S_{in}(t)$ имеют одинаковую задержку между отводами, равную кодовому интервалу $\tau_{ки}$, причём на первом отводе задержка нулевая, на втором – $\tau_{ки}$, на третьем – $2\tau_{ки}$, на четвёртом – $3\tau_{ки}$ и так далее.

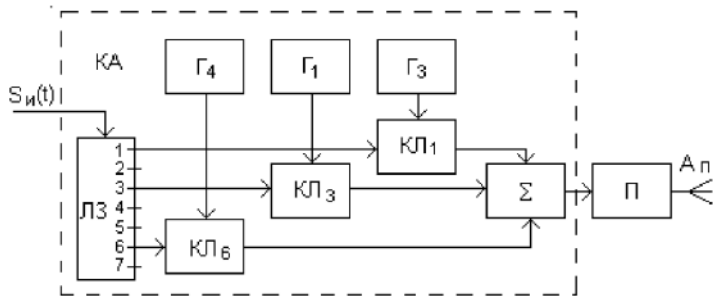


Рисунок 1 – Схема формирователей ЧВК

В соответствии с временной структурой адреса отводы линии задержки связаны с ключами $КЛ_1, КЛ_2 \dots КЛ_m$, которые подключают к передатчику Π генераторы Γ с частотами колебаний F_1, F_2, \dots, F_n . $КЛ_1$ подключает на вход передатчика Π через сумматор Σ генератор Γ_3 с частотой колебаний F_3 , $КЛ_3$ – генератор Γ_1 с частотой F_1 , $КЛ_6$ – генератор Γ_4 с частотой F_4 .

Сигналы ЧВК, поступающие на передатчик с выхода сумматора, образуют высокочастотный радиосигнал, излучаемый антенной A_{Π} .

На приёмной стороне радиосигналы, принятые приёмной антенной $A_{\text{пр}}$, после усиления и преобразования в приёмнике Пр поступают на декодер адреса ДКА (рисунок 2).

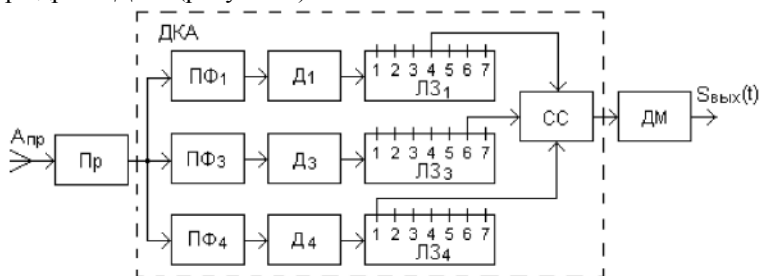


Рисунок 2 – Структурная схема приёмного канала АСС

Полосовые фильтры $\text{ПФ}_1, \text{ПФ}_3$ и ПФ_4 разделяют ЧВК-сигнал на три подканала, где происходит детектирование радиоимпульсов в детекторах $\text{Д}_1, \text{Д}_3$ и Д_4 .

Полученные на выходах детекторов видеоимпульсы задерживаются в канальных линиях задержки $\text{ЛЗ}_1, \text{ЛЗ}_3$ и ЛЗ_4 так, чтобы произошло их совпадение по времени в схеме совпадений СС. В этом случае на выходе схемы совпадений вырабатывается символ «1». Таким образом, с тактовым интервалом Δt на демодулятор ДМ поступает последовательность единиц и нулей. После демодуляции восстанавливается передаваемое сообщение

$\hat{S}_n(t)$. Перемена адреса для вызова другого абонента осуществляется сменой подключения ключей и генераторов к отводам ЛЗ кодера адресов, то есть высокочастотный тракт системы доступен любому абоненту. По этой причине АСС называют системами со свободным доступом.

Для АСС характерны внутрисистемные помехи, возникающие вследствие воздействия других радиостанций, входящих в эту систему и имеющих сигналы, аналогичные сигналам данной радиостанции. К помехам относятся также так называемые шумы неортогональности. Причина этих шумов заключается в случайном образовании ложного адреса за счёт взаимодействия адресных сигналов других радиостанций, а также в пропадании отдельных элементов адресной группы.

Уровень внутрисистемных помех возрастает по мере увеличения числа одновременно работающих абонентов системы. В связи с этим стремятся максимально уменьшить среднее число передаваемых информационных символов. Наилучшие результаты достигаются, если в системе используются адреса с различными частотно-временными интервалами, т.е. реализуется рациональное кодирование адресов. Количество различных адресов зависит от числа кодовых интервалов m , числа различных частот n и числа кодовых импульсов в группе.

Приведенные в докладе особенности построения асинхронно-адресных систем связи позволяет спроектировать простейшую цифровую систему связи с минимальными затратами, не требующую специальной синхронизации, и значит отличающейся простотой и высокой надежностью.

Список использованных источников

- 1 Системы радиосвязи [Текст]: учебное пособие для вузов / под ред. Н.И. Калашникова. – М.: Радио и связь, 1988. – 352 с.
- 2 Кириллов, В.И. Многоканальные системы передачи информации [Текст]: учебник для вузов/В.И. Кириллов. – М.: Радио и связь, 2002. – 456с.: ил.
- 3 Глазунов, В. А. Цифровые системы передачи информации [Текст]: учебное пособие для вузов/В. А. Глазунов. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2012. – 49с.: ил.

УДК 537.5; 621.373.9

ИССЛЕДОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ПОДАВЛЕНИЯ СИГНАЛОВ СЕТИ GSM

А.И. Попов, М.Ю. Маслов
Самарский университет, г. Самара

Мобильный телефон стал самым востребованным изобретением XX века. Однако есть у мобильных телефонов недостаток – в местах

проведения важных мероприятий, на засекреченных объектах необходимо подавить телефонную связь или защитить её от прослушки. Для достижения данных целей предлагается использовать подавители сигнала. Блокираторы сотовой связи можно разделить на три группы:

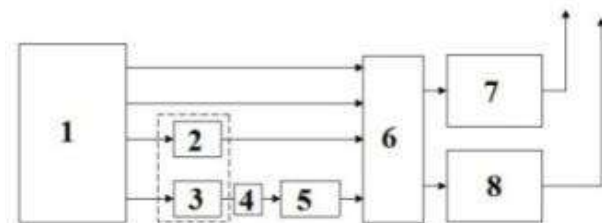
1. Блокираторы сотовой связи, представляющие собой генераторы помех с ручным управлением, обеспечивающие постановку заградительной помехи в диапазоне частот работы базовых станций соответствующего стандарта, т.е. в диапазоне рабочих частот приемников телефонов сотовой связи. Помеха приводит к срыву передачи информации.

2. Подавители сотовой связи с блоком управления включением генераторов помех. В состав блока управления входят многоканальный приемник индикаторного типа с устройством управления включением генераторов помех. При установлении связи, передатчик мобильного телефона сотовой связи включается на излучение. Высокочастотный радиосигнал поступает на усилитель, а затем - на диодный детектор и усилитель постоянного тока. С выхода усилителя сигнал поступает на пороговое устройство. В случае превышения установленного порога сигнал поступает на устройство управления, которое выдает команду в блок питания на включение генератора помех соответствующего диапазона частот. Передатчик помех включается на несколько секунд. При постановке широкополосной заградительной помехи происходит срыв сеанса связи.

3. «Интеллектуальные» блокираторы сотовой связи. В них приемник блокиратора в течение короткого интервала вычисляет номер частотного канала и временной слот, выделенный данному телефону, внося помехи. Блокирование осуществляется короткими импульсами длительностью по 300 мкс каждый, следующих с периодом 4,616 мс. Суммарное время, в течение которого в интервале блокирования излучается сигнал подавления 0,05 - 0,07 секунд. Если в контролируемой зоне оказывается работающий мобильный телефон с уже установленной связью, и находящийся в речевом канале, интервал блокирования увеличивается до 10 - 15 с, и увеличивается время излучения сигнала блокирования. По истечении времени интервала блокирования связь прекращается. [1]

Анализируя поставленную задачу, предлагается следующая схема электрическая структурная, приведённая на рисунке 1. Принцип работы: ГАС (генератор аналоговых сигналов) создаёт сигналы выбора диапазона и поддиапазона работы ВЧ (высокочастотного) модуля. Наравне с ними, ГАС вырабатывает пилообразный сигнал для линейной перестройки несущей частоты ВЧ модулем и синусоидальный сигнал, который после прохождения через элемент с нелинейной вольт-амперной характеристикой станет шумоподобным. Диод служит для получения шумоподобного сигнала из синусоидального. ФСС служит для ограничения максимальной полосы зашумления. Усилители мощности служат для увеличения

амплитуды выходного сигнала, и согласования сопротивлений ВЧ модуля с активным и реактивным сопротивлениями антенных систем. [2]



1 – генератор аналоговых сигналов, 2,3 – операционные усилители, 4 – диод, 5 – фильтр сосредоточенной селекции, 6 – высокочастотный модуль, 7,8 – усилители мощности

Рисунок 1 – Схема электрическая структурная генератора зашумления сетей сотовой связи

Список использованных источников

1 Васильев О. А., Егоров Д. О., Кадыков А. Н. Современный взгляд на средства защиты речевой информации // Защита информации. Инсайд. Москва. 2005. №2. С. 11-17.

2 Официальный сайт ООО «Kristall systems» [Электронный ресурс]/ URL:<http://geovision.com.ua> (Дата обращения 20.03.18)

УДК 621.396.41

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ КОМАНДНЫХ ИМПУЛЬСНО-ВРЕМЕННЫХ СИГНАЛОВ В РАДИОЛИНИИ УПРАВЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

А.Б. Алиев, В.А. Глазунов
Самарский университет, г. Самара

В настоящее время передача информации в цифровой форме находит широкое применение в решении самых различных задач связи, телеметрии и управления. Особенно важное значение системы передачи цифровой информации приобрели в таких областях как передача данных, космическая связь, управление режимом работы подвижных объектов путём передачи командных сигналов информации с Земли на борт объекта.

При проектировании и эксплуатации цифровых систем связи необходимо знать не только основы построения этих систем, их принципы работы и основные характеристики, но и решать задачи оптимального проектирования. В представленном докладе рассмотрена задача выбора оптимальной структуры импульсно-временного кода (ИВК), которая

обеспечивает наиболее достоверную передачу командных сигналов на борт подвижного объекта.

На достоверность передачи командных сигналов по радиолинии методом ИВК – АМ (или ЧМ) влияют как шумовая, так и хаотическая импульсная помеха. При воздействии шумовой помехи характерно подавление рабочих импульсов ИВК или трансформация рабочего ИВК одного канала в рабочий ИВК другого канала командной радиолинии управления [1-3].

Для подавления ИВК достаточно отсутствия в нем хотя бы одного импульса. При независимых подавлениях отдельных импульсов вероятность подавления ИВК $P_{п\ ивк}$ из “n” импульсов определяется вероятностью ошибки отдельного импульса $P_{ош}$ и пропорциональна числу “n” [4]:

$$P_{п\ ивк} = 1 - (1 - P_{ош})^n \quad (1)$$

При воздействии импульсных помех возникает вероятность образования ложных кодов $P_{л\ ивк}$, которая возрастает при малом числе “n” элементов кода:

$$P_{л\ ивк} = k_{пх}^{n-1}, \text{ где } k_{пх} - \text{плотность помехи} \quad (2)$$

На рисунке 1 показан качественный характер зависимостей $P_{п\ ивк}$ и $P_{л\ пх}$, а также их суммы, что позволяет отыскать оптимальное число элементов ИВК-кода при использовании амплитудной или частотной манипуляций.

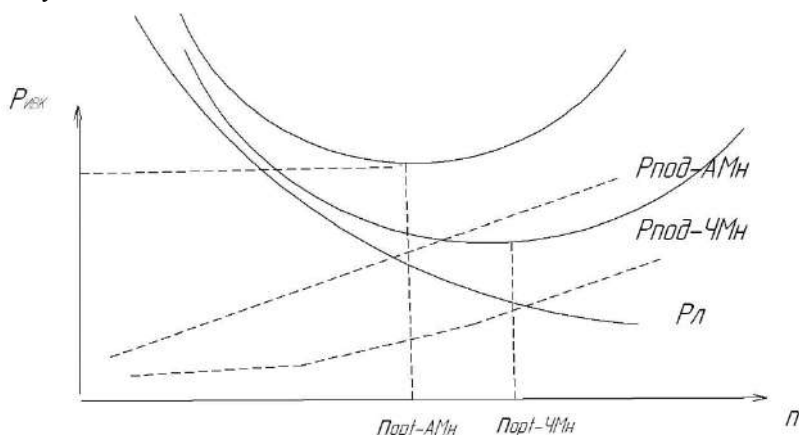


Рисунок 1 – Оптимизация числа элементов ИВК по минимуму вероятности ошибочной передачи командного сигнала

Заключительным шагом при поиске наилучших параметров ЦСПИ по методу КИМ (или ДМ) – АМн (или ЧМн) является расчет интересующих заказчика характеристик, таких системных параметров как полоса частот,

занимаемая результирующим сигналом при АМн, ЧМн и ФМн, а также энергетические характеристики (мощность излучения, чувствительность приемника и т.п.).

Список использованных источников

1. Глазунов, В.А. Оптимизация радиосистем [Текст]: учеб. пособие для ВУЗов / В.А. Глазунов. - Самара: СГАУ, 1997.- 56 с.

2. Пенин, П. И. Системы передачи цифровой информации [Текст]: учеб. пособие для ВУЗов / П. И. Пенин. - М.: Сов. радио, 1976.- 368 с.

3. Основы радиоуправления [Текст] : учеб. пособие для ВУЗов / В.А Вейцель, В.Н.Типугин. - М.: Сов. радио, 1973.- 468 с.

УДК 620.179.18; 620.1.051; 629.7.086

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА УСТАНОВКИ ЛОПАСТЕЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ОТРАЖЕННОГО ПОТОКА ПРИ КОНТРОЛЕ ЦЕЛОСТНОСТИ НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЁТА

С.В. Жуков

Самарский университет, г. Самара

Для проверки модели отраженного сигнала [1], а также для изучения отработки предложенного метода, был разработан и изготовлен экспериментальный стенд [2]. Данный стенд позволяет имитировать условия взаимодействия, зондирующего СВЧ-сигнала и вращающейся лопасти и получать информационный сигнал, аналогичный отраженному сигналу от движущейся лопасти.

Поскольку в настоящее время применяется множество различных материалов для изготовления лопастей, для испытаний, были изготовлены четыре экспериментальных образца из углепластика, алюминия, стеклопластика и базальтового волокна. Также позже в рамках модернизации экспериментального стенда был изготовлен механизм регулировки угла установки модели лопасти. Экспериментальные образцы и механизм регулировки представлены на рисунке 1.

В результате при помощи механизма регулировки угла установки, в дополнение к исследованиям [3], были проведены исследования влияния угла установки лопастей на формирование отраженного потока. Результаты исследований представлены на рисунке 2.

Результаты исследований показали, что все экспериментальные образцы, хорошо отражают зондирующий СВЧ сигнал, и изменение угла установки лопасти не оказывает значительного влияния на работоспособность метода контроля целостности несущего винта вертолёта.



Рисунок 1 – Экспериментальные образцы модели лопасти, выполненные из различных материалов и механизм регулировки угла установки модели лопасти, соответственно

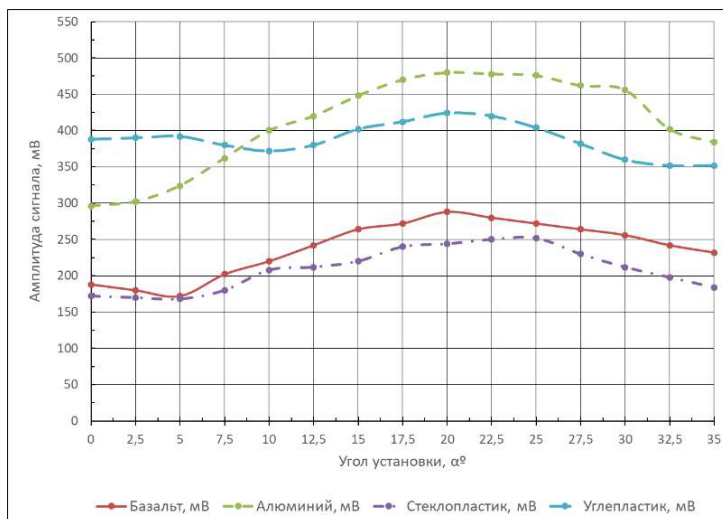


Рисунок 2 – Результаты измерений

Список использованных источников

1. Жуков С.В., Данилин А.И., Попов М.С., Математическое описание взаимодействия зондирующего СВЧ-сигнала с лопастью несущего винта вертолета / «Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение», 2016, т. 15, №3. С. 178-188.

2. Жуков С.В., Данилин А.И. Экспериментальная установка бесконтактного контроля целостности лопастей вертолета // Материалы

Всероссийской научно – технической конференции “Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций”, 2015, С. 99.

3. Жуков С.В., Данилин А.И., Бояркина У.В., Воронцова С.А. Исследование особенностей влияния параметров лопастей на формирование отраженного потока при контроле целостности несущего винта вертолёта // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2017, т. 19, №6. С. 193-200.

УДК.551.506.8

ОГИБАЮЩАЯ УЗКОПОЛОСНЫХ ШУМОВ НА ВЫХОДЕ АМПЛИТУДНОГО ДЕТЕКТОРА

А.Г. Ильин, Г.И. Ильин, В.С. Юнусова
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А.Н.Туполева-КАИ», г. Казань

На современном этапе развития радиотехники большинство радиоприемных систем являются узкополосными, поэтому исследованию воздействия нормальных шумов на такие системы уделяется большое внимание.

Вопросы квадратичного детектирования узкополосных шумов исследовались в работе [1]. В работе [2] рассчитаны плотности распределение амплитуд на выходе интегрирующего звена для различных соотношений постоянных времени узкополосного фильтра и цепи нагрузки амплитудного детектора исходя из предположения, что огибающая $|C(t)|$ узкополосного шума в результате линейного амплитудного детектирования соответствует закону распределения модуля нормальной случайной величины.

Для подтверждения полученных результатов в работе [2] была разработана математическая модель узкополосной системы. Математическое моделирование проводилось в программе Simulink.

В качестве источника входного процесса был использован стандартный блок генерации случайного процесса Gaussian, а в качестве полосового фильтра DigitalFilterDesign с возможностью регулирования ширины полосы пропускания. Для анализа спектра сигнала на выходе оптимального линейного фильтра использовался блок Spectrum Analyzer, который использует для получения спектра операцию быстрого дискретного преобразования Фурье.

В случаи, когда постоянная времени узкополосного фильтра намного меньше постоянной времени цепи нагрузки амплитудного детектора, нами получено, что плотность распределение амплитуд соответствует

одностороннему нормальному закону (Рисунок 1). Этот результат находится в хорошем согласии с результатами, полученными в работе [1].

При увеличении постоянной времени детектора плотность распределения амплитуд на выходе амплитудного детектора приближается к рэлеевскому распределению. (Рисунок 2) Дальнейшее увеличение постоянной времени приводит к тому, что плотность распределения вероятности амплитуды стремится к нормальному закону.

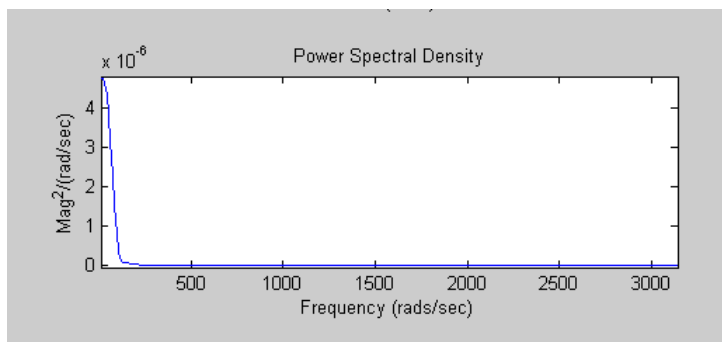


Рисунок1 - Плотность распределения амплитуд при постоянной времени узкополосного фильтра намного меньше постоянной времени цепи нагрузки амплитудного детектора

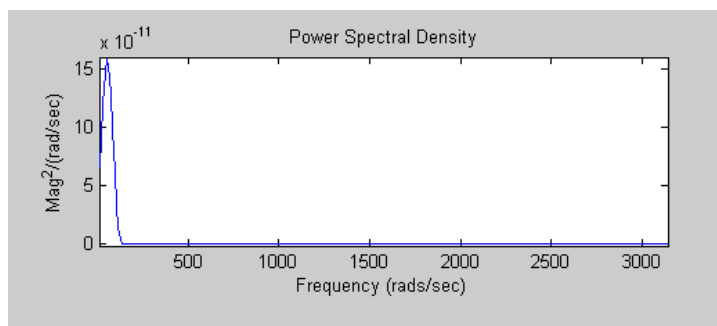


Рисунок 2 - Плотность распределения амплитуд при равных постоянных времени

Все полученные выводы хорошо согласуются с результатами работ [1] и [2].

Список использованных источников

1. Миддлтон Д. Введение в статистическую теорию связи / Под ред. Б.Р.Левина. — М.: Советское радио, 1962. — Т. II, ч. IV.
2. А.Г. Ильин, В.С.Баина, С.З. Секхи Моделирование случайных процессов на выходе линейного амплитудного детектора

УДК 004.942

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ФИЛЬТРА НА ПАВ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И ПОЛУЧЕНИЕ ВЫХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Е.С. Касимова

Самарский университет, г. Самара

Устройства на поверхностных акустических волнах (ПАВ) активно используются в системах связи и навигации, обеспечивая надежное преобразование сигналов в диапазоне частот до нескольких ГГц. К ряду простейших элементов на ПАВ принято относить резонаторы, линии задержки, а также различного рода фильтры. Такие преимущества, как высокая надежность, малые масса и размеры, отсутствие энергопотребления обеспечивают широкое применение и массовую потребность в этих устройствах.

В данной работе рассматриваются фильтры на ПАВ их принцип работы и основные характеристики. Проанализированы современные технологии изготовления фильтров и выбраны оптимальные характеристики. Производится расчёт топологии устройства.

Различные элементы на ПАВ проектируются с использованием компьютерного моделирования, так как изготовление и исследование конкретных прототипов занимает много времени и требует достаточно материальных средств. По этой причине производится эксперимент по моделированию фильтра на ПАВ с помощью пакета COMSOL Multiphysics, позволяющего решать краевые задачи для акустических волн в сложных структурах, включающих пьезоэлектрик (подложка проектируемого фильтра). Разобраны принципы моделирования фильтра ПАВ в данном пакете COMSOL Multiphysics и сняты расчетные характеристики.

Список использованных источников

1. Чернышова Т.И., Чернышов Н.Г. Проектирование фильтров на поверхностно- акустических волнах. 2-е изд., стер. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 48 с.
2. Бальшева О.Л. Материалы для акустоэлектронных устройств: учеб. пособие. СПб: Изд-во ГУАП, 2005. - 50 с.
3. Войцеховский А.В. Расчет и оптимизация параметров устройств на поверхностно-акустических волнах. Томск: Изд-во ТГУ, 2010. – 57 с.
4. Орлов В.С. Фильтры на поверхностных акустических волнах. М.: Радио и связь, 1994. – 272 с.
5. Мэттьюз Г. Фильтры на поверхностных акустических волнах: расчет, технология и применение. М.: Радио и связь, 1981. – 472 с.

6. Речицкий В.И. Акусто-электронные радиокomпоненты. М.: Советское радио, 1980. – 264 с.

7. Морган Д. Устройства обработки сигналов на поверхностных акустических волнах. М.: радио и связь, 1990. – 416 с.

Улахович Д.А. Основы теории линейных электрических цепей. СПб.: ВВХ-Петербург, 2009. – 816 с.

УДК 629.7.05

ПРИМЕНЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ НАВИГАЦИИ БПЛА

Л.Ю. Королев

ФГБОУ ВО НИ «МГУ им. Н. П. Огарёва», г. Саранск

В условиях недоступности глобальных навигационных систем GPS и ГЛОНАСС, прибегают к инерционным навигационным системам (ИНС) для определения местоположения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). При этом, необходимо использовать дополнительные ресурсы для устранения быстрого роста ошибки навигации летательных аппаратов (ЛА), характерного для ИНС.

Систему, состоящую из одного БПЛА, в момент времени t_i можно оценивать по вектору состояний $\bar{x}_i = (x_i \ y_i \ z_i \ v_{xi} \ v_{yi} \ v_{zi})^T$, где x_i, y_i, z_i – декартовы координаты ЛА, v_{xi}, v_{yi}, v_{zi} – проекции скорости на координатные оси. Вектор оцениваемых состояний в дискретном времени можно описать уравнениями авторегрессии:

$$x_i = x_{i-1} + v_{xi}, y_i = y_{i-1} + v_{yi}, z_i = z_{i-1} + v_{zi};$$

$$v_{xi} = v_{x(i-1)} + \xi_{xi}, v_{yi} = v_{y(i-1)} + \xi_{yi}, v_{zi} = v_{z(i-1)} + \xi_{zi}; \quad (1)$$

где ξ_i – независимые гауссовские случайные величины с ненулевыми дисперсиями $\sigma_{\xi_i}^2$, которые позволяют учесть случайное воздействие внешних сил на БПЛА.

Наблюдения за состоянием оцениваемых координат ЛА можно представить так:

$$Z_{xi} = x_i + n_{xi}, Z_{yi} = y_i + n_{yi}, Z_{zi} = z_i + n_{zi}, \quad (2)$$

где n_{xi}, n_{yi}, n_{zi} – гауссовские погрешности измерений.

В стандартной векторно-матричной форме уравнения (1) и (2) выглядят так [1]:

$$\begin{aligned} \bar{x}_i &= \rho_i \bar{x}_{i-1} + \bar{\xi}_i, \\ \bar{Z}_i &= C_i \bar{x}_i + \bar{n}_i, i = 1, 2, 3, \dots, k; \end{aligned} \quad (3)$$

где ρ_i – матрица эволюции системы, C_i – матрица измерений, связывающая вектор состояния и вектор измерений.

Для компенсации погрешности определения координат БПЛА применим управляющие компоненты (УК), воздействующие на изменение проекций скорости:

$$\begin{aligned} v_{xi} &= v_{x(i-1)} + u_{xi} + \xi_{xi}, v_{yi} = v_{y(i-1)} + u_{yi} + \xi_{yi}, v_{zi} = v_{z(i-1)} + u_{zi} + \xi_{zi}; \\ u_{xi} &= v_{sxi} - v_{x(i-1)} + \varepsilon_{xi}, u_{yi} = v_{syi} - v_{y(i-1)} + \varepsilon_{yi}, u_{zi} = v_{szi} - v_{z(i-1)} + \varepsilon_{zi}; \\ v_{sxi} &= x_{si} - x_{s(i-1)}, v_{syi} = y_{si} - y_{s(i-1)}, v_{szi} = z_{si} - z_{s(i-1)}; \\ \varepsilon_{xi} &= x_{si} - x_i, \varepsilon_{yi} = y_{si} - y_i, \varepsilon_{zi} = z_{si} - z_i; \end{aligned} \quad (4)$$

где x_{si}, y_{si}, z_{si} – координаты, соответствующие заданной заранее траектории полета, $\varepsilon_{xi}, \varepsilon_{yi}, \varepsilon_{zi}$ – отклонение от заданной траектории полета.

Таким образом, выразив (4) в стандартной векторно-матричной форме и подставив в (3), уравнения примут вид:

$$\begin{aligned} \bar{x}_i &= \rho_i \bar{x}_{i-1} + G_i \bar{u}_i + \bar{\xi}_i, \\ \bar{Z}_i &= C_i \bar{x}_i + \bar{n}_i, i = 1, 2, 3, \dots, k; \end{aligned} \quad (5)$$

где G_i – матрица управления.

Оцениваемый вектор состояний для двух летательных аппаратов имеет вид $\bar{x}_i = (x_{1i} \ y_{1i} \ z_{1i} \ x_{2i} \ y_{2i} \ z_{2i} \ v_{x1i} \ v_{y1i} \ v_{z1i} \ v_{x2i} \ v_{y2i} \ v_{z2i})^T$. Применив взаимное наблюдение за парой БПЛА, которое подробно описано в [2], уравнения (5) будут включать следующие компоненты:

$$\begin{aligned} \bar{u}_i &= (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ u_{x1i} \ u_{y1i} \ u_{z1i} \ u_{x2i} \ u_{y2i} \ u_{z2i})^T; \\ \bar{\xi}_i &= (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ \xi_{x1i} \ \xi_{y1i} \ \xi_{z1i} \ \xi_{x2i} \ \xi_{y2i} \ \xi_{z2i})^T; \\ \bar{Z}_i &= (Z_{x1i} \ Z_{y1i} \ Z_{z1i} \ Z_{\Delta 1i} \ Z_{x2i} \ Z_{y2i} \ Z_{z2i} \ Z_{\Delta 2i})^T; \\ \bar{n}_i &= (n_{x1i} \ n_{y1i} \ n_{z1i} \ n_{\Delta 1i} \ n_{x2i} \ n_{y2i} \ n_{z2i} \ n_{\Delta 2i})^T. \end{aligned}$$

$$\rho_i = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; C_i = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; G_i = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

По полученным формулам проведено моделирование оценки координат строя БПЛА во время полета с учетом случайной величины с дисперсией $\sigma_{\xi_i}^2 = 0,1$. В результате моделирования получены графики зависимости СКО погрешности оценки координат.

Из графика 2а следует, что рост погрешности при взаимном наблюдении за парой БПЛА замедляется почти в два раза, а при использовании управляющих компонентов (рисунок 2б), дисперсии погрешностей на несколько порядков меньше.

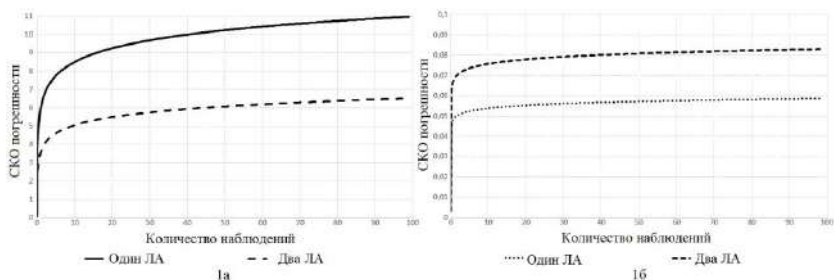


Рисунок 1 – Зависимость погрешности от количества измерений: 1а – без использования управляющих компонентов; 1б – с использованием управляющих компонентов

Список использованных источников

1. Васильев К.К. Оптимальная обработка сигналов в дискретном времени: Учеб. Пособие. – М.: Радиотехника, 2016. – 288 с.: ил.
2. Королев Л. Ю. Сравнительный анализ алгоритмов расчета погрешности одиночного и взаимного определения координат группы беспилотных летательных аппаратов // Современные проблемы проектирования, производства и эксплуатации радиотехнических систем, 2017, № 1-2 (10). – С. 70-73.

УДК 620.179.18+621.383+535.8

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С ШЕРОХОВАТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

А.И. Данилин, У.В. Бояркина, А.А. Грецков, С.А. Данилин
Самарский университет, г. Самара

Контроль параметров крутильных колебаний лопаток турбоагрегата является одной из важных составляющих диагностики их деформационного состояния. Для решения данной задачи широкое распространение получили комбинированные преобразователи, в конструкцию которого входят оптоэлектронные каналы, регистрирующие положение торца лопатки по интенсивности отраженного от его поверхности зондирующего излучения. Форма информационного сигнала, формируемого датчиком, существенно зависит от степени обработки поверхности лопатки, так как может наблюдаться как зеркальное, так и диффузное отражение вызванное шероховатостями поверхности торца реальной лопатки. Так, например, торцы лопаток газотурбинного двигателя НК-12СТ после выполнения проточки лопаточного венца в составе ротора турбомашин имеют штрихообразный контур поверхности [1]. При

взаимодействии излучения, формируемого оптоэлектронным преобразователем, со штрихобразными полосами на поверхности торца контролируемой лопатки наблюдается зависимость интенсивности отраженного излучения от их углового положения. Этот эффект может быть использован для определения раскрутки и амплитуды крутильной составляющей колебаний лопаток вращающегося колеса турбомашины.

Для этого на торцах лопаток формируют штрихобразные отражающие участки путём механической обработки, представляющие собой относительно регулярные параллельные бороздки с шириной и глубиной, превышающих в несколько раз длину волны источника излучения. В корпусе турбоагрегата над траекторией движения торцов лопаток под углом к их нормали устанавливается оптоэлектронный преобразователь, как показано на рисунке 1, при этом угол установки датчика должен соответствовать углу наклона граней штрихобразных бороздок недеформированной лопатки. В процессе движения лопатки, когда направление зондирующего излучения будет перпендикулярно направлению штрихобразных бороздок, наблюдается отражение зондирующего излучения в направлении приемно-передающего элемента. В этом случае на выходе первичного преобразователя формируется импульс с максимальным значением пика, так как большая часть потока излучения возвращается на приемно-передающий элемент (рисунок 1, а). Если лопатка подвергается кручению относительно своей оси, изменяется угол между направлением зондирующего излучения и направлением бороздок, что ведет к изменению направления отражения зондирующего излучения. В этом случае отраженное излучение будет частично регистрироваться приемно-передающим элементом (рисунок 1,б) и амплитуда сигнала на выходе первичного преобразователя будет уменьшаться с увеличением угла закрутки лопатки.

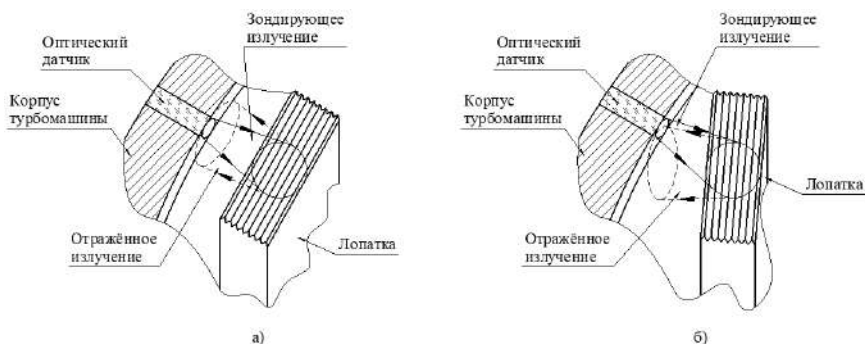


Рисунок 1 – Взаимодействие оптоэлектронного преобразователя с
а) недеформированной и б) с деформированной лопаткой

Для определения угла закрутки лопатки строится тарировочная характеристика, которая на линейном участке аналитически описывается выражением:

$$\alpha = k \cdot \frac{U_{MAX}}{U_{ВЫХ}}$$

где $U_{ВЫХ}$ - выходной сигнал первичного преобразователя;

U_{MAX} - максимальное значение сигнала первичного преобразователя при отсутствии закрутки;

k - крутизна тарировочной характеристики.

Таким образом, использование отражающих свойств сформированной специальным образом отражающей поверхности торца лопатки позволяет при использовании оптоэлектронного преобразователя получать информацию о текущем угле закрутки лопатки [2].

Список использованных источников

1. Патент №2337330 РФ, МК G 01 Н 1/08, F 01 D 5/12 Способ измерения раскрутки и амплитуды крутильной составляющей колебаний лопаток турбомашин и устройство для его осуществления/ Данилин А.И., Лофицкий И.В., Данилин С.А., Чернявский А.Ж., Серпокрылов М.И., Арефьева О.В., заявитель и патентообладатель Самарский государственный аэрокосмический университет им. ак. С.П. Королева (СГАУ), получен 12.11.2008.

2. Бояркина, У.В. Оптоэлектронный способ определения параметров крутильных колебаний лопаток ГТД / У.В. Бояркина, Е.А. Щелоков // Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: материалы Всероссийской научно-технической конференции (г. Самара, 13-15 мая 2015 г.). – Самара: изд-во АНО «Издательство СНЦ», 2015. – С.11-13.

УДК 681.51

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ОШИБОК В СЕТЯХ ИЗ ЦИФРОВЫХ АВТОМАТОВ СОСТОЯНИЙ

Б.П. Подкопаев, И.В. Быстрова

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

К современным техническим устройствам, в особенности системам специального назначения (военная и космическая техника, летательные аппараты и т. п.) зачастую предъявляются повышенные требования по надежности, в частности по коэффициенту готовности [1]. Для

радикального увеличения последнего в состав устройств вводят средства функционального диагностирования (ФД), обеспечивающие в режиме реального времени обнаружение отказов и сбоев в нём, причём нередко обнаружение сопровождается локализацией указанных событий с точностью до отдельных функциональных узлов. Синтезировать средства ФД можно, обратившись к алгебраической теории функционального диагностирования динамических систем [2]. Однако в случае сложных объектов диагностирования вычислительные затраты могут возрасти до неприемлемой величины. Для упрощения задачи цифровые устройства, состоящие из большого числа функциональных узлов, можно трактовать как сеть из конечных автоматов состояний и решать диагностические задачи индивидуально для каждого компонента сети. Очевидно, что при этом задача ФД для всего объекта будет решена, но цена такого решения (избыточность) часто слишком велика.

В настоящей работе предложен метод построения средств ФД для сети, состоящий в таком преобразовании совокупности известных средств ФД её компонентов, которое сохраняя основные диагностические характеристики, приводит к снижению вводимой избыточности.

Анализируемая сеть S является совокупностью из конечных автоматов состояний A_i , системные множества входов и состояний которых заданы двоичными векторами, а функции переходов – булевыми выражениями. По условию для каждого компонента сети уже построены контрольные автоматы A_{Ki} , обеспечивающие синхронную работу с A_i , и дискриминаторы ошибок D_i , вычисляющие некоторые векторные функции соответствия $r_i(q_i)$. Ограничимся поиском лишь однократных ошибок. Появление ошибки такого класса сводится к проверке факта принадлежности элементов множества состояний Q_i блокам разбиения, порождаемыми функцией $r_i(q_i)$. Её размерность определяется числом блоков разбиения. Для обнаружения однократных ошибок достаточно разбить Q_i всего на два блока, поэтому в данном случае $r_i(q_i)$ вырождается в скаляр. Результатом сравнения вектора выхода вычислителя этой функций и вектора состояния q_{Ki} , синтезируемого в контрольном автомате A_{Ki} является, по сути, бинарная функция ошибок ε_i , принимающая нулевое значение при отсутствии ошибок и единичное – при их наличии. Локализация компонента сети, в котором произошла однократная ошибка, в при таком задании средств ФД очевидна. Задача заключалась в том, чтобы, зная описанные выше индивидуальные контрольные автоматы A_{Ki} и дискриминаторы ошибок D_i для компонентов, синтезировать общие контрольный автомат A_K и дискриминатор D для всей сети. При этом необходимо сохранить обнаруживающую способность исходных средств ФД с учётом возможности локализации.

Решение задачи опирается на положения теории помехоустойчивого кодирования [1]. Известно, что для локализации ошибок кратностью k

необходимо и достаточно обеспечить кодовое расстояние $d \geq 2k+1$ между всеми элементами кода. Следовательно, для однократных ошибок можно выбрать разделимый код, порождаемый матрицей, строки которой суть линейно независимые вектора с кодовым расстоянием 3 между ними. Информационные разряды этих векторов состояются из наборов q_{ki} , а избыточные – из наборов $r_i(q_i)$. Результатом суммирования разрядов в строках является проверочный вектор $\varepsilon(q)$. Если все его компоненты равны нулю, то принимается решение об отсутствии ошибок. Неравенство нулю хотя бы одной компоненты $\varepsilon(q)$ свидетельствует о том, что произошла ошибка, причём по виду проверочного вектора можно определить, какой информационный разряд искажен, т.е. выявить неисправный компонент сети.

Общее устройство ФД легко строится по порождающей матрице. Его размерность при малом (три и менее) числе компонентов сети не превышает порядка исходной совокупности средств ФД, а при большом существенно меньше последнего. Степень локализации однократных ошибок остаётся на прежнем уровне.

Список использованных источников

1. Обнаружение и исправление ошибок в дискретных устройствах. / В.С. Толстяков [и др.] – М.: Изд-во «Советское радио», 1972, 288 с.

2. Подкопаев Б.П. Алгебраическая теория функционального диагностирования динамических систем. Ч.1: Системы, диагностические системы, системные алгебры. – Спб.: ООО «Техномедиа» / Изд-во «Элмор», 2007. 132 с.

УДК 004.942

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ COMPONENT DESCRIPTION FORMAT ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПАРАМЕТРИЗОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ В СРЕДЕ CADENCE VIRTUOSO

И.В. Бочаров, И.Н. Козлова
Самарский университет, г. Самара

При работе с системами автоматического проектирования (САПР) зачастую возникает проблема нехватки предустановленных моделей или проблема строгой типизации модели. Для решения данных проблем необходимо вручную добавлять элемент, с набором необходимых параметров.

В САПР Cadence Virtuoso данная проблема разрешена с помощью Component Description Format (CDF). CDF позволяет: описывать параметры и атрибуты элементов и библиотек; задавать значения по умолчанию и

допустимые границы значений; динамически изменять отображение топологии элементов; определять и выполнять функции обратной связи, по изменению выбранных параметров.

Параметры элемента задаются непосредственно перед построением модели топологии или симуляции. Допускаются различные способы задания параметров, такие как: кнопки, группа радиокнопок, текстовые поля. В качестве элемента-образца в данной работе была выбрана модель встречно-штырьового преобразователя (ВШП). Проанализированы возможные математические модели для описания ВШП в САПР Cadence Virtuoso. Построена математическая модель методом конечных элементов в программе Comsol Multiphysics.[1]

Список использованных источников

1. Hofer M., Finger N., Kovacs G., Schöberl J., Zaglmayr S., Langer U., Lerch R. Finite-element simulation of wave propagation in periodic piezoelectric SAW structures // IEEE Trans. UFFC. – 2006. – V. 53, N. 6. –P. 1192-1201.

УДК 620.179.18+621.383+535.8

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ОПТОЭЛЕКТРОННОГО-СВЧ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

У.В. Бояркина, А.А. Грецков, С.А. Данилин, Е.Ю. Власова
Самарский университет, г. Самара

Применение комбинированных первичных преобразователей для контроля параметров колебаний лопаток является перспективным направлением в разработке аппаратуры для диагностики деформационного состояния элементов вращающихся узлов турбоагрегатов. Принцип действия таких преобразователей основан на применении датчиков работающих в различном диапазоне частот, что позволяет исключить взаимное влияние друг на друга. По причине требований к высокому быстродействию и влиянию высоких температур для этой цели лучше всего подходят оптоэлектронные и СВЧ преобразователи. За счет различной чувствительности к перемещениям контролируемой поверхности проявляется их главное преимущество – возможность селектирования изгибных и крутильных деформаций лопаток для повышения точности и достоверности измерений.

Для проверки результатов математического моделирования и определения рекомендаций для расположения комбинированного преобразователя в корпусе турбоагрегата необходимо определить зависимости выходного напряжения преобразователя от величины установочного зазора и от угла между центральной осью датчика и

нормалью восстановленной к контролируемой поверхности. При реализации СВЧ канала комбинированного преобразователя в большинстве случаев предпочтение отдается автодинным преобразователям с регистрацией информационного сигнала в цепях питания, благодаря малым габаритам, стоимости и простоте конструктивного исполнения [1]. Характеристики волноводного СВЧ канала выполненного на автодинном модуле «Тигель-08» представлены в [2].

Оптоэлектронный канал состоит из чередующихся 4 приемных и 4 передающих световодов диаметром 0,5 мм, расположенных в металлической защитной оболочке. Зондирующее излучение формируется светодиодом DFL-3014URC10, прием отраженного излучения осуществляется фототранзистором BPW85C. Зависимость выходного напряжения оптоэлектронного канала от величины установочного зазора представлена на рисунке 1. При использовании в качестве отражателя стальной пластины шириной 5 мм, сигнал (U_1) возрастает до величины зазора 1 мм, затем выходное напряжение оптоэлектронного канала уменьшается при дальнейшем увеличении зазора. При использовании в качестве отражателя цилиндрической поверхности радиусом 5 мм сигнал (U_2) монотонно убывает с увеличением зазора. Для однозначного определения изменения величины зазора необходимо выбрать линейный участок характеристики в диапазоне зазоров $\delta = 2..4$ мм.

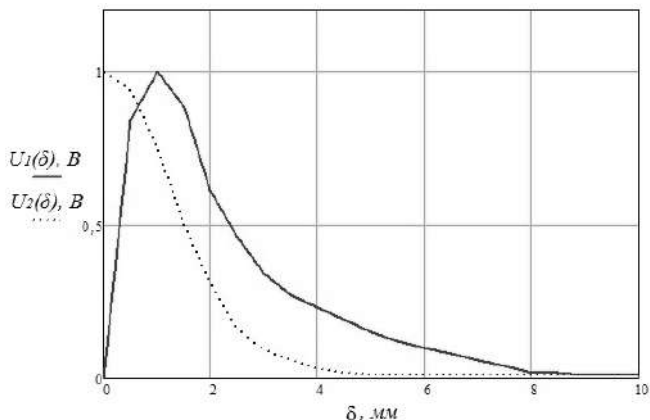


Рисунок 1– Зависимость выходного напряжения оптоэлектронного канала от величины установочного зазора

Зависимость амплитуды сигнала оптоэлектронного канала от угла между центральной осью датчика и нормалью восстановленной к контролируемой поверхности представлена на рисунке 2.

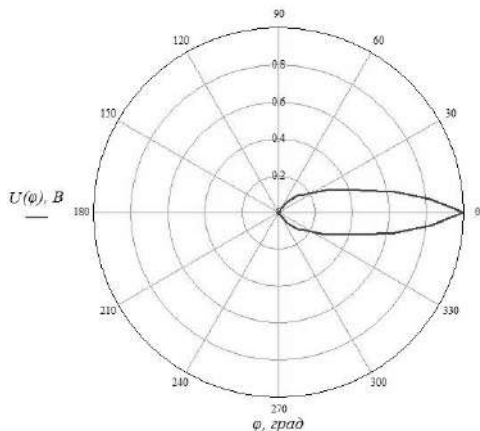


Рисунок 2 – Зависимость амплитуды сигнала оптоэлектронного канала от угла между центральной осью датчика и нормалью восстановленной к контролируемой поверхности

Ширина сектора, в котором амплитуда сигнала оптоэлектронного канала изменяется не более чем 0,7 раз, составляет около 20 градусов.

Список использованных источников

1. Данилин, А. И. Схемотехнические особенности получения автодинного сигнала в преобразователях параметров перемещений элементов вращающихся узлов турбоагрегатов/ А.И. Данилин, А.А. Грецов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева. – 2014. – №2 (44). – С. 30-34.

2. Грецов, А.А. Результаты экспериментального исследования доплеровского преобразователя перемещений / А.А. Грецов, У.В. Бояркина, А.Р. Вахитов // Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: материалы Всероссийской научно-технической конференции (г. Самара, 18-20 мая 2016 г.) / под ред. А.И. Данилина. – Самара: ООО «Офорт», 2016. – С. 61-63.

УДК 620.179.14; 621.3.014.4

ПРИМЕНЕНИЕ ВИХРЕТОКОВОГО МЕТОДА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ДЕФЕКТОСКОПИИ И СТРУКТОСКОПИИ

Д.А. Ворох, Я.А. Иванова
Самарский университет, г. Самара

В настоящее время проводятся исследования свойств и характеристик материалов, используемых в машиностроительной и космической отраслях,

для обеспечения высокого качества изделий. Довольно часто применяются методы бесконтактного контроля изделий, одним из которых является вихретоковый метод неразрушающего контроля, позволяющий изучать объект контроля, в процессе эксплуатации [1].

Вихретоковый метод используется для решения следующих задач [2]:

1. Обнаружение металлических предметов (вихретоковые металлоискатели)
2. Измерения геометрических размеров (вихретоковые толщиномеры);
3. Дефектоскопия;
4. Структуроскопия (контроль химического состава, качества обработки и пр.).

В рамках дефектоскопии наиболее распространенными среди эксплуатационных дефектов являются коррозионные повреждения, причем глубина повреждения варьируется от долей миллиметров до сквозных отверстий и трещины. Трещины хорошо выявляются вихретоковым методом НК, даже при сильно корродированной поверхности ОК.

Основными факторами, связанными с возможностью выявления трещин являются [3]:

- изменение электропроводности материала при наличии поверхностных и подповерхностных трещин на глубине проникновения вихревых токов в материале
- наличие дефектной зоны с измененной электропроводностью ниже трещины
- характеристики оборудования, включая ширину поля чувствительного элемента (ВПП)

Дефектоскопия слоистых композитов применяется для нахождения нарушений сплошности металлического слоя, контроля количества и толщины слоев, нахождения перемычек между слоями или анализа поверхности металлического слоя. Основной характеристикой, чувствительной к данным дефектам, является величина локальной электропроводности материала и ее распределение по поверхности каждого слоя.

В отличие от дефектоскопии, которая связана с выявлением и оценкой параметров уже существующих дефектов в материалах и изделиях, структуроскопия занимается оценкой структурных и физико-механических характеристик материалов и выявлением таких их изменений, которые предшествуют возникновению дефектов, т. е. позволяет прогнозировать преддефектные состояния.

С помощью вихретоковой структуроскопии ферромагнитных материалов решают следующие проблемы, связанные со структурой поверхностных слоев: сортировка материалов и сплавов по маркам, выявление неоднородных по структуре зон, оценка глубины и упрочненных слоев после химико-термической и поверхностной

обработок, контроль правильности выполнения термической и механической обработок, выявление мест коррозионных повреждений.

Современная электромагнитная структуроскопия конструкционных материалов представлена двумя основными направлениями:

1. Вихретоковой структуроскопией, которая предназначена для оценки структурных и механических характеристик неферромагнитных металлов и сплавов путем измерения удельной электрической проводимости (УЭП);

2. Магнитной структуроскопией ферромагнитных материалов на основе измерения коэрцитивной силы.

Главным достоинством вихретокового контроля является возможность разработки преобразователей с частотой тока возбуждения от десятков герц до десятков мегагерц для измерения толщины покрытий в диапазоне от единиц микрометров до десятков миллиметров с возможностью подавления влияния зазора между преобразователем и покрытием, шероховатости покрытия и основания [4].

На рисунке 1 приведен годограф параметрического вихретокового преобразователя (ВТП) в комплексной плоскости (годограф) от изменений УЭП, рабочей частоты и зазора между ВТП и поверхностью объекта контроля.

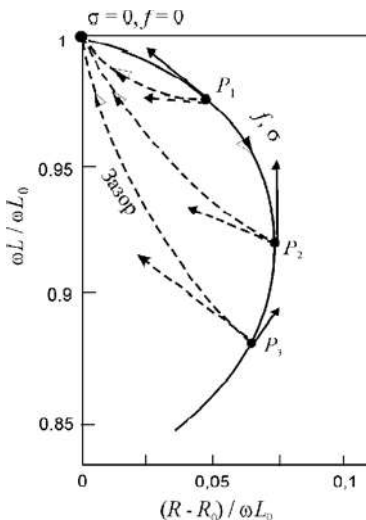


Рисунок 1- Типичная зависимость сопротивления ВТП от удельной электропроводности, зазора и рабочей частоты

Анализ годографов ВТП показывает, что максимальная чувствительность к УЭП наблюдается, когда внесенные значения действительной составляющей импеданса являются максимальными [4].

С увеличением рабочей частоты чувствительность к изменениям УЭП уменьшается, а чувствительность с увеличением рабочей частоты чувствительность к изменениям УЭП уменьшается, а чувствительность к зазору увеличивается. Это иллюстрируется размерами стрелок, которые определяют направление увеличения зазора (пунктирные стрелки) и уменьшения УЭП (сплошные стрелки) соответственно в рабочих точках P1 и P2. Главной проблемой, которую приходится решать при вихретоковых измерениях УЭП, является отстройка от влияния зазора. Поэтому выбор рабочей точки на годографе сигнала ВТП определяется, в основном, исходя из данного соображения [5].

Глубина проникновения поля в толщу проводника определяется как

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot \mu \cdot \mu_0 \cdot \sigma \cdot f}} = \frac{10^3}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{\sigma \cdot f \cdot \mu}}.$$

Условная глубина не зависит от величины магнитного потока (геометрии возбуждающей катушки, наличия сердечника, зазора между катушкой и объектом и т.п.). С увеличением частоты возбуждения глубина проникновения вихревых токов уменьшается. Вихревые токи выталкиваются к поверхности объекта. Такой же эффект наблюдается при возбуждении вихревых токов в ферромагнитных материалах (конструкционных сталях), у которых влияние магнитной проницаемости на глубину проникновения во много раз больше чем влияние удельной электрической проводимости, как правило меньшей чем у меди, алюминия и сплавов на их основе.

Это связано с тем фактором, что магнитная проницаемость (при контроле ферромагнитных материалов), связанная с их намагниченностью, может изменяться в широких пределах, в то время как удельная электропроводность изменяется незначительно [2].

Таким образом, зная магнитную проницаемость и удельную электрическую проводимость контролируемого металла можно подобрать частоту возбуждающего тока и радиус преобразователя, которые обеспечат наилучшую чувствительность к контролю требуемого параметра и минимизируют влияние мешающих факторов.

Список использованных источников:

1. Ворох Д.А., Иванова Я.А. Эквивалентная схема мостового вихретокового преобразователя//Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: материалы Всероссийской научно-технической конференции (г. Самара, 16- 18мая 2017г) Самара: ООО «Офорт», 2017. С. 58-60.
2. Власов К.В., Бобров А.Л. Основы вихретокового неразрушающего контроля. Учебное пособие. — Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщения, 2015-54с.

3. Портер А.М., Букатый С.А., Лешин Д.П., Васильчук М.В., Галицкий А.А.. Дефектоскопия усталостных трещин в деталях ГТД вихретоковым методом // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета).2012.-196-202 с.

4. Д.А. Ворох, А.И. Данилин, У.В. Бояркина. Синхронный детектор для мостового вихретокового преобразователя // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19, № 4. С. 167-170

5. Голубев С.С. Смирнова Н.И. Метрологическое обеспечение бесконтактных методов измерения толщины покрытий // В мире неразрушающего контроля. – 2017. –Том 20 №1. – С. 10-15.

6. Назарчук З.Т., Рыбанчук В.Г., Учанин В.Н.. Электромагнитная структуроскопия конструкционных материалов // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні №1-2011г. – 8-16 с.

УДК 621.3

ФОРМА НАВЕДЕННОГО ИМПУЛЬСА С ДАТЧИКА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МИКРОЧАСТИЦ

А.М. Телегин

Самарский университет, г. Самара

Изучение параметров микрометеороидов и частиц космического мусора в космическом пространстве является интересной и актуальной задачей, которой занимаются исследователи по всему миру. Разработанный нами датчик представляет собой систему плоскопараллельных электродов, при этом каждый нечетный электрод соединен с напряжением -200В , а четный электрод с напряжением 0В [1]. В процессе измерения высокоскоростных микрочастиц (микрометеороидов и частиц космического мусора), микрочастица пролетает через параллельные электроды и наводит на них определенный заряд согласно теореме Рамо-Шокли [2].

Была разработана программа для вычисления наведенного потенциала в представленном датчике. Результаты расчета наведенного импульса представлены на рисунке 1.

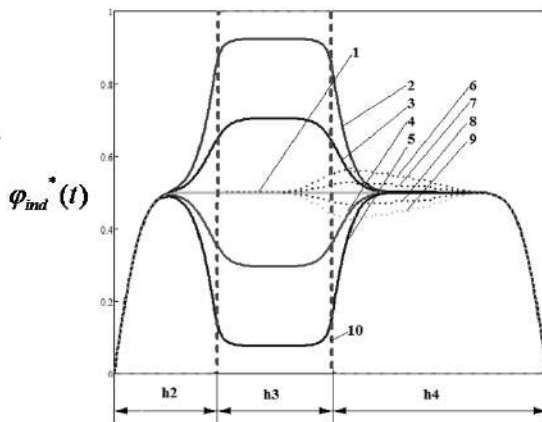
На рисунке 1 изображено 9 различных случаев:

1) микрочастица влетает под углом 0 градусов к защитной сетке и по центру между двумя близкорасположенными электродами;

2) микрочастица влетает под углом 0 градусов к защитной сетке и на расстоянии $0,9D$ (где D – расстояние между электродами) от нулевого электрода;

3) микрочастица влетает под углом 0 градусов к защитной сетке и на расстоянии $0,7D$ от нулевого электрода;

- 4) микрочастица влетает под углом 0 градусов к защитной сетке и на расстоянии $0,3D$ от нулевого электрода;
- 5) микрочастица влетает под углом 0 градусов к защитной сетке и на расстоянии $0,1D$ от нулевого электрода;
- 6) микрочастица влетает под углом 4 градуса к защитной сетке и по центру между двумя близкорасположенными электродами;
- 7) микрочастица влетает под углом 2 градуса к защитной сетке и по центру между двумя близкорасположенными электродами;
- 8) микрочастица влетает под углом -2 градуса к защитной сетке и по центру между двумя близкорасположенными электродами;
- 9) микрочастица влетает под углом -4 градуса к защитной сетке и по центру между двумя близкорасположенными электродами.



h_2 – расстояние от защитной сетки до электродов, h_3 – ширина электродов, h_4 – расстояние от электродов до мишени

Рисунок 1 – Рассчитанная осциллограмма наведенного на электродах потенциала в координатах расстояния от момента влета частицы

Таким образом, было показано, что вектор скорости микрочастицы влияет на форму наведенного импульса в датчике микрометеороидов и частиц космического мусора ионизационного типа, а значит, форма наведенного импульса можно быть использована для оценки вектора скорости заряженной микрочастицы.

Список использованных источников

1. Телегин А.М. Детектор высокоскоростных микрочастиц на основе ионизационного принципа измерения / Телегин А.М. // Успехи прикладной физики. — 2016. — Т. 4, № 6. — С. 618-625.
- 2 Герштейн Г.М. Моделирование полей методом электростатической индукции [Text]. – М.: Наука, 1970.

**МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМБИНИРОВАННОГО
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЕФОРМАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ
ЛОПАТОК ТУРБОАГРЕГАТА**

У.В. Бояркина, А.А. Грецков, С.А. Данилин, Е.Е. Дудкина
Самарский университет, г. Самара

При определении параметров крутильных колебаний лопаток турбоагрегата, важным фактором, влияющим на точность измерения, являются изгибные деформации. По этой причине для достоверного определения параметров колебаний необходимо проводить селекцию крутильных и изгибных деформаций в процессе измерения.

Одним из перспективных направлений решения данной задачи является применение комбинированных оптоэлектронных-СВЧ преобразователей. Для оценки изгибной составляющей деформации лопатки используется СВЧ канал, который осуществляет контроль зазора между его приемно-передающим элементом и торцом лопатки. В случае, если лопатка подвергается изгибу, зазор будет увеличиваться, при этом датчик остается нечувствительным к крутильным колебаниям, так как в случае скручивания лопатки зазор остается неизменным. По этой причине для определения параметров крутильных колебаний лопатки необходимо выбрать фрагмент информационного сигнала, который соответствует моменту времени, когда зазор между торцом и приемно-передающим элементом равен установочному зазору, то есть когда лопатка не подвергается изгибу. Мгновенные положения торца лопатки регистрируются многоканальным оптоэлектронным преобразователем, который формирует информационный сигнал, в результате анализа которого определяется амплитуда, частота и фаза крутильных колебаний.

Время получения информационного фрагмента сигнала датчика связано с накоплением информации, при этом выбор времени накопления обуславливается вероятностью зафиксировать информационный фрагмент сигнала и погрешностью измерений из-за возможных изменений режима работы турбоагрегата [1].

Пусть изменения зазора между торцом лопатки и датчиком в результате изгибных колебаний представляют собой детерминированный или стационарный случайный процесс $y_F(t)$. Значения зазора y_{Fi} отсчитываются каждый оборот, через равные интервалы времени T_0 . Значение зазора при отсутствии изгибных деформаций лопатки равно y_0 . Для оценки минимального времени накопления информации о колебательном процессе, требуется определить такое число отсчетов N , чтобы разница между значением зазора между торцом недеформированной

лопатки и датчиком y_0 и хотя бы одним отсчетом y_{Fi} , с заданной вероятностью P была меньше, чем Δ , т.е.

$$P = P\{|y_0 - y_{Fi}| \leq \Delta\}$$

Плотность вероятности распределения определяется методом Монте-Карло. Для каждого числа отсчетов N проводится 10^5 испытаний, в каждом из которых определяется N значений y_{Fi} с помощью генератора случайных чисел с равномерным распределением в диапазоне $[0,1]$.

На рисунке 1 представлены результаты таких испытаний для количества отсчетов N от 10 до 100 оборотов [2]. В каждой серии испытаний определяется вероятность для различных значений ошибки Δ .

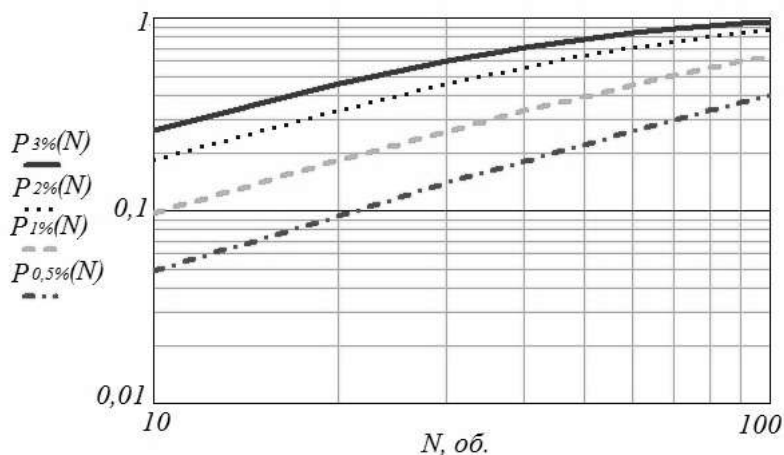


Рисунок 1 – Зависимость вероятности регистрации недеформированной лопатки от числа отсчетов N для различных значений допустимой ошибки Δ

Список использованных источников

1. Данилин, А. И. Бесконтактные измерения деформационных параметров лопаток в системах контроля и управления турбоагрегатами / А. И. Данилин. – Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2008. – С.189-198.

2. Заблоцкий, И. Е. Бесконтактные измерения колебаний лопаток турбомашин / И.Е. Заблоцкий, Ю.А. Коростелев, Р.А. Шипов. - М.: Машиностроение, 1977. – 160 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ В РАДИОЛОКАТОРАХ С СИНТЕЗИРОВАННОЙ АПЕРТУРОЙ АНТЕННЫ

Б.В. Плеханов, Ю.Ф. Широков
Самарский университет, г. Самара

Одной из важнейших задач радиолокатора с синтезированной апертурой антенны (РСА) является задача селекции движущихся наземных и морских целей на фоне местности и неподвижных целей. Селекция движущихся целей основана на различии скорости относительного движения по отношению к летательному аппарату (ЛА) неподвижных и движущихся объектов. Это различие скоростей заложено в пространственно-временных характеристиках траекторных сигналов РСА. В режиме селекции движущихся целей можно выделить следующие задачи [1]:

1. Обнаружение только движущихся объектов при подавлении сигналов от всех других объектов и фона местности.

2. Обнаружение только движущихся объектов с измерением их координат (дальность-азимут) и радиальных скоростей.

3. Обнаружение только движущихся объектов с измерением их координат и векторов скорости (радиальной и тангенциальной составляющей).

4. Обнаружение одновременно движущихся и неподвижных объектов с измерением их координат и векторов скорости с индикацией на фоне радиолокационного изображения (РЛИ) земной поверхности.

Все методы селекции движущихся целей основаны на математической модели траекторного сигнала. [2] Анализируя данную модель, фаза и доплеровская частота траекторного i -той цели изменяется по закону:

$$\varphi_i(t) = \frac{4\pi}{\lambda} \times (V \cos \theta_{ni} + V_{ui}^R) \times t - \frac{2\pi}{\lambda R_{ni}} \times (V \sin \theta_{ni} + V_{ui}^{R\perp})^2 \times t^2 + \varphi_{n0i},$$

где $\varphi_{n0i} = \varphi_{0i} - \frac{4\pi}{\lambda} \times R_{ni}$ - начальная фаза;

$$F_{ui}(t) = \frac{2 \times (V \cos \theta_{ni} + V_{ui}^R)}{\lambda} - \frac{2 \times (V \sin \theta_{ni} + V_{ui}^{R\perp})^2}{\lambda R_{ni}} \times t.$$

Выделяют следующие методы селекции движущихся целей в РСА:

1. Метод селекции движущихся целей в РСА путем доплеровской фильтрации сигналов определяет наличие движение объекта за счет измерения смещения доплеровской частоты его сигнала относительно

траекторных сигналов неподвижных целей (фона). Минимальная радиальная скорость цели, при которой он выделяется, обычно более 7...10 м/с. [1] Поэтому данный метод не позволяет выделить движущиеся цели с небольшой скоростью относительно ЛА.

2. Моноимпульсный метод обнаружения и селекции движущейся цели в РСА заключается в том, что устанавливается однозначное соответствие истинного углового положения движущейся цели и её местоположение в пределах индикатора. При высоком отношении сигнал/фон возможна селекция целей при скорости движения более 1...3 м/с. [1]

3. Метод селекции движущейся цели в РСА с «остановкой» фазового центра антенны. Суть метода состоит в том, что добиваются «остановки» движения апертуры, обеспечив совмещение фазовых центров в моменты излучения и приема последовательных импульсов.

Список использованных источников:

1. Кондратенков Г.С., Фролов А.Ю. Радиовидение. Радиолокационные системы дистанционного зондирования Земли. Учебное пособие для вузов /Под ред. Г.С. Кондратенкова. – М.: «Радиотехника», 2005. – 368 с.

2. Витязев В.В., Колодько Г.Н. Витязев С.В. Селекция наземных движущихся целей на основе многоскоростной адаптивной обработки траекторного сигнала // Цифровая обработка сигналов. 2007. №1. С. 41-50.

УДК 53.082.7

РАСЧЕТ ИЗМЕРИТЕЛЯ ВЕКТОРА СКОРОСТИ

А.А. Асадова, А.М. Телегин
Самарский университет, г. Самара

Микрометеороиды, вращающиеся вокруг нашей планеты на очень высокой скорости, являются одной из основных проблем на низкой орбите. Скорости несколько километров в секунду (а именно такая скорость присуща микрометеороидам) достаточно, чтобы повредить КА). С каждым годом количество космического мусора растет, тем самым увеличивается риск его попадания в КА.

Целью исследования и является: расчет измерителя вектора скорости микрометеороидов.

Важными физическими величинами для оценки микрометеороидов являются: скорость, масса и их размеры [1-3].

В данной работе анализ динамики заряженных частиц в трехмерных электромагнитных полях осуществлялся в программе CST PARTICLE STUDIO. Для получения и дальнейшего анализа кильватерных полей, создаваемых сгустками заряженных частиц в камерах резонатора использовался вычислитель наведенных полей (WAK вычислитель). Суть

метода состоит в том, что структура возбуждается импульсом тока с продольным гауссовым распределением заряда, в результате чего наводятся электромагнитные поля, рассчитываемые во временной области.

Вывод:

Для реализации поставленной цели были решены следующие задачи:

- Проведен обзор и сравнение характеристик существующих измерителей вектора скорости;
- Проведена оценка конструктивной реализации измерителей вектора скорости;
- Разработана конструкция прибора, а так же проведен его анализ и расчет;
- Составлена физико-математическая модель функционирования устройства;
- Составлена 3D модель устройства.

Список использованных источников

1 Liu M. et al. Characterizing hypervelocity impact-engendered damage in shielding structures using in-situ acoustic emission: Simulation and experiment //International Journal of Impact Engineering. – 2018. – Т. 111. – С. 273-284.

2 Auer A., Sitte K. Detection technique for micrometeoroids using impact ionization //Earth and Planetary Science Letters. – 1968. – Т. 4. – №. 2. – С. 178-183.

3 Auer S. et al. The charge and velocity detector of the cosmic dust analyzer on Cassini //Planetary and Space Science. – 2002. – Т. 50. – №. 7-8. – С. 773-779.

УДК 620.179.18; 62-799; 533.662.6; 623.746.-519

ОСОБЕННОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ НЕСУЩИХ ВИНТОВ ВЕРТОЛЕТОВ И БЕСКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЯ ИХ ЦЕЛОСТНОСТИ

С.В. Жуков

Самарский университет, г. Самара

Главным узлом, обеспечивающим как подъемную силу, так и полетные качества вертолѐта является несущий винт, именно от его целостности зависит, жизнь и здоровье экипажа, работоспособность и целостность всего вертолѐта. Анализ научно-технической литературы показывает, что среди разнообразных методов и средств контроля деформационного состояния лопастей несущего винта вертолѐта, в настоящее время, наиболее перспективным является дискретно - фазовый метод, основанный на облучении зондирующим СВЧ-сигналом объекта исследования [1,2].

Развитие вертолетов и их несущих систем привело к созданию множества разнообразных и уникальных несущих систем. Некоторые из них обладали характеристиками, разительно отличающимися от классической схемы. В данном случае наиболее интересными являются схема с соосным расположением несущих винтов и схема с перекрещивающимися лопастями. Соосная схема представляет собой пару несущих винтов, расположенных друг над другом на соосных валах, вращающихся в противоположные стороны. В схеме с перекрещивающимися лопастями несущие винты расположены по бокам фюзеляжа со значительным перекрытием, а их оси наклонены наружу под углом друг к другу. В качестве примера можно привести вертолеты Ка-27 с соосной схемой и Kamon K-MAX с перекрещивающимися лопастями, изображённые на рисунке 1, соответственно.



Рисунок 1 – Вертолеты Ка-27 и Kamon K-MAX, соответственно

Как известно [3], в соосной схеме расположения несущих винтов вертолета, в некоторые моменты времени лопасти верхнего несущего винта перекрываются лопастями нижнего несущего винта, то при установке антенн необходимо учитывать все возможные азимутальные углы встречи лопастей верхнего и нижнего несущих винтов. Углы встречи лопастей зависят от конструкции редуктора вертолета и всегда постоянны.

Для схемы с перекрещивающимися лопастями ситуация аналогична, положение азимутальных углов встречи всегда постоянны и зависят от конструкции редуктора вертолётa. Поэтому внедрение устройства контроля состояния вращающихся узлов вертолётa возможно только с учетом информации со штатных датчиков, которая позволяет исключить неоднозначность идентификации лопастей в рабочем эксплуатационном режиме.

Также с точки зрения эксплуатации интересны несущие системы БПЛА вертолётного типа. Чаще всего для таких БПЛА используется классическая одновинтовая схема с хвостовым рулевым винтом. От стандартных вертолетов такие системы отличаются в первую очередь габаритами, как несущей системы, так и самого вертолётa, а также

материалами из которых изготавливаются конструкционные элементы БПЛА. В большинстве случаев это композиционные материалы.

В качестве примера таких БПЛА можно привести беспилотный летательный аппарат RQ-8A Fire Scout [4], построенный на базе лёгкого пилотируемого вертолѐта Schweizer Model 330SP и изображенный на рисунке 2. Взлѐт-посадка производится вертикально, а контроль над аппаратом осуществляется с помощью GPS или инерционной системой навигации.

Также на БПЛА часто применяется двухвинтовая соосная схема. Достоинством схемы являются малые габариты. Недостатки схемы: сложная система трансмиссии и управления, недостаточная путевая устойчивость на авторотации и вероятность схлестывания лопастей нижнего и верхнего винтов при сильном ветре. Примером такого БПЛА может служить БПЛА вертолетного типа QH-50 [5], изображенный на рисунке 3.



Рисунок 2 – БПЛА вертолетного типа RQ-8A Fire Scout



Рисунок 3 – БПЛА вертолетного типа QH-50

Список использованных источников

1. Данилин А.И., Жуков С.В., Бояркина У.В., Грецов А.А. Способ контроля целостности лопастей несущего винта вертолёта и устройство для его осуществления: Пат. 2593652 (РФ). 2016.
2. Данилин А.И., Жуков С.В. Оптоэлектронные системы определения деформационного состояния несущего винта вертолёта // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18, №4(6). С. 1307-1314.
3. Володко А.М., Верховин М.П., Горшков В.А. Вертолеты. Справочник по аэродинамике, динамике полета, конструкции, оборудованию и технической эксплуатации. М.: Военное издательство, 1992. 61-62 с.
4. Northrop Grumman MQ-8C Fire Scout VTOL UAV completes first ship-based test period with US Navy [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://Navyrecognition.com>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 05.04.2018).
5. United States: Antisubmarine Warfare. // Military Review. – September 1963. – Vol. 43 – No. 9. – P. 98-99.

УДК 531.7.08

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДЛЯ ОТРАЖЕННЫХ ОТ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЛУЧЕЙ

А.И. Данилин, В.В. Неверов
Самарский университет, г. Самара

При построении модели взаимодействия зондирующего потока СВЧ диапазона с элементами зубчатого колеса для учета влияния диаграммы направленности первичного преобразователя, а так же влияния изменения расстояния между первичным преобразователем и отражающей поверхностью необходимо введение весовых коэффициентов для каждого луча. Диаграмма направленности торца круглого волновода, являющегося излучателем, имеет форму колоколообразного импульса в декартовой системе координат. Графики зависимости амплитуды сигнала от расстояния между торцом излучающего волновода и контролируемой поверхностью описанные в статье [1] были получены экспериментальным путем. Амплитудная характеристика для первичного преобразователя, излучающего электромагнитный СВЧ поток на частоте 12 ГГц, изображена на рисунке 1. А на рисунке 2 изображена амплитудная характеристика для первичного преобразователя, излучающего электромагнитный поток на частоте 32 ГГц. Данные зависимости были аппроксимированы степенными полиномами, качество аппроксимации оценено с помощью коэффициента

детерминации (R^2). Аппроксимация производилась методом наименьших квадратов.

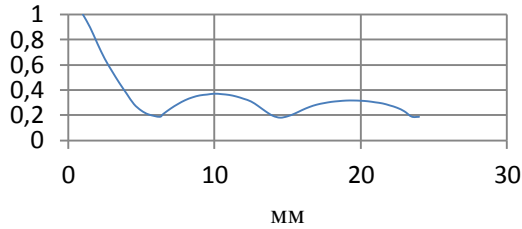


Рисунок 1 – Амплитудная характеристика для первичного преобразователя на 12 ГГц

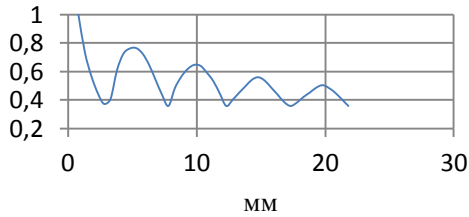


Рисунок 2 – Амплитудная характеристика для первичного преобразователя на 32 ГГц

В результате на участке $0 < \lambda \leq 0,25$ зондирующего СВЧ потока с частотой 12 ГГц зависимость амплитуды от расстояния можно описать аппроксимирующим полиномом третьей степени, представленным выражением (1). Коэффициент детерминации (R^2) при этом равен 0,9997.

$$y = 0,0033x^3 - 0,0118x^2 - 0,2238x + 1,2368 \quad (1)$$

Аналогично аппроксимирующий полином для второго участка $0,25 \leq \lambda \leq 0,5$ представлен выражением (2). Коэффициент детерминации (R^2) при этом равен 0,9976.

$$y = -0,0006x^3 + 0,0025x^2 - 0,1383x + 0,6188 \quad (2)$$

Для амплитудной характеристики в диапазоне нормированных длин волн $0 < \lambda \leq 0,25$ для зондирующего потока частотой 32 ГГц аппроксимирующий полином приведен в выражении (3):

$$y = -0,0248x^3 + 0,2579x^2 - 0,9764x + 1,6279 \quad (3)$$

Аналогично аппроксимирующий полином для второго участка $0,25 \leq \lambda \leq 0,5$ представлен выражением (4). Коэффициент детерминации (R^2) при этом равен 0,9997.

$$y = 0,106x^4 - 1,7941x^3 + 11,12x^2 - 29,695x + 29,198 \quad (4)$$

Расстояние, проходимое отраженным лучом вычисляется по формуле (5):

$$|\bar{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad (5)$$

В зависимости от того, какой первичный преобразователь нужно промоделировать и в какой из двух диапазонов попадает длина пути, пройденного отраженным лучом, выбирается один из четырех представленных выше полиномов, по которому производится расчет весового коэффициента для конкретного отраженного луча.

Список использованной литературы

1. Неверов В.В., Данилин С.А. Экспериментальная проверка основных аспектов бесконтактного радиоволнового способа определения технического состояния зубчатых колес // Известия Самарского научного центра РАН. 2017. Т. 19. №6. С. 214-219.

УДК 621.389

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК НАПРЯЖЕННОСТИ ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Г.И. Леонович, В.Н. Захаров, Лобях А.Е.
Самарский университет, г. Самара

Современные волоконно-оптические датчики (ВОД) позволяют измерять многие физические параметры. В нашем случае будет предложен метод измерения напряженности электрического поля с помощью *решеток Брэгга*, позволяющая эффективно использовать датчики поля в сенсорных сетях со спектральным или временным разделением каналов и основанная на преобразовании электрической энергии в механическую, растягивающую участок волокна с нанесенной на него брэгговской решеткой.

В настоящее время к одним из наиболее эффективных преобразователей, отвечающих высоким требованиям по метрологическим и эксплуатационным показателям, относятся волоконно-оптические преобразователи физических величин с передачей информации от сенсора к контроллеру по волоконно-оптическим линиям связи. Наиболее распространены ВОД, работа которых основана на электрооптических эффектах.

Схематично датчик напряженности электрического поля изображен на рисунке 1. Если сегнетоэлектрик поместить в электрическое поле, то по мере роста напряженности поля будет происходить обратимое смещение границ доменов в направлении поля и линейное возрастание электрической индукции D (участок 1 на рисунке 2).

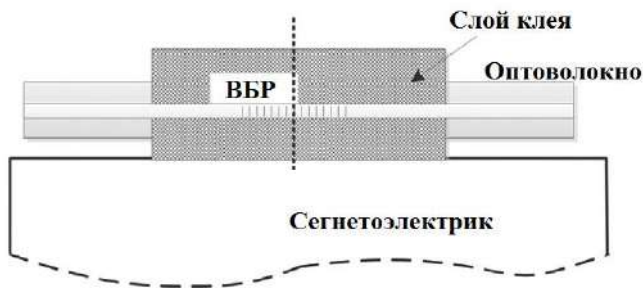


Рисунок 1 – Схема волоконно-оптического датчика постоянного электрического поля

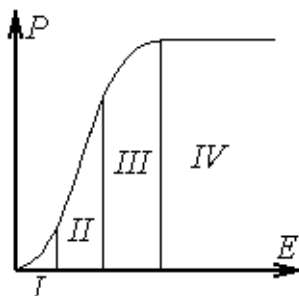


Рисунок 2 – Основная кривая поляризации диэлектрика

Основной характеристикой брэгговских решеток является зависимость спектра отраженного излучения от приложенного к ней механического напряжения и температуры. Основным интересом представляют спектральное положение резонанса, его ширина и коэффициент отражения в максимуме. Метод связанных мод применительно к описанию поведения брэгговской решетки, в рамках которого предполагается, что на заданной длине волны лишь для двух определенных мод выполняется условие фазового синхронизма, и только эти моды могут обмениваться энергией друг с другом.

Максимальная электрострикция соответствует $\delta = 0,1 \%$ при поле насыщения $E_{max} = 10^6$ В/м. Датчик может применяться в широком температурном диапазоне (от -40^0 до $+50^0$ С), для этого требуется вторая ВБР, длина волны отражения которой будет меняться только в зависимости от температуры.

Данный датчик можно использовать при поиске подземных аномалий в геологии по изменению напряженности геоэлектрического поля, так как он пассивный, т.е. не требует дополнительного питания чувствительной части. Способен измерять достаточно широкий диапазон напряженности

электрического поля. Датчик обладает достаточной чувствительностью при малых значениях напряженности электрического поля, что позволяет использовать его для определения критических зарядов станков и транспортеров, которые могут вызвать искру на взрывоопасных производствах, измерение поля от телевизоров и компьютеров в целях экологической безопасности человека, определение свойств одежды накапливать статическое электричество.

Список использованных источников

1. Л. М. Андрушко, В. А. Вознесенский и В. Б. Каток, Справочник по волоконно-оптическим линиям связи, Киев: Техника, 1988.

2. С. А. Гриднев, «Электрические кристаллы,» *Соросовский образовательный журнал*, № 7, pp. 99-104, 1996

3. К. С. Петров, Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника, Санкт-Петербург: Питер, 2003

4. С. А. Гриднев, «Диэлектрики с метастабильной диэлектрической поляризацией,» *Соровский образовательный журнал*, № 5, pp. 105-111, 1997.

5. С. Н. Каллаев, З. М. Омаров, Р. Г. Митаров и С. А. Садыков, «Теплофизические свойства сегнетокерамики ПКР-7М в области размытого фазового перехода,» *Физика твердого тела*, т. 53, № 7, pp. 1307-1311, 2011.

6. Материалы пьезокерамические. Технические условия(отраслевой стандарт) ОСТ 110444-87, Москва, 1987.

7. А. А. Есис, Электромеханический гистерезис, обратный пьезоэффект и реверсивная нелинейность сегнетокерамик различной степени сегнетожесткости, диссертация, Ростов-на-Дону, 2007

8. В. А. Лазарев, Быстродействующая система измерения деформации и температуры на основе волоконно-оптических брэгговских датчиков, Москва, 2013.

9. Исследование поляризации сегнетоэлектриков. Методические рекомендации., Иркутск: Иркутский Государственный Университет, 2005.

УДК 531.7.08

ПОГРЕШНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПЕРВИЧНОГО СВЧ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ОБЪЕКТА КОНТРОЛЯ

А.И. Данилин, В.В. Неверов
Самарский университет, г. Самара

Целью данной работы является рассмотрение трех видов погрешностей для математической модели взаимодействия первичного СВЧ преобразователя с объектом контроля и для бесконтактного способа

определения технического состояния зубчатых колес, а именно: погрешность задачи, погрешность метода и погрешность округления.

При проведении экспериментов используется генератор электрических колебаний СВЧ диапазона с частотой 12 ГГц. Расстояние между торцом волновода, выполняющего роль первичного преобразователя, и объектом контроля составляет 3мм. Это расстояние лежит в пределах ближней зоны излучателя, приблизительно равной двум длинам волн [3]. Поэтому можно пользоваться законами геометрической оптики. Однако некоторые волновые процессы окажутся неучтенными. Объект контроля – зубец шестерни, решено представить в виде пирамидального параллелепипеда, хотя в реальности шестерён с такими зубцами не существует. Торце круглого волновода, являющийся первичным преобразователем, решено представить в виде круга с диаметром, равным диаметру диэлектрического заполнения круглого волновода. Такие приближения упрощающие построение модели будем считать неустраняемыми погрешностями задачи.

При построении математической модели вводится некоторая дискретизация процессов, когда область излучения датчика разбивается прямоугольной сеткой на фрагменты с определенным шагом, который задается заранее. Так же задается заранее шаг угла поворота шестерни, и шаг поворота луча в пределах диаграммы направленности. Для учета интенсивности каждого зондирующего и отраженного луча используется соответствующий весовой коэффициент, определяемый их угловым положением в диаграмме направленности датчика. Весовой коэффициент уменьшается с увеличением угла падения относительно нормали к приемно-излучающему торцу датчика. Диаграмма направленности первичного преобразователя в декартовых координатах будет представлять собой колоколообразный импульс. Соответственно весовые коэффициенты для лучей будут дискретными значениями функции, описывающей колоколообразный, гауссов, импульс. Соответственно, увеличивая или уменьшая шаги дискретизации можно увеличивать или уменьшать точность расчетов, так же шаг дискретизации напрямую влияет на скорость расчетов. Кроме этого, при вычислении весовых коэффициентов необходимо решать трансцендентное уравнение, не решаемое в аналитическом варианте. Поэтому для его решения необходимо воспользоваться численными методами или применять разложение в ряд. Данные способы решения уравнений позволяют получить ответ лишь с определенной точностью. Поэтому данный вид погрешности можно отнести к погрешности метода. Так же диаграмма направленности в декартовых координатах описывается функцией для колоколообразного импульса только приблизительно, соответственно и дискретные значения этой функции будут соответствовать реальным значениям диаграммы направленности с определенной погрешностью.

Список использованной литературы

1. Баскаков, С.И. Электродинамика и распространения радиоволн: учебное пособие [Текст]/ С.И. Баскаков. – Москва: Высшая школа, 1992.-416с.
2. Горбаченко В. И. Вычислительная линейная алгебра с примерами на MATLAB [Электронный ресурс] //Интернет-адрес: <http://matlab.exponenta.ru/books/default.php>.

УДК 629.7.08

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЧИСТОТЫ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

И.А. Попельнюк, А.М. Гареев
Самарский университет, г. Самара

Известно, что состояние рабочей жидкости (РЖ) гидравлической системы во многом определяется уровнем её загрязненности [1]. В связи с этим актуальной является задача повышения точности и достоверности оценки данного параметра, в первую очередь за счет совершенствования конструкции датчиков встроенного контроля чистоты РЖ.

Из всего многообразия существующих датчиков в авиационной и ракетно-космической технике широкое применение нашли фотоэлектрические преобразователи (ФЭП) [3]. Они имеют малые габариты и массу, работоспособны без ухудшения основных метрологических характеристик при изменении в широких пределах климатических условий, вибраций и пульсаций РЖ.

Для проведения теоретических исследований с оптическим трактом датчика, была разработана математическая модель. При разработке математической модели фотоэлектрического датчика были учтены взаимосвязь энергетических характеристик всех узлов его оптического тракта и влияние конструктивно-технологических параметров на интегральную чувствительность ФЭП.

Разработка математической модели велась на основе физической модели ФЭП (рисунок 1), с применением вектора Пойтинга и с учётом Френелевских потерь.

В результате было получено уравнение функции светопропускания фотоэлектрического датчика в общем виде:

$$P_{\text{вых}}(\Delta S) = \tau_1 \tau_2 \int_{\Omega} \int_{\Delta S} B_m^2 d\sigma_n d\Omega \quad ,$$

τ_1 - коэффициент пропускания устройства ввода оптической энергии, τ_2 - коэффициент пропускания устройства вывода оптической энергии, B_m

амплитуда энергетической яркости пятна на выходе световой трубки, σ_n - площадь выходного сечения световой трубки.

Полученное уравнение представляет собой обобщенную математическую модель параметров дисперсной фазы, которая позволяет с позиций геометрической оптики выявить основные зависимости энергетических характеристик функциональных узлов ФЭП и перейти к разработке расчетных моделей оптического тракта.

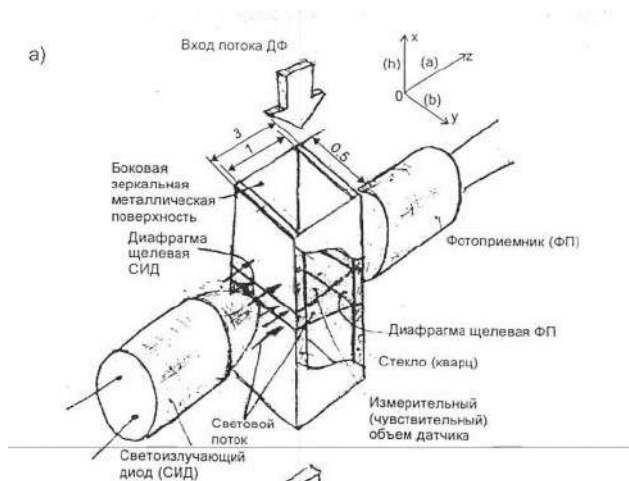


Рисунок 1 - Обобщенная физическая модель проточной части ФЭП

На основании полученной модели планируется рассмотреть составные части ФЭП в виде расчетных моделей отдельно для излучающей системы, для поля излучения, прошедшего в измерительный (чувствительный) объем и провести оценку влияния геометрических размеров оптической диафрагмы на потери излучаемой мощности и неравномерность засветки измерительного объема. Это позволит провести детальный анализ с целью выработки рекомендаций по совершенствованию конструкции чувствительного элемента ФЭП с целью снижения погрешностей в их работе, что позволит повысить эффективность контроля чистоты рабочих жидкостей гидравлических систем.

Список использованных источников

1. Никитин, О.Ф. Рабочие жидкости гидроприводов. Классификация, свойства, рекомендации по выбору и применению [Текст] Издательство МГТУ имени Н.Э. Баумана, Москва, 2007. – 151 с.

2. Гареев, А.М. Упреждающее обслуживание гидравлических систем летательных аппаратов [Текст]: Монография / А.М. Гареев, С.Н. Тиц – Самара: Издательство Самарского научного центра Российской академии наук, 2010. - 110 с.

УДК 621.3.011.32

ПРИМЕНЕНИЕ ГИР ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПАССИВНОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МАНИПУЛЯТОРА

С.А. Куликов, В.А. Днищенко
Самарский университет, г. Самара

В радиотехнике часто приходится рассчитывать, изготавливать и настраивать пассивные колебательные LC-цепи. В радиолюбительской практике давно известен достаточно эффективный и одновременно простой способ измерения частоты настройки колебательного контура с применением гетеродинного индикатора резонанса (ГИР). Достоинствами данного метода являются простота измерительной аппаратуры и гальваническая развязка с исследуемым контуром. Для проведения измерений достаточно, чтобы настраиваемый контур находился в зоне действия магнитного поля катушки измерительного генератора [1].

Принцип работы ГИР основан на явлении перераспределения энергии в связанных контурах в момент настройки их в резонанс [1]. Упрощенная схема ГИР приведена на рисунке 1.

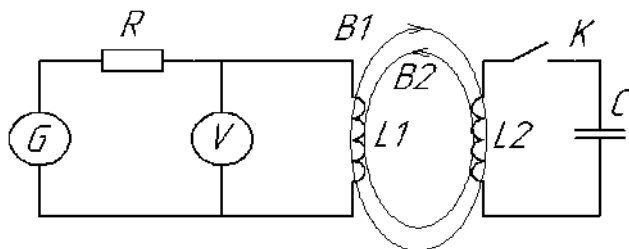


Рисунок 1 – Упрощенная схема ГИР

Катушка L1 генератора высокой частоты G является элементом, который излучает высокочастотную энергию генератора в окружающее пространство. Если в зону действия катушки прибора поместить контур, резонансная частота которого совпадает с генерируемой, то этот контур, отбирая энергию генератора, в зависимости от коэффициента связи между катушкой и контуром, а также от добротности контуров может уменьшать амплитуду генерируемых колебаний или сорвать их. Момент изменений

амплитуды генерируемых колебаний обнаруживается с помощью высокочастотного вольтметра V.

Рассматриваемое явление может быть положено в основу работы канала фиксации момента нажатия командной кнопки беспроводного пассивного манипулятора.

Для проверки практической реализуемости варианта построения пассивного компьютерного манипулятора, основанного на ГИР, при реальных расстояниях между дистанционным манипулятором и генерируемым блоком была оценена величина коэффициента связи между катушками при этих расстояниях.

Количественно связь контуров через общее магнитное поле оценивается коэффициентом связи [2]:

$$K_{св} = \frac{M}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}}, \quad (1)$$

где L_1 и L_2 – индуктивности контуров генератора и исследуемой LC-цепи, M – взаимная индуктивность связанных контуров.

Эта величина сложным образом зависит от геометрических размеров связанных контуров, числа витков в них и от их взаимного расположения. Исчерпывающая информация о расчете взаимных индуктивностей при различных конфигурациях катушек приведена в [2]. Воспользуемся материалами этой справочной книги для расчета коэффициента связи между двумя одинаковыми соленоидами при параллельном (а) и коаксиальном (б) расположении их осей (рисунок 2).

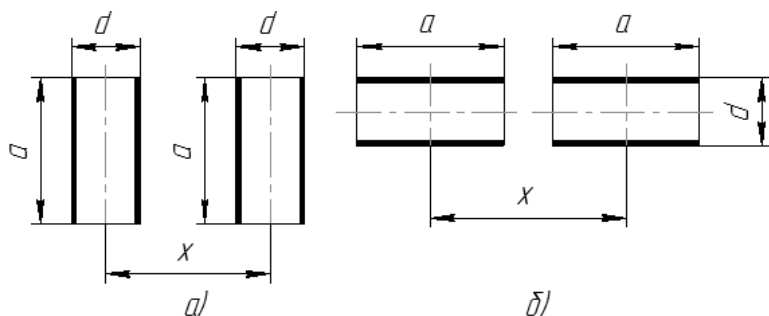


Рисунок 2 – Взаимное расположение соленоидов

В программе MATLAB были произведены расчёты по формулам (2) и (3) [2] и получены графики зависимости коэффициента связи от расстояния между осями соленоидов x и от диаметров соленоидов d . Длина намотки соленоидов оставалась постоянной и равной $a = 10$ мм. Графики, полученные при моделировании, приведены на рисунке 3.

Зависимость взаимной индуктивности связанных контуров, при параллельном и коаксиальном расположении осей описывается формулами (2) и (3) [2] соответственно:

$$M = \frac{\pi}{16} \cdot \mu_0 \cdot \frac{d^2}{a^2} \cdot w^2 \cdot \xi \left[\frac{b}{x} - 1 + \frac{\xi^2}{2} \left(1 - \frac{3}{2} \eta^2 + \frac{1}{2 \cdot \eta^3} \right) - \frac{5}{8} \xi^4 \left(1 - 5\eta^2 + \frac{35}{8} \eta^4 - \frac{3}{8 \cdot \eta^5} \right) + \frac{35}{32} \xi^6 \left(1 - \frac{21}{22} \eta^2 + \frac{189}{8} \eta^4 - \frac{231}{16} \eta^6 + \frac{5}{16 \cdot \eta^7} \right) \right] \quad (2)$$

$$M = \frac{\pi}{8} \cdot \mu_0 \cdot \frac{d^2}{a} \cdot \frac{q_2}{l_2} \cdot w^2 \left[1 - \frac{d^2}{8 \cdot l_2^2} \cdot \beta_2^2 (\xi_2 + \xi_4 \cdot \eta_2'' \cdot \beta_2^2 + \xi_6 \cdot \eta_4'' \cdot \beta_2^4) \right] - \frac{\pi}{8} \cdot \mu_0 \cdot \frac{d^2}{a} \cdot \frac{q_1}{l_1} \cdot w^2 \left[1 - \frac{d^2}{8 \cdot l_1^2} \cdot \beta_1^2 (\xi_2 + \xi_4 \cdot \eta_2' \cdot \beta_1^2 + \xi_6 \cdot \eta_4' \cdot \beta_1^4) \right] \quad (3)$$

Все величины, входящие в формулы (2) и (3) приведены в [2].

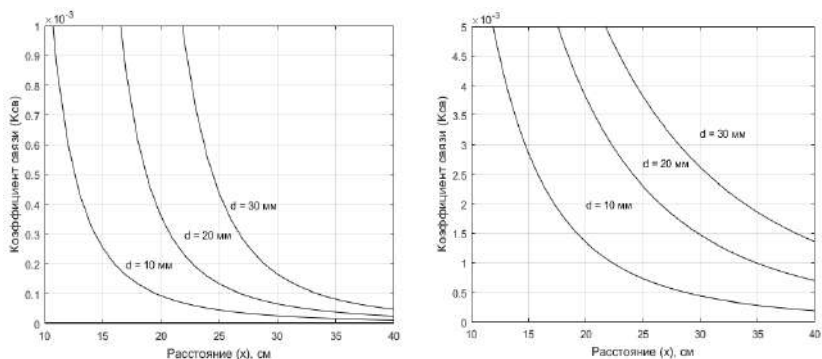


Рисунок 3– Графики зависимостей коэффициента связи от расстояния между катушками для разных диаметров катушки при параллельном (слева) и коаксиальном (справа) расположении осей

Таким образом, теоретический расчет показывает возможность применения ГИР для построения пассивного компьютерного манипулятора.

Список использованных источников:

1. Гвоздицкий Г. Гетеродинный индикатор резонанса // Радио, 1993, №1, с. 36-37.
2. Калантаров П.Л. Расчет индуктивностей: справочная книга [текст]/П.Л.Калантаров, Л.А.Цейтлин, – Л.: Энергоатомиздат., 1986. –488 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ С КОРРЕКТИРУЮЩИМ КОДИРОВАНИЕМ

Н.Ж. Есболов, Д.Л. Киселев, Г.И. Леонович
Самарский университет, г. Самара

С развитием высоких технологий в радиоэлектронике и других науках возникает необходимость применения более надежных, точных и экономичных радиотехнических систем передачи информации. Область распространения именно цифровых систем передачи информации (ЦСПИ) с каждым днем все увеличивается, они применяются и в бытовой технике (телевизоры, видеокамеры, видеомагнитофоны и др.), в телевидении (кабельное и спутниковое телевидение), в области вычислительной техники и, безусловно, в области связи.

При проектировании и эксплуатации цифровых систем связи необходимо знать не только основы построения этих систем, их принципы работы и основные характеристики, но и решать задачи оптимального проектирования, которые включают в себя такие вопросы как:

- 1) назначение наиболее важных показателей качества проектируемой ЦСПИ,
- 2) выбор комплексного критерия эффективности,
- 3) методы оптимального проектирования и примеры конкретного расчета ЦСПИ,
- 4) разработка имитационной модели цифровой СПИ и расчет основных показателей,
- 5) экспериментальное исследование основных показателей цифровых СПИ.

Анализ проведенных исследований [1] показывает, что эффективность проектируемой ЦСПИ необходимо проводить на основе основного – главного показателя: результирующей погрешности на выходе системы. В настоящем докладе рассмотрены два основных фактора, более всего влияющие на результирующую погрешность, или точность воспроизведения цифрового сообщения на выходе системы:

- 1) способ первичного цифрового преобразования (кодowo-импульсная КИМ, дифференциальная импульсно-кодовая модуляция (ДИКМ) или их модификации),
- 2) метод манипуляции (амплитудная АМн, частотная ЧМн или фазовая ФМн).

Задача проектирования цифровых СПИ (да и любой другой системы) является многокритериальной, что делает задачу оптимизации сложной и неоднозначной.

Классификация показателей сводит задачу оптимизации к следующей

математической формулировке:

найти $\mathbf{X}_0 = (x_1 \dots x_n)_0$, обеспечивающий

$$\min (\max) W = F(x_1 \dots x_n) \quad (1)$$

при заданных ограничениях на внутренние параметры $V(x_1 \dots x_n) \leq 0$ для $i=1 \dots I$.

В выражении (1) под \mathbf{X} понимаются параметры ЦСПИ, интересующие разработчика. На основе рассмотренной математической записи задачи оптимального проектирования составлена методика оптимального проектирования, представляющая собой порядок решения задачи оптимизации, начиная от словесной формулировки, переходя к математической и заканчивая решением итоговой задачи векторного или скалярного синтеза, т.е. требуется найти $\mathbf{X}_0 = (x_1 \dots x_n)$, обеспечивающий

$$\max (\min) W(\mathbf{X}) = W(x_1 \dots x_n) \quad (2)$$

при $V_i(x_1 \dots x_n) \leq 0, \quad i = 1, I$.

Число ограничений I и J в задачах (1) и (2) не связано с числом внутренних « n » и внешних « m » параметров. Эти ограничения определяют область допустимых систем, из которых по экстремуму критерия эффективности W необходимо выбрать одну оптимальную ЦСПИ.

В докладе рассматривается модель приема цифровых сигналов, и на этой основе - структура оптимального приемника. Исследуются факторы, более всего влияющие на точность воспроизведения цифрового сообщения.

На рисунке 1 приведено решение задачи выбора оптимального числа разрядов КИМ (или ДИКМ) при оцифровке.

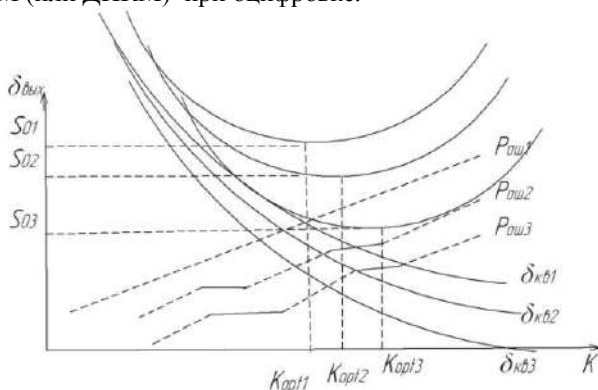


Рисунок 1— Зависимость составляющих результирующей погрешности от числа информационных и контрольных разрядов КИМ: $\delta_{кв} = 2^{-n}$ и $n \cdot P_{ош} = 0,5n \cdot \exp(-I^2/2)$

Суммарное значение результирующей погрешности $\delta_{\text{вых}}$ определяется как среднеарифметическое значение погрешности оцифровки $\delta_{\text{АЦП}}$ и

вероятности ошибочного воспроизведения символов двоичного кода КИМ $P_{\text{ош}}$. Суммарная зависимость имеет минимум, который и определяет оптимальное число информационных разрядов n_{opt} : для безизбыточного кода ($k = 0$). Оптимальное значение равно $n_{\text{opt}}^{(0)}$, которое определяется вычислением результирующей погрешности для ближайших к оптимальному (слева и справа) целых значений “ n ”. При использовании корректирующего кода вероятность ошибки снижается и зависимость $P_{\text{ош}}(n = m+k)$ на графиках рисунка 1 понижается [2]. Соответственно изменяется оптимальное число разрядов АЦП: $n_{\text{opt}}^{(3)}$ и $n_{\text{opt}}^{(5)}$.

Следующим шагом при поиске наилучших параметров ЦСПИ является расчет интересующих заказчика характеристик. В частности одновременно с графическим нахождением разрядности АЦП проводятся расчеты таких системных параметров как полоса частот, занимаемая результирующим сигналом при АМн, ЧМн и ФМн, а также энергетические характеристики (мощность излучения, чувствительность приемника и т.п.).

В заключение доклада рассмотрена практическая реализация цифровой системы передачи информации, с помощью которой экспериментально определяются зависимости вероятность ошибочного приема символа от отношения сигнала к шуму для различных методов ВЧ-манипуляции [3].

Список использованных источников

1. Глазунов, В.А. Оптимизация радиосистем [Текст]: учеб. пособие для ВУЗов / В.А. Глазунов. - Самара: СГАУ, 1997.- 56 с.
2. Пенин, П. И. Системы передачи цифровой информации [Текст]: учеб. пособие для ВУЗов / П. И. Пенин. - М.: Сов. радио, 1976.- 368 с.
3. Глазунов, В. А. Оценка достоверности передачи информации в цифровых системах связи [Текст]: метод. указания к лаб. работе / В.А.Глазунов, Самара: СГАУ, 2012. – 36 с.

УДК 53.08

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ЛИНЗ ВОДЫ ПОД ДОРОЖНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Т.Ж. Илиясов, С.А. Маркелов
Самарский университет, г. Самара

Теоретические исследования физических процессов различной природы тесно связаны с построением адекватных моделей рассматриваемых явлений. При этом возникает проблема выбора методов решения сформулированных задач математической физики. В случае, когда функциональные связи определяющих параметров можно описать на основе простейших зависимостей, появляется возможность построения

точных аналитических решений. Однако в большинстве случаев аналитическое описание сложных многопараметрических процессов является весьма приближенным.

В данной работе рассмотрены процессы, происходящие при получении информации об объекте, расположенном под землей. Для получения такой информации на сегодняшний день лучшим считается электромагнитный метод локации.

Это универсальный метод локации и трассировки подземных линий, получивший наибольшее распространение в ежедневной практике локации. Достоинством этого метода является возможность получения "из-под земли" большого объема информации, которая не доступна при использовании любой другой технологии. Этот метод имеет следующие отличительные характеристики:

- Определение с поверхности земли границ зон расположения подземных кабелей и труб;

- Трассировка и идентификация заданной линии;

- Трассировка и идентификация канализационных коллекторов или других неметаллических каналов и труб, к которым есть доступ; локализация их закупорки и разрушения;

- Измерение глубины залегания линии непосредственно с поверхности земли;

- Контроль состояния линий без проведения работ по вскрытию грунта;

- Обеспечение необходимыми данными систем управления буровыми машинами или специальными устройствами "кротами", которые могут находиться как на поверхности земли, так и под землей или на берегу моря;

- Поиск некоторых типов повреждений кабелей, контроль состояния покрытия трубопроводных линий и локализация утечек воды в пластиковых трубах;

- Определение точного положения стыков в металлических газовых трубах;

- Возможность применения во всех типах грунта и даже под водой;

- Портативность оборудования, реализующего этот метод; его небольшой вес (легко удерживается в руках) и возможность эффективного использования даже неопытными операторами;

- Небольшая стоимость оборудования и дополнительных устройств. Возможность приобретения оборудования небольшими подрядными фирмами или производящими предприятиями.

В качестве оборудования, реализующего электромагнитный метод локации, широкое распространение получили радиолокаторы, использующие сверхширокополосные (СШП) сигналы или СШП-радиолокаторы.

Широкая полоса СШП-радиолокаторов обеспечивает им более высокую разрешающую способность по дальности и точность измерения

расстояния до цели. Высокое пространственное разрешение предоставляет еще и возможность для выделения цели из фоновых помех. Электромагнитная волна, распространяясь сквозь среду, испытывает поглощение и отражение. Два этих процесса зависят от большого количества параметров среды, таких как диэлектрическая проницаемость, проводимость, однородность, влажность, поляризуемость, время релаксации собственных колебаний и других. СШП-радиолокаторы способны распознавать тип и форму цели, поскольку принятый эхо-сигнал несет информацию не только об объекте в целом, но и об его элементах. Протяженность наносекундного импульса в пространстве $c\tau$ (где c – скорость света, τ – длительность импульса) намного меньше длины цели, и в этом случае цель является уже не точечным отражателем, как для традиционного радиолокатора, а матрицей отражающих элементов (микроцелей). Зондирующий сигнал СШП-радиолокатора, поочередно отражаясь от отдельных элементов, образует импульсную последовательность, параметры которой зависят от геометрии объекта и импульсных характеристик цели. Эта последовательность, называемая “портретом цели”, представляет собой распределение отраженной мощности во времени. В результате эффективная поверхность рассеяния цели также становится зависимой от времени и эта зависимость (форма портрета) изменяется при смене ракурса наблюдения за целью.

Список использованных источников

- 1 Баскаков С.И. Основы электродинамики. – М.: Советское радио, 1973.- 248 с.
- 2 Поттер Д. Вычислительные методы в физике. – М.: Мир, 1975. - 392с.
- 3 Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах. – М.: Наука, 1973. – 344с.
- 4 Владов М. Л., Старовойтов А. В. Георадиолокационные исследования верхней части разреза. –М.: МГУ, 1999. - 92 с.
- 5 Никольский В.В. Теория электромагнитного поля. Издание 3-е. – М.: Высшая школа, 1964. – 384 с.

УДК 654.195: 621.396.97

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНЫХ РАДИОСИСТЕМ ФОРМАТА DRM

А.Д. Комов

Самарский университет, г. Самара

Стандарт цифрового радиовещания DRM пришел на смену аналоговому АМ – вещанию, который уже давно исчерпал свои возможности. Радиовещание в диапазоне не выше 30 МГц открывает

огромные перспективы, так как данный частотный диапазон имеет низкую загруженность. Для вещания в стандарте DRM могут быть использованы существующие АМ передатчики, с которых можно принимать сигнал в радиусе 15000 км, что является огромным преимуществом для вещания в РФ с большой территорией и низкой плотностью населения.

Для радиовещания в стандарте DRM предусмотрены полосы частот: 9, 10 кГц – основные; 4,5, 5 кГц – кратные половинному уровню частот; 18, 20 кГц – удвоенные частоты.

При необходимости радиовещание в стандарте DRM обеспечивает в одном канале совместную передачу цифрового и аналогового сигнала с однополосной (с нижней или верхней боковой полосой) или амплитудной модуляции. [1]

Технические решения, примененные в стандарте DRM, позволяют осуществлять качественный прием цифровых сигналов в стационарных и переносных устройствах, а также в подвижных объектах (например, в автомобиле). Это возможно за счет обеспечения высокой устойчивости приема при воздействии неблагоприятных факторов на канал передачи (замирание, помехи, эффект Доплера, многолучевого распространения и т.д.).

В цифровом потоке вместе с мультимплексированным аудио сигналом могут передаваться дополнительные данные. Поток данных и аудио сигналом образуют основной сервисный канал MSC (Main Service Channel), по которому передается 4 потока, каждый из потоков переносит или данные или аудио. Информация основного сервисного канала разбивается на логические кадры, длина которых составляет 400 мс, так же дополнительно формируются 2 дополнительных канала FAC (канал скоростного доступа) и SDC (канал описания услуг). Далее образуется транспортный суперкадр длительностью 1200 мс из мультимплексированных основного и сервисного канала.

Принцип формирования последовательности из кадров и суперкадров OFDM-символов является технической основой системы DRM. Каждый OFDM-символ передается за время равное сумме продолжительности информационной части и защитного интервала. Защитный интервал позволяет компенсировать помехи многолучевого распространения. Чтобы не снизить пропускную способность канала защитный интервал не должен превышать 20% от общей длительности символа. [2]

Входящие в MSC каналы делятся на две части, которые различаются по значимости информации для правильного декодирования. Каждый из частей подвергается помехоустойчивому кодированию, с разной степенью помехозащищенности. При помехоустойчивом кодировании используется перемежение данных и кодирование с помощью свертки. Для борьбы с селективным замиранием в радиоканале в системах OFDM используется перемежение данных как по времени, так и по частоте, что позволяет

восстановить сигнал при высоком уровне селективного замирания, а так же вводят пилотный сигнал, с помощью которого приемник оценивает степень затухания на каждой несущей частоте сигнала. Уровень защиты зависит от дальности распространения сигнала и диапазона. Так на длинных и средних волнах глубина перемежения составляет 0,8 с, а на коротких волнах 2,4 с.[2]

В сети DRM имеется возможность многочастотного вещания, которое позволяет приемнику, при наличии функции поиска, настраиваться на волну с оптимальным сигналом.

Список использованных источников:

1. Кацнельсон Л.Н. Система цифрового радиовещания DRM. Учебное пособие. – СПб. : СПбГУТ, 2003. – 42 с.
2. Резников М.Р. Радио и телевидение вчера, сегодня, завтра. - М.:Связь, 1977. - 95 с.

УДК 620.179.18+621.383+535.8

КОМБИНИРОВАННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕЩЕНИЯ ОСИ ЗАКРУТКИ ЛОПАТОК ТУРБОАГРЕГАТА

У.В. Бояркина, А.А. Грецков, С.А. Данилин, С.В. Жуков
Самарский университет, г. Самара

В процессе эксплуатации турбоагрегата его лопатки подвергаются воздействию аэродинамических и центробежных сил, что приводит к их деформациям, проявляющимся в виде изгиба и закрутки [1]. Превышение предельных параметров деформации может привести к повреждению лопаток, что негативно сказывается на безопасности эксплуатации турбоагрегата [2]. По этой причине оказывается востребованной разработка аппаратуры для контроля параметров колебаний лопаток, в частности крутильных колебаний. Одним из важных параметров характеризующих колебательный процесс является положение оси кручения пера лопатки.

Перспективным направлением решения задачи для определения положения оси кручения пера лопатки является применение комбинированных оптоэлектронных СВЧ преобразователей. Для определения положения оси кручения пера лопатки в корпусе турбоагрегата над траекторией движения её торцов устанавливается комбинированный преобразователь. На рисунке 1 представлено расположение СВЧ и оптоэлектронных излучателей в системе координат, начало которой совпадает с центром вращения лопаточного колеса.

СВЧ преобразователь позволяет определить момент времени, когда зазор между торцом лопатки и датчиком равен установочному зазору, то

есть лопатка не подвергается изгибным деформациям. При соотношениях, когда радиус лопаточного колеса во много раз превышает ширину активной зоны датчика, движение торца лопатки можно считать прямолинейным.

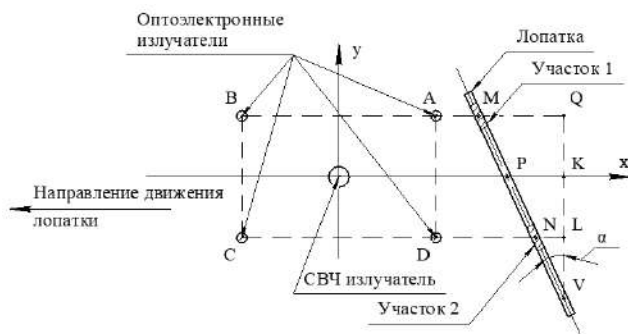


Рисунок 1 – Расположение излучателей комбинированного преобразователя

При выполнении этих условий, в случае, если ось вращения лопатки не совпадает с центральной осью комбинированного первичного преобразователя, элементы 1 и 2 торца лопатки будут иметь разные линейные скорости:

$$V_1 = MV \cdot \omega_K \cdot \cos \alpha, \quad V_2 = PV \cdot \omega_K \cdot \cos \alpha,$$

где ω_K - частота крутильных колебаний,

α - средний угол закрутки лопатки за время наблюдения торца лопатки.

Соотношение длительностей информационных импульсов сформированных оптоэлектронным преобразователем определяется выражением:

$$\frac{\tau_{CD}}{\tau_{AB}} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{MV}{PV} = \frac{QV}{LV} = \frac{LV + AD}{LV} = 1 + \frac{AD}{LV},$$

$$LV = \frac{AD}{\frac{\tau_{CD}}{\tau_{AB}} - 1}.$$

Таким образом, смещение оси вращения относительно центральной оси датчика определяется выражением:

$$\Delta = AD \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{\frac{\tau_{CD}}{\tau_{AB}} - 1} \right) ..$$

Список использованных источников

1. Данилин, А.И. Бесконтактные измерения деформационных параметров лопаток в системах контроля и управления турбоагрегатами /А. И. Данилин. – Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2008. – С.189-198.

2. Заблоцкий, И.Е. Бесконтактные измерения колебаний лопаток турбомашин / И.Е. Заблоцкий, Ю.А. Коростелев, Р.А. Шипов – М.: Машиностроение, 1977. – С.160.

УДК 531.781.2(079.4)

ДИСКРЕТНО-ФАЗОВЫЙ ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ПРОФИЛЯ ПЕРА ЛОПАТОК ТУРБОМАШИН

С.А. Данилин, А.А. Грецков, У.В. Бояркина
Самарский университет, г. Самара

Необходимость контроля профиля пера лопаток ГТД определяется тем, что его геометрия в значительной степени определяет работоспособность, расходные характеристики и показатели эффективности двигателя. Лопатки турбоагрегатов являются наиболее массовыми деталями. Число лопаточных ступеней, например, в осевых компрессорах доходит до 18, а число лопаток в мотор-комплекте может быть более 1500. Конструктивные особенности лопаток также существенно отличаются от ступени к ступени. Длина лопаток может изменяться от 15 до 850 мм, ширина пера (хорда) от 7 до 280 мм, закрутка пера до 60°. Основную номенклатуру лопаток компрессоров составляют лопатки длиной от 30 до 120 мм.

Достижение высокой точности геометрии лопаток в производстве невозможно без высокоточных измерений. Лопатка компрессора включает в себя замок и поверхность сложной формы (рис. 1).

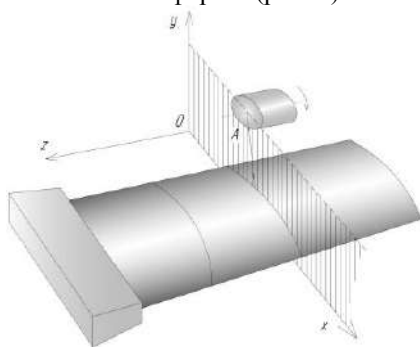


Рисунок 1- Аксонометрический вид пера лопатки со стороны спинки с вращающейся оптической насадкой

Расположение сечений лопаток задаётся вдоль оси z параллельно установочной поверхности замка лопатки. Совокупность сечений вдоль оси лопатки образует её профиль. Точность изготовления пера лопаток регламентируется отраслевым стандартом ОСТ 1.02571-86 "Лопатки компрессоров и турбин. Предельные отклонения формы и расположения пера". Изменения геометрии поверхности выражается в отклонении формы пера от теоретического сечения и отклонении угла установки профиля. Измерение профиля лопаток и контроль их формы является актуальной задачей.

В настоящее время контроль геометрии пера лопаток производится контактными приборами типа ПОМКЛ и дорогостоящими координатно-измерительными машинами (КИМ). Недостаток контактных профилометров состоит в их низкой точности измерения (порядка ± 50 мкм на рабочем участке в 50 мм). Поэтому существует острая необходимость замены устаревших контактных приборов ПОМКЛ, которые сняты с серийного производства. КИМ не позволяет производить 100% контроль лопаток, т.к. время измерения одной лопатки доходит до 1 часа. А координатно-измерительные машины с лазерными головками не позволяют выполнять измерения кривизны поверхностей высокой чистоты без применения специальных матирующих аэрозолей. Указанные причины явились предпосылками для разработки оптоэлектронного бесконтактного метода контроля геометрии профиля пера лопаток ГТД.

За основу при разработке метода взят патент на изобретение [1], суть которого состоит в том, что вращающаяся оптическая насадка, перемещаясь в плоскости $ХОУ$, сканирует профиль лопатки в её конкретном сечении (рис.1). В каждой точке при перемещении оптической насадки вдоль оси $ОХ$, отражённый от поверхности лопатки световой поток попадает на приёмный торец оптического световода, канализируясь по которому попадает на фотоприемник, где преобразуется в электрический сигнал. При этом максимум электрического сигнала будет сформирован тогда, когда оптическая насадка при своем вращении повернётся относительно оборотной метки на такой угол α , при котором ось диаграммы направленности излучаемого светового потока окажется перпендикулярной к касательной в некоторой точке профиля лопатки.

Далее, в электронном модуле из этого сигнала формируется прямоугольный импульс, середина которого соответствует максимуму отраженного светового потока. Аналогично формируется прямоугольный импульс оборотной метки, в соответствии с которым осуществляется синхронизация работы всего устройства. Измеренный временной интервал между серединами информационного и оборотного прямоугольных импульсов будет пропорционален углу поворота оптической насадки, который в свою очередь равен углу наклона касательной к профилю в

точке контроля. Определив тангенс угла α , можно судить о количественной величине производной функции профиля лопатки.

Реализуя таким образом предлагаемый метод, можно экспериментально получать значения производной от кривой профиля лопатки с любым шагом, после чего оценивать различие «экспериментальной» производной и полученной аналитически, либо полученной от эталонной поверхности.

Точность измерения предлагаемым методом будет значительно выше, чем при традиционных подходах, т.к. для оценки кривизны используется изменение скоростных показателей функции профиля пера лопатки.

Список использованных источников

1. Патент на изобретение 2548939 Российская Федерация, МПК G01B 21/22 Способ определения угловых положений поверхности объекта и устройство для его осуществления. Данилин А.И., Данилин С.А., Грецов А.А., заявитель и патентообладатель Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. акад. С.П. Королёва (СГАУ). Заявл. 20.01.2005, опубл. 20.04.2015, бюл. № 11.

УДК 531.781.2(079.4)

ДИСКРЕТНО-ФАЗОВЫЙ ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ЦИЛИНДРИЧНОСТИ

С.А. Данилин, А.А. Грецов, А.Ж. Чернявский
Самарский университет, г. Самара

Разрабатываемый метод ориентирован на решение практически важной и актуальной задачи, которая состоит в повышении эффективности контроля рабочих цилиндрических поверхностей: цилиндров ДВС, деталей подшипников и др.. Предлагаемый метод позволяет выявлять дефекты формы, например, такие, как некруглость, огранка, а также гранность и волнистость. При больших скоростях и нагрузках характерных, например, для работы двигателя, такие дефекты вызывают повышенный нагрев, вибрации и шумность, что приводит к существенному снижению технико-экономических и эксплуатационных показателей ответственных технических узлов.

Круг задач, решаемых с помощью устройств, реализованных на основе дискретно-фазового оптоэлектронного метода, может быть расширен. Например, с их помощью можно получать топограммы контролируемых рабочих поверхностей подшипников. Такая информация нужна как при наладке шлифовального оборудования, так и при анализе качества рабочих поверхностей после моторесурсных испытаний.

В настоящее время методы и средства контроля по принципу действия классифицируются на: механические, оптические и электрические. К механической группе относят различные контактные индикаторные нутромеры. К оптической - различные оптико-электронные устройства сопряженные с телевизионной камерой и последующей компьютерной обработкой полученных информационных кадров, а также устройства с регистрацией отраженного луча на фотоприёмной плоскости. К электрической группе относят преобразователи, работающие на различных физических принципах, но имеющие характерную зависимость от величины расстояния до контролируемой поверхности.

Известным методам и устройствам на их основе присущи различные недостатки, с которыми можно легко ознакомиться по многочисленным интернет-публикациям.

Предлагаемый метод основан на оценке скорости изменения контролируемых параметров, получаемой с помощью дискретно-фазовых оптоэлектронных преобразователей [1]. Суть метода поясняется рисунком 1а, на котором изображена окружность в некотором сечении цилиндра ДВС.

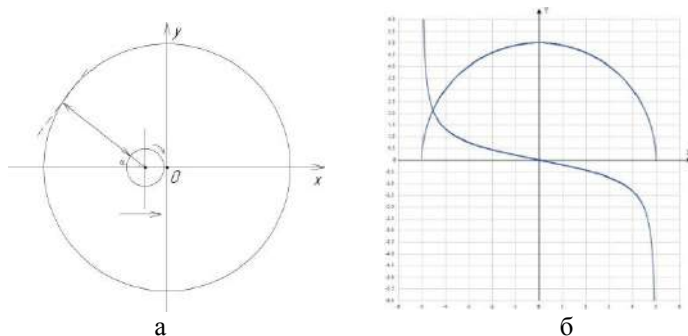


Рисунок 1- Схематичное представление процесса контроля профиля цилиндра ДВС (а), графики функции профиля и ее производной (б)

По диаметру цилиндра перемещается вращающаяся оптическая насадка, производящая сканирование внутренней поверхности цилиндра с помощью лазерного оптического излучения. На каждом шаге перемещения оптической насадки на поверхности цилиндра найдется единственная точка, для которой ось диаграммы направленности (ДН) излученного светового потока будет перпендикулярна касательной к линии профиля конкретного сечения цилиндра. При этом угол α , составленный осью ОХ и осью ДН, будет пропорционален временному промежутку между, например, серединами опорного импульса (оборотной метки, установленной на оптической насадке) и информационного импульса. В

свою очередь, информационный импульс формируется на основе принятого отраженного от контролируемой поверхности цилиндра светового потока. Тангенс угла α количественно характеризует величину производной в конкретной точке внутренней поверхности цилиндра. Для примера на рисунке 16 приведены графики полуокружности ($R=5$) и её производной.

Сравнивая изменение производной линии профиля конкретного сечения, можно судить о его отклонении от цилиндричности. Перемещая оптическую насадку по высоте цилиндра и получая набор реальных профилей, можно составлять 3D картину реального состояния поверхности цилиндра.

Список использованных источников

1. Патент на изобретение 2548939 Российская Федерация, МПК G01B 21/22 Способ определения угловых положений поверхности объекта и устройство для его осуществления. Данилин А.И., Данилин С.А., Грецов А.А., заявитель и патентообладатель Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. акад. С.П. Королёва (СГАУ). Заявл. 20.01.2005, опубл. 20.04.2015, бюл. № 11.

УДК 629.7.03:658.583

ПЕРЕДАТОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СВЧ ВИБРОДАТЧИКА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Ф.Н. Мирсаитов, В.В. Болознев

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева (КНИТУ – КАИ), г. Казань

В работе приводится принцип работы СВЧ датчика вибраций лопаток при ближнем радиолокационном зондировании лопаток турбины газотурбинного двигателя. В работе также установлены диагностические возможности радиолокационного метода.

Ключевые слова: турбина, лопатка, виброспектр, диагностический отклик.

Объектом контроля являются лопатки компрессора высокого давления, соплового аппарата и турбины газотурбинного авиационного двигателя. Общее число лопаток в газотурбинном двигателе достигает нескольких сотен, и десятка типоразмеров по числу дисков. Каждая из них подвержена различным типам колебаний (крутильным, изгибным) разных форм и обладает несколькими резонансными частотами.

Поэтому эксплуатационная (полетная) диагностика вибраций представляет весьма громоздкую задачу. Близкими по методам решения являются еще две задачи диагностики: повреждение и обледенение лопаток.

Названный датчик (Вибродатчик, ВД) представляет собой антенно-генераторный модуль, конструкция которого близка к датчикам [1,2]. Он устанавливается на стенке авиационного двигателя в непосредственной близости антенны датчика к контролируемому объекту, например, вблизи рабочего колеса турбины. Антенна не выступающая, что обеспечивает не возмущающий и оперативный контроль.

Принцип работы. В рабочем режиме газотурбинного двигателя лопатки турбины последовательно проходят рядом с антенной, возмущая электромагнитное поле в ближней зоне и, как следствие, изменяя проводимость антенны. Ранее [1,2] экспериментально установлено, что квазистатическое расположение и даже ориентация лопатки вызывает заметный отклик датчика, формируя помеху. В номинальном режиме вращению турбины соответствует огибающая спектра отклика, на форму которой в той или иной мере влияют виброперемещение всех лопаток и вала. Изменение этой формы есть предвестник аномального режима, и проявляется оно с недостижимой другими методами оперативностью. Преимущество перед известными методами СВЧ виброконтроля в отсутствии большеразмерной направленной антенны.

Конечным результатом предпринятого исследования мыслится установление причин аномалии в спектре каждого из дисков, а само исследование сопряжено с выделением искомого спектра из многочисленных помех.

Цель данной работы – выявление количественной взаимосвязи между перемещением (регулярным и вибрационным) отдельной лопатки в зоне излучения антенны с комплексной проводимостью последней, а затем с частотным откликом датчика. Варьируемыми параметрами служат размеры антенны (радиус и ширина кольцевой щели), ее расстояние от плоскости турбины и зондирующая (рабочая) частота.

Измерительное преобразование включает операции: виброперемещение $\vartheta \rightarrow$ комплексная проводимость антенны $\dot{y}_A = (g_A + jb_A) \rightarrow$ коэффициент отражения от антенны $\dot{\Gamma}_A = |\Gamma_A| \exp(j\eta_A) \rightarrow$ автодинный эффект в виде приращения зондирующей частоты ω .

Виброотклик датчика:

$$d\omega = \left[\frac{dy_A}{d\vartheta} \frac{d\dot{\Gamma}_A}{dy_A} \frac{d\omega}{d\dot{\Gamma}_A} \right] \delta\vartheta \approx \left[\frac{db_A}{d\vartheta} \frac{d\eta_A}{db_A} \frac{d\omega}{d\eta_A} \right] \delta\vartheta = F(b_A, \eta_A, \omega) d\vartheta$$

Существенную новизну переходной характеристики $F(b_A, \eta_A, \omega)$ имеет ее первый этап. Его математическую основу составляет программа

проектирования СВЧ систем ФЕКО. Здесь существенны тип и форма виброперемещения.

Два остальных этапа имеют аналоги в ближней радиолокации, допускают строгий математический анализ и, в частности, найдены в работах коллег [2,3].

$$\frac{d\eta}{db_A} = \frac{1}{1+\Phi^2} \frac{d\Phi}{db_A},$$
$$\frac{d\omega}{d\eta} = -\Pi \cos \eta_0 d\eta,$$

где $\Phi = 2g_A b_A (g^2 - b_A^2)^{-1}$, g – проводимость отрезка коаксиала, связывающая антенну с генератором, Π – полоса автодинного отклика, η_0 – фаза отражения в рабочей точке, $\eta \sim (18^\circ \dots 20^\circ)$.

При упомянутом расположении датчика на стенке авиационного двигателя в плоскости одного из дисков компрессора или турбины спектр измерительного сигнала содержит два регулярных компонента: частоту вращения вала F_B и кратную ей $F_B = m_L F_B$, где m_L – число лопаток. Вибрация лопатки(ок) обогащает спектр. Сам факт не позволяет установить конкретную причину и конкретную «виновницу» – лопатку, но служит предупреждением экипажу воздушного судна и поводом для стендовой проверки по окончании полета.

Список использованных источников

1. Сафонова Е.В. Теплостойкие СВЧ датчики систем контроля режимов горения: Дис. канд. техн. наук.: 05.11.13. – Казань, 2003. – 183 с.
2. Станченков М.А. СВЧ датчик плотности теплового потока: Дис. канд. техн. наук.: 05.11.13. – Казань, 2012. – 175 с.
3. Болознев В.В., Сафонова Е.В., Султанов Ф.И., Станченков М.А., Мирсаитов Ф.Н., Сулейманов С.С. Способ контроля режима ТЭУ и датчик для его осуществления // Патент России № 2374559. 2009. БИ №33.

УДК 620.179.18

ОБЗОР МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОНЕРОВНОСТЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Р.Ю. Лефаров, С.А. Данилин
Самарский университет, г. Самара.

В настоящее время существует необходимость разработки высокотехнологичных изделий для ведущих отраслей промышленности,

которые позволят улучшить и эксплуатационные характеристики изготавливаемых деталей на новый уровень.

Микронеровности поверхности определяют герметичность, коррозионную стойкость, характеристики износа, теплопередающие, гидродинамические свойства поверхности.

Микронеровности характеризуют - совокупность повторяющихся неровностей малой величины (шероховатости поверхности). Примерное отношение высоты неровностей к их шагу менее 50. [2]

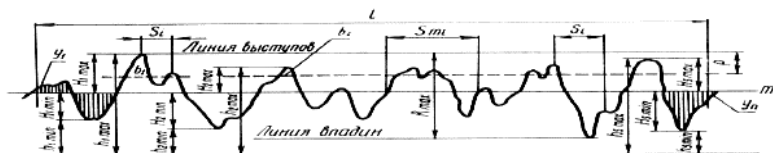


Рисунок 1 – Профиль поверхности (к определению параметров шероховатости)

Волнистость поверхности – совокупность периодически повторяющихся неровностей, у которых расстояние между соседними вершинами или впадинами превышает базовую длину l для имеющейся шероховатости поверхности [2].

Для выявления волнистости и шероховатостей поверхности разработаны контактные и бесконтактные методы, позволяющие обнаружить на раннем этапе производства дефекты изделий.

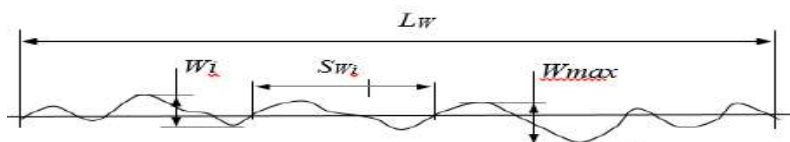


Рисунок 2 – Оценка волнистости поверхности

Известные технические решения по оптическому дистанционному контролю шероховатости поверхности изделий можно разделить на основные два метода:

- метод зеркальной составляющей;
- интерферометрический метод.

Метод зеркальной составляющей основан на известной зависимости интенсивности зеркально отраженного поверхностью излучения J_3 от среднеквадратичного отклонения профиля шероховатости R_q ;

$$J_3 = \rho J_0 e^{-\left(\pi \frac{R_q}{\lambda} \cos \psi\right)^2},$$

где J_0 – интенсивность излучения, падающего на шероховатую поверхность;

ρ - коэффициент отражения абсолютно плоского и гладкого образца материала контролируемой поверхности;

λ – длина волны излучения;

Ψ - угол падения.

В основу интерферометрического метода положена зависимость разности фаз между зондирующим и опорным пучками, создаваемой шероховатой поверхностью. [3]

Сущность контактного метода заключается в том, что остро заточенная игла, имеющая контакт с исследуемой поверхностью, приводится в поступательное перемещение по определенной трассе относительно поверхности.

В целом все методы имеют свои преимущества и недостатки. К преимуществам оптических методов можно отнести бесконтактность с поверхностью что позволяет не нарушать целостность поверхности.

К преимуществам контактных методов можно отнести то что они обеспечивают высокую точность благодаря малому радиусу кривизны алмазной иглы.

Список использованных источников

1. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики// Госстандарт СССР.-23.04.1973.
2. ГОСТ 25142-82. Шероховатость поверхности.Термины и определения// Госстандарт СССР.- 18.02.1982.
3. Лукьянов В.С. Параметры шероховатости поверхности/ В.С. Лукьянов,, Я.А.Рудзит.- М.: Изд-во стандартов, 1979.- 162с.

УДК 620.179.18

ОПТОЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИИ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Р.Ю. Лефаров, С.А. Данилин
Самарский университет, г. Самара.

Обеспечение высокой надежности турбоагрегатов, увеличение их эксплуатационного ресурса, невозможно без организации входного контроля кривизны и качества поверхностей деталей. Поэтому оказывается востребованной разработка экономичных и эффективных автоматизированных средств входного контроля кривизны и качества поверхностей деталей турбомашин. [2]

Разработанная оптоэлектронная система позволяет оптическим методом определить бесконтактно кривизну лопаток газотурбинных двигателей. В основе лежит светодиод типа АЛ107 излучающий в максимуме спектральной плотности в пределах от 0,9 до 0,98 мкм.

Открытый гальванический фотоэффект позволяет использовать светодиод не только в качестве источника излучения, но и в качестве фотоприемника. Консоль в которую помещены два светодиода типа АЛ1107, оснащена моносветоводной вставкой, что позволяет сформировать монотонную амплитудную характеристику, эффективно излучать и принимать зондирующий сигнал рисунок 1а.

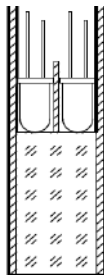


Рисунок 1а – Консоль

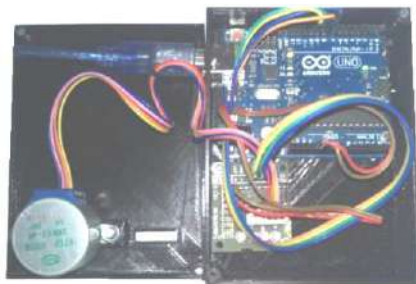


Рисунок 1б – Электронный модуль

Исследуемое устройство (рисунок 1б) спроектировано на платформе для разработки на базе микроконтроллера ATmega328P, шаговых двигателей 28BYJ-48, Funssor NEMA 17 и драйверов ULN2003, A4988. Схемная реализация устройства позволяет устанавливать диапазон исследуемой поверхности от 0 до 120°, устройство представлено на рисунке 2.

Разработанное автоматизированное устройство служит для определения геометрии лопаток газотурбинных двигателей [3].

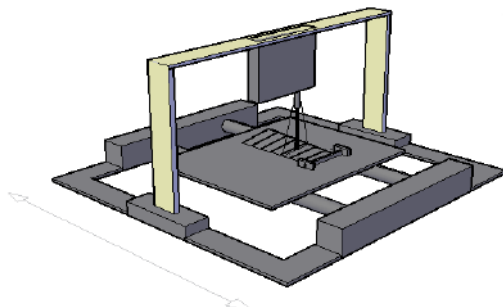


Рисунок 2 – Демонстрационная модель работы устройства

Использование предлагаемого способа определения угловых положений поверхностей и устройства, расширяет диапазон измеряемых угловых положений контролируемых поверхностей посредством увеличения времени совместного существования излученного и отраженного световых потоков. [1]

Список использованных источников

1. А.с. 1682784 СССР, МКИ G01B 21/22. Способ определения угловых положений поверхности объекта и устройство для его осуществления / А.И. Данилин, В.А. Медников, С.П. Прохоров, А.Г. Медников (СССР). №4659964/28; заявл. 28.12.88; опубл. 07.10.91, Бюл. № 37. - 4 с.

2. Пат. 2337330 Российская Федерация, МПК⁷ G 01 Н 9/00. Способ измерения раскрутки и амплитуды крутильной составляющей колебаний лопаток турбомашин и устройство для его осуществления / Данилин А.И., Арефьева О.В.; заявл. 09.01.07; опубл. 27.10.08, Бюл. № 16. – 2с.

3. Пат. 2341781 Российская Федерация, МПК⁷ G 01 М 15/14. Способ измерения амплитуды колебаний лопаток турбомашин и устройство для его осуществления / Данилин А.И., Арефьева О.В.; заявл. 05.02.07; опубл. 20.12.08, Бюл. № 19. – 2с.

УДК 531.781.2(088.8)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕБАНИЙ ЛОПАТОК, ОСНОВАННОГО НА НЕЛИНЕЙНОЙ АППРОКСИМАЦИИ СИГНАЛОВ ПЕРВИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

А.Ж. Чернявский, С.А. Данилин, Е.Е. Дудкина
Самарский университет, г. Самара

Обеспечение высокой эксплуатационной надежности энергоагрегатов, в частности газотурбинных двигателей (ГТД), является важной проблемой современного машиностроения. Наиболее ответственными деталями ГТД являются лопатки компрессора и турбины, работающие в сложных эксплуатационных условиях больших знакопеременных нагрузок, высоких температур, эрозионных и коррозионных воздействий.

Авторами предложена новая реализация дискретно-фазового метода [1, 2], при которой техническое состояние контролируемой лопатки оценивается по степени различия формы импульсов первичного преобразователя (ПП), формируемых динамически нагруженной (колеблющейся) и ненагруженной лопатками. Колебания лопаток, как собственные, так и вынужденные, приводят к неравномерности скорости прохождения лопаток около датчика, что приводит к искажению формы информационного сигнала.

В докладе представлены результаты экспериментальных исследований разработанного измерителя динамических перемещений лопаток (ИДПЛ), предназначенного для проверки основных положений разработанной математической модели информационного сигнала ДФП динамических

перемещений лопаток, оценки работоспособности предложенного метода определения параметров колебаний лопаток, определения эксплуатационных и метрологических характеристик.

Исследования проводились на экспериментальной установке (рисунок 1), основными составляющими частями которой являются специально изготовленное образцовое лопаточное колесо и имитатор колебаний лопаток. Экспериментальная установка содержит основание 1; лопаточное колесо 2, приводимое во вращение электродвигателем (на схеме не показан); оборотную метку 3; оборотный ПП 4; лопаточный вихретоковый ПП 5; имитатор колебаний лопаток, состоящий из кривошипно-шатунного механизма 6, электродвигателя 7 и ПП 8 для измерения частоты колебаний лопаток.

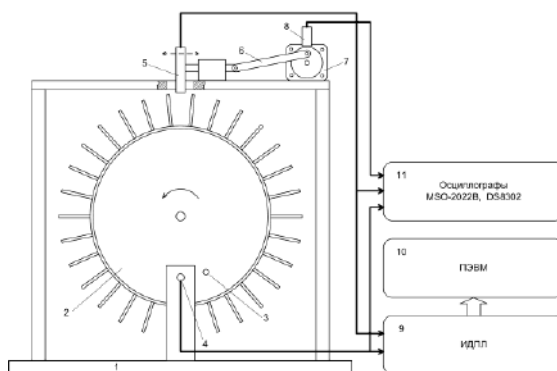


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки для исследования ДФП динамических перемещений лопаток

Информационные сигналы лопаточного и оборотного ПП подключены на вход ИДПЛ 9, выход которого соединен с ПЭВМ 10. Кроме этого, параметры информационных сигналов ПП контролировались с помощью сертифицированных цифровых осциллографов 11 типа Tektronix MSO-2022B и OWON DS8302.

В результате рассматриваемым методом в 9 сериях измерений были экспериментально определены параметры колебаний: амплитуда и частота. Значения приведенных погрешностей экспериментального определения параметров колебаний составили по амплитуде $\delta A = 2,13-5,38 \%$; по частоте $\delta F_{л} = 1,14-4,79 \%$.

Проведенный сравнительный анализ результатов имитационного моделирования и эксперимента показал их соответствие в пределах 2 % по амплитуде и частоте колебаний лопаток и, таким образом, подтвердил правильность и адекватность разработанной математической модели.

Список использованных источников

1. Чернявский А.Ж., Данилин С.А. Алгоритм оценки помехоустойчивости способа определения параметров колебаний лопаток турбоагрегатов на основе нелинейной аппроксимации сигналов первичных преобразователей // Известия Самарского научного центра РАН, 2016. том 18, № 4. с. 161-165.

2. Чернявский А.Ж., Данилин А.И., Прохоров С.А., Данилин С.А. Точность определения параметров колебаний лопаток турбомашин при использовании нелинейной аппроксимации сигналов первичных преобразователей // Измерительная техника, 2017. № 11. с. 41-45.

УДК 681.32

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ АНАЛИЗА ПОГРЕШНОСТЕЙ ГЕОМАГНИТНОГО НАВИГАТОРА

В.В. Иванов, В.А. Губинский
Самарский университет, г. Самара

Модули GPS и ГЛОНАСС относительно просто решают навигационные задачи. Однако большая электромагнитная активность спутника может помешать приёму навигационных сигналов. Часто от навигационного устройства для спутников формата CubeSat не требуется большая точность, а приоритетом является малое потребление энергии и простота устройства. Самоопределение космическим аппаратом своей трассы позволяет ему автономно включать и выключать передатчик телеметрической информации при пролёте над станцией слежения, отказавшись от услуг командной радиолинии.

Навигатор использует для расчета координат космического аппарата только модуль вектора напряжённости магнитного поля Земли на борту, чтобы исключить влияние вращения спутника вокруг своего центра масс. Анализ поля за звёздные сутки позволяет определить географические координаты точки, над которой находится спутник. Информативной основой анализа является асимметричность поля.

Микропроцессорный геомагнитный вычислитель параметров круговой орбиты использует смещение и наклон оси симметрии магнитного поля Земли относительно земной оси.

Эталонной нормального геомагнитного поля является математическая модель скалярного магнитного потенциала главного магнитного поля Земли [1], предлагаемая Международной ассоциацией геомагнетизма и аэронавтики.

Таблицы коэффициентов Гаусса, каждые пять лет утверждаемые Международной ассоциацией геомагнетизма и аэронавтики, позволяют

учесть аномалии и дрейф поля за сто лет. Предлагаемая ассоциацией математическая модель описывает скалярный магнитный потенциал главного магнитного поля Земли.

Главная компонента геомагнитного поля аппроксимируется двойным рядом нормированных по Шмидту присоединённых функций Лежандра $P_n^m(\cos Q)$ n -ой степени и m -го порядка с парой коэффициентов для каждой функции - g_n^m и h_n^m , зависящих от времени:

$$V(r, Q, \varphi) = R_3 \sum_{n=1}^{10} \sum_{m=0}^n \left(\frac{R_3}{r}\right)^{n+1} (g_n^m \cos m\varphi + h_n^m \sin m\varphi) P_n^m(\cos Q),$$

где: r – расстояние от центра Земли,
 R_3 – стандартный радиус Земли,
 Q – географическая широта,
 φ – географическая долгота.

Градиент магнитного потенциала с обратным знаком равен вектору магнитной индукции поля. Математическая модель использует разложение на сферические гармоники с глубиной вплоть до функций Лежандра 10-й степени и порядка.

В математическую модель магнитного поля на борту входит модель траектории спутника.

Земля делает полный оборот под орбитой за звёздные сутки. Под влиянием несферичности Земли восходящий узел плоскости круговой орбиты монотонно перемещается, что приводит к несоответствию времени оборота Земли через плоскость орбиты звёздным суткам. Это учитывается в модели с помощью формул шестидесятих годов [2], дающих достаточную для нашего случая точность.

Модель траектории учитывает высоту траектории полёта, наклонение орбиты, долгота восходящего узла, время хождения спутника через восходящий узел.

Вначале по математической модели траектории рассчитывается положение спутника на орбите. Затем в заданных точках орбиты вычисляется напряжённость поля.

Список использованных источников

1. IAGA V-MOD Geomagnetic Field Modeling: International Geomagnetic Reference Field IGRF-12. <http://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/igrf.html>
2. Эльясберг, П.Е. Введение в теорию полёта искусственных спутников Земли. - М.: Изд. Наука, 1965, 540 стр.

УДК 621.396

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДАВЛЕНИЯ БЛОКИРУЮЩЕЙ ПОМЕХИ ОТ СОБСТВЕННОГО ПЕРЕДАТЧИКА СОВМЕЩЕННОГО ДКМВ РАДИОЦЕНТРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСА ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ИЗБИРАТЕЛЬНОГО РАДИОПРИЕМА

В.Я. Николаева, А.П. Трофимов
Филиал ФГУП НИИР — СОНИИР, г. Самара

Совмещенный радиочастотный центр обладает рядом преимуществ, среди которых компактное размещение приемного и передающего оборудования на относительно небольшом расстоянии друг от друга (в пределах одного здания). В результате близкого расположения приемно-передающих компонент при дуплексной работе радиочастотного центра возникает проблема в виде мощной блокирующей помехи от собственного передатчика. Традиционные методы борьбы с данным видом помех – использование систем с повышенной помехозащищенностью и др. – имеют серьезные недостатки. В работе [1] описано альтернативное направление – алгоритм подавления блокирующей помехи в линейном тракте радиоприемной системы на основе синфазно-противофазной и квадратурной обработки сигнальных векторов с использованием поляризационно-избирательной би- и триортогональных антенных систем. Схемотехническая реализация данного алгоритма обеспечивается аттенуаторами; фазовращатели не требуются, но для обеспечения возможности изменения знака необходимы переключатели-переполусовщики, скачкообразно изменяющие фазу ровно на 180° .

Результаты, полученные в [1] на основе компьютерного моделирования данного алгоритма подавления для двумерной радиоприемной системы, показали весьма эффективное подавление помехи при любых углах места ее прихода. В рамках данной работы проведены соответствующие экспериментальные исследования с использованием комплекса поляризационно-избирательной триортогональной антенной системой, в качестве приемной части совмещенного ДКМВ радиочастотного центра.

Исследуемая антенная система представляет собой трехканальную рамочную антенну с двумя вертикальными рамочными антеннами, лежащими во взаимно перпендикулярных плоскостях, и одной горизонтальной рамкой. Передающая антенна, использованная при исследованиях, представляет собой симметричный вибратор. Мощность передатчика, имитирующего мешающий сигнал – 5 Вт.

Измерения проводились при следующих условиях: приемная и передающая части размещались на крыше здания с примерным разнесением друг от друга на расстояние 50 м. В качестве полезного принимаемого сигнала использовался RWM сигнал радиопозывной группы

коротковолновых передатчиков эталонного сигнала времени «Москва», передаваемый на частоте 9996 кГц.

В результате проведения обработки принятых сигналов были получены зависимости уровня мощности (А, дБ) полезного сигнала и блокирующей помехи без применения векторной сигнальной обработки и с применением в соответствии с алгоритмом подавления блокирующей помехи от частоты.

На рисунках 1, а и 1, б представлены, соответственно, частотные зависимости без применения и с применением векторной сигнальной обработки, полученные в результате экспериментального приема сигнала RWM «Москва».

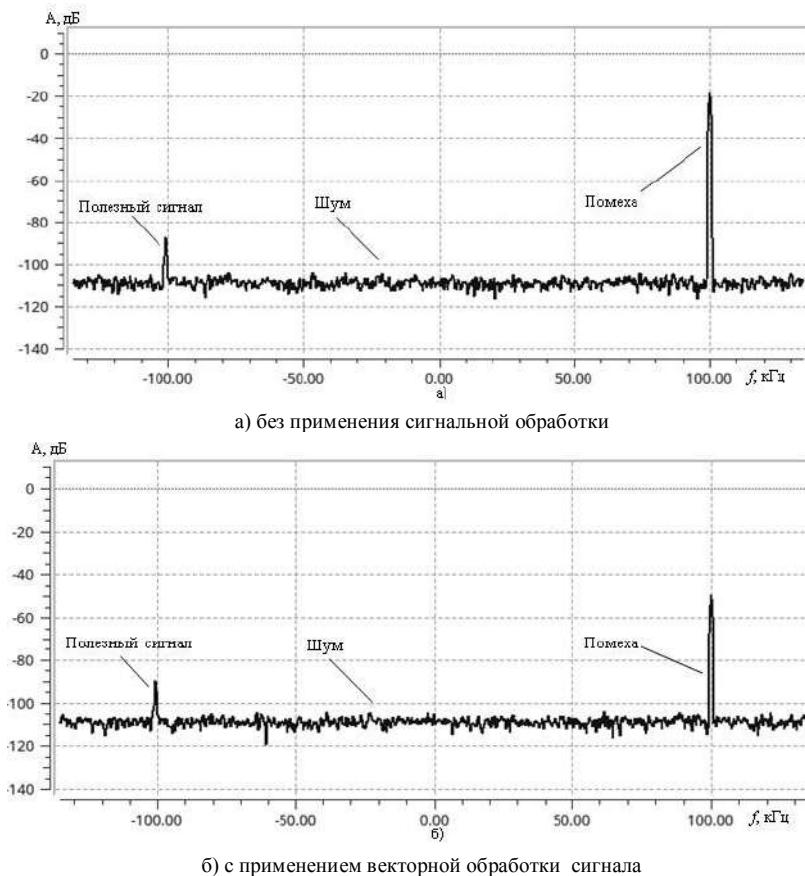


Рисунок 1 - Зависимость мощности уровня полезного сигнала, шума и помехи от частоты

Представленные частотные зависимости построены относительно центральной частоты, значение которой принято за 0 Гц. Следует отметить, что антенна-передатчик передавала сигнал, который выступал в роли блокирующей помехи, на частоте 9800 кГц.

Как видно из графиков, при применении векторной сигнальной обработки наблюдается снижение уровня блокирующей помехи примерно на 30 дБ относительно случая без применения; имеется незначительное подавление полезного сигнала, что в целом не сильно сказывается на результат. Таким образом, результаты измерений уровня полезного сигнала, шума и блокирующей помехи, полученных в результате реальных измерений, доказали целесообразность использования разработанного алгоритма адаптации приемной антенны совмещенного ДКМВ радиоцентра.

Список использованных источников

1. Барабошин А. Ю., Николаева В. Я., Трофимов А. П., Юдин В. В. Подавление внеполосных помех в линейных трактах радиоприемных систем ВЧ-диапазона на основе синфазно-противофазной и квадратурной обработки сигнальных векторов / Радиотехника №1 2018 г. 104 — 112 с.

УДК 621.3.09

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ТРЕХМЕРНОЙ ДОМИНАНТНОЙ ОБЛАСТИ МНОГОЛУЧЕВОСТИ РАДИОЛИНИЙ С ЧАСТИЧНО ПОДАВЛЕННЫМ КАНАЛОМ ПРЯМОЙ ВИДИМОСТИ

Ю.В. Самойлов, О.А. Минаева
Филиал ФГУП НИИР — СОНИИР, г. Самара

Рассмотрен частный случай, когда канал прямой видимости подавлен лишь частично, и его энергетика соизмерима с энергетикой парциальных каналов, обусловленных рассеянием. Введено понятие доминантной области многолучевости по аналогии с вводимым в классической теории распространения радиоволн понятием доминантной области радиолинии. Таким образом, доминантной областью многолучевости именуется поверхность, охватывающая радиолинию, в которой необходимо учитывать рассеиватели, находящиеся внутри ограниченной этой поверхностью области, а влиянием рассеивателей, находящихся за пределами указанной области, можно пренебречь.

На основе методики Шулейкина–Ван-дер-Поля, использующей упрощенную аппроксимацию функции Берроуза, получены формулы, позволяющие оценить плотность потока энергии переизлученных парциальных волн от кольца заданного радиуса и за его пределами.[1]

Разработана методика позволяющая оценить радиус круговой площадки, в границах которой учитывается влияние рассеивателей при необходимом отношении энергии обусловленной многолучевостью рассеянных каналов к энергии прямого канала с учетом влажности грунта.

Рассмотрен вопрос о построение доминантных областей приёмного и передающего узлов радиосвязи, образующих радиолинию, их изменения в зависимости от расстояния между узлами радиосвязи. В качестве примера приведен расчёт радиуса доминантной области многолучевости при наиболее часто используемых частотах в беспроводных сенсорных сетях и различных значениях влажности грунта подстилающей поверхности. Получен вид зависимости радиуса области от высоты поднятия антенн пунктов радиосвязи имеющий вид параболы (рисунок 1).

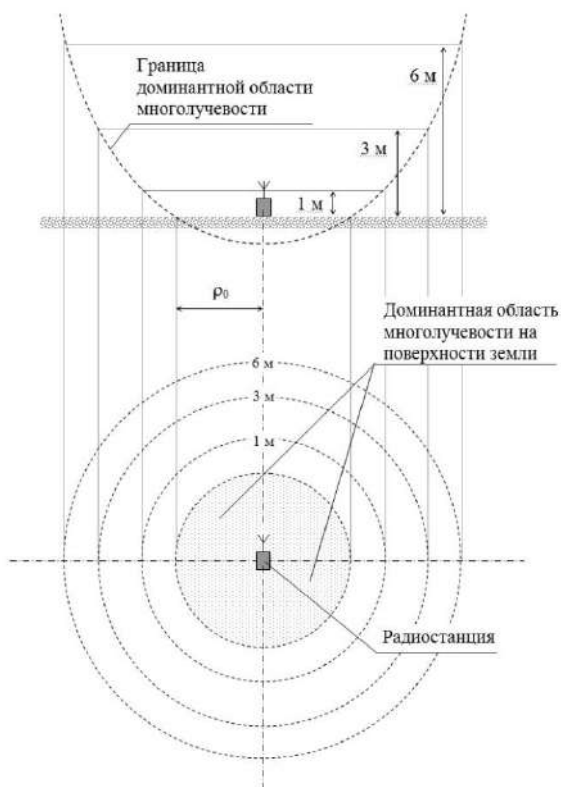


Рисунок 1 - Построение доминантной области многолучевости для одного пункта радиосвязи

Таким образом, разработанная методика позволяет оценивать область, в границах которой учитываются рассеиватели, влияющие на энергетику принимаемого сигнала. Так же данная методика затрагивает вопрос вариации размера данной области и её вид в зависимости от высоты поднятия приёмной и передающей антенн. Полученная зависимость позволяет более точно описывать промежуточную вариант радиолинии с частично подавленным каналом прямой видимости. Тогда как существующие методы расчётов изучают в основном крайние случаи – канал прямой видимости ярко выражен или вовсе отсутствует [2, 3] . Данное обстоятельство позволяет говорить о актуальности применения разработанной методики в моделирование работы различных радиосистем, например таких как БСС.

Список использованных источников

1. Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1989. – 544 с.
2. Долуханов М.П. Распространение радиоволн. – М.: Связь, 1972. – С. 336.
3. Y. Okumura, et al., «Field Strength and Its Variability in VHF and UHF Land-Mobile Radio Service», Rev. Elect. Comm. Lab., 16, September 1968, pp. 825-873.

УДК 621.3

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФАКЕЛЬНОГО РАЗРЯДА

Д.Н. Новомейский

Самарский университет, г. Самара

ВЧ разряды в соответствии с установившейся классификацией называются ВЧ–индукционными (ВЧИ), ВЧ–емкостными (ВЧЕ) и ВЧ–дуговыми (ВЧД) разрядами. ВЧ–индукционный, так называемый безэлектродный Н–разряд, был описан еще в 1884 году. В ВЧ–дуговых разрядах между электродами внутри разрядной камеры возбуждается дуговой Е–разряд. Обычный ВЧ разряд возбуждается в разрядной камере при наложении электродов на внешние диэлектрические стенки камеры. Среди ВЧ разрядов особое место занимает, так называемый, ВЧ факельный разряд. Разряд был открыт и так назван С.И. Зилитинкевичем в 1928 г.

Рассмотрим волновое число электромагнитной волны, распространяющейся в плазме высокочастотного факельного разряда.

Высокочастотный факельный разряд (ВЧФР) представляет собой плазменный факел, горение которого происходит за счет диссипации энергии электромагнитного поля. Поэтому для описания физических процессов, протекающих в ВЧФР, большое значение имеет правильное представление о

характеристиках электромагнитной волны, распространяющейся в плазме разряда. Наиболее важным параметром, характеризующим процесс распространения электромагнитной волны, является её волновое число $h = \alpha + j\beta$, действительная часть которого α (коэффициент затухания) характеризует процесс затухания поля в плазме разряда.

В работе [1] волновое число электромагнитной волны, распространяющейся в ВЧФР, определялось посредством измерения осевого распределения высокочастотного тока, протекающего в канале разряда. Авторы работы предполагали, что вдоль факельного разряда распространяется плоская неоднородная волна вида

$$U = U_0 e^{jhz}. \quad (1)$$

Здесь U и U_0 – амплитуда электромагнитной волны в точках z и $z=0$ соответственно, h – волновое число, z – осевая координата. В этом случае амплитуда электромагнитной волны будет меняться вдоль канала разряда по экспоненциальному закону, а её фазовый сдвиг – по линейному.

Однако, проведенные авторами работы [2] измерения электромагнитного поля факельного разряда, горящего в воздухе при атмосферном давлении, показали отсутствие затухания амплитуды поля вдоль канала разряда. Изменение же фазового сдвига компонент поля вдоль оси разряда несколько отличается от линейного закона. Поэтому в работе [2] определение волнового числа электромагнитной волны, распространяющейся в ВЧФР, проводилось по радиальным распределениям радиальной компоненты электрического поля. Форма канала факельного разряда близка к цилиндрической, а электромагнитное поле разряда определяется электромагнитным полем поперечно-магнитной волны симметричного типа. В этом случае, радиальное распределение радиальной компоненты электрического поля E_r в непроводящей зоне будет описываться функцией Ханкеля 1-го рода 1-го порядка:

$$E_r = AH_1^{(1)}(r\sqrt{k^2 - h^2}). \quad (2)$$

Здесь A – константа, r – радиальная координата, k – коэффициент распространения электромагнитной волны в воздухе. Таким образом, сопоставляя результаты расчетов величины E_r , проведенных по формуле (2), с результатами экспериментальных измерений, можно получить информацию о волновом числе и соответственно определить величины коэффициентов фазы и затухания электромагнитной волны, распространяющейся в разряде.

Список использованных источников:

1. Качанов А.В., Трехов Е.С., Фетисов Е.П. Электродинамическая модель высокочастотного факельного разряда//ЖТФ. – 1970. – №11. – С. 340–345.

2. Власов В.А., Тихомиров И.А., Луценко Ю.Ю. Определение волнового числа электромагнитной волны, распространяющейся в плазме высокочастотного факельного разряда//Теплофизика и аэромеханика, 2006. – Т.13, №1. – С. 147–151.

УДК 629.7.05

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ БИНС С ИЗМЕРИТЕЛЯМИ ВЗАИМНЫХ ДАЛЬНОСТЕЙ В ЗАДАЧАХ МЕЖСАМОЛЕТНОЙ НАВИГАЦИИ

В.К. Орлов, В.С. Рамаданов

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

Межсамолетной навигацией (МСН) называется комплекс действий экипажа и расчетов пунктов управления полетами, направленных на изменение или сохранение положения самолетов (групп) в воздушном пространстве [1]. Современные тенденции развития гражданской и военной авиации предполагают полное переложение решения задач МСН на экипажи воздушных судов (ВС). Для эффективного решения этих задач экипажам необходимо предоставить информацию о положении других ВС в некоторой области вокруг них. Обеспечить экипажи этими данными помогают специализированные радиотехнические системы межсамолетной навигации (РТС МСН).

Перспективные РТС МСН строятся по принципу равноправного обмена данными между ВС об абсолютном положении (относительно Земли) с последующим вычислением относительных координат. При организации радиообмена возникает множество задач по синхронизации, распределению каналов, разрешению конфликтов и т. п., решение которых приводит к значительному уменьшению скорости радиообмена [2].

На борту ВС имеется множество источников об абсолютном положении. Из них наиболее привлекательными для вычисления относительного местоположения являются данные глобальных спутниковых навигационных систем (ГНСС), бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС) [1]. Также возможно использование аппаратуры радиотехнических систем ближней навигации для измерения взаимных дальностей (ИВД). Навигационные данные ГНСС имеют наибольшую точность и вполне достаточны для удовлетворения многих потребностей МСН, однако из-за возможных отказов в

приемоизмерителях ГНСС, причины которых подробно описаны в [1], необходимо иметь алгоритмы функционирования РТС МСН без этих данных. Целью данного исследования является синтез эффективных алгоритмов комплексирования данных БИНС и ИВД с учетом специфики работы РТС МСН.

В рамках проводимого исследования был рассмотрен следующий алгоритм комплексирования БИНС и ИВД. В качестве исходных данных используются смещения, измеренные с помощью БИНС за некоторый промежуток времени, достаточно малый чтобы ошибка измерения не превысила некоторый предел и достаточно большой, чтобы перемещения были значительны, и данные ИВД в начале и конце временного промежутка. Этих данных достаточно чтобы, решив систему уравнений, вычислить относительные координаты. Возникающая при этом неопределенность устраняется с помощью данных БИНС в конечный момент времени.

Точность работы предлагаемого алгоритма определяется ошибками ИВД и БИНС, которые достаточно малы при измерении смещения за малый промежуток времени, и геометрическим фактором, определяемым положением участников в начальный и конечный моменты времени. Геометрический фактор играет решающую роль, и из-за его влияния точность в определенных условиях может достигать как довольно высоких значений, так и крайне низких. Так, например, данный алгоритм не может быть применен при нулевых относительных смещениях участников (например, при полете самолетов в строю, но в данном случае может быть применен другой алгоритм). Поэтому предлагается осуществлять коррекцию относительных координат, полученных путем прямого вычитания показаний БИНС в моменты с благоприятным геометрическим фактором.

Таким образом, был синтезирован алгоритм комплексирования данных БИНС и дальномеров дифференциально-геометрическим методом, позволяющий осуществить коррекцию данных БИНС в моменты выгодного взаимного перемещения ВС.

Список использованных источников

1. Орлов В.К. Локальные радиотехнические системы межсамолетной навигации [Текст]: монография / В.К. Орлов, А.Г. Герчиков, А.Г. Чернявский. – СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. – 123 с.
2. Синхронизация и многостанционный доступ в локальных радиотехнических системах относительной навигации [Текст]: монография / В.К. Орлов и др. – СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. – 129 с.

ПРЕИМУЩЕСТВА РАДИОВОЛНОВЫХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ

В.В. Неверов, А.Д. Судаков
Самарский университет, г. Самара

Расширение сферы применения диэлектрических композитных материалов, полупроводников и ферритов, а так же все возрастающие требования к надежности и долговечности изделий различного назначения увеличивают спрос на различные радиоволновые методы контроля. Т.к. радиоволновые методы контроля являются наиболее эффективными для контроля данных материалов. Так же не маловажным преимуществом радиоволновых методов контроля является то, что можно получить большой интервал мощностей в СВЧ диапазоне, что дает преимущество при контроле сред различной прозрачности, начиная от тонких пленок и заканчивая огромными бетонными блоками. Кроме того радиоволновые методы контроля можно применять и для контроля изделий из металлов и сплавов, например, для определения геометрических параметров изделий. Для измерения же толщины металлических листов необходимо двухстороннее расположение измерительных преобразователей.

Основным же преимуществом радиоволновых методов контроля является то, что они являются неразрушающими, и в большинстве своем бесконтактными. Это значит, что при таком контроле целостность объекта не будет нарушена. А так же это позволяет проводить контроль рабочего состояния, например, турбоагрегатов и редукторов в динамике [1, 2].

Стоит отметить, что по сравнению с оптическими методами контроля, радиоволновые методы контроля могут применяться в более агрессивных условиях – таких как высокая температура, наличие масляного тумана.

Следует выделить следующие методы контроля: амплитудный, фазовый, амплитудно-фазовый, поляризационный, геометрический, временной. В зависимости от источника излучения радиоволновые методы контроля делятся на активные и пассивные. А в активных методах, как правило, применяются маломощные генераторы до 1 Вт. Что делает применение радиоволновых методов контроля более безопасным по сравнению с рентгеноскопией [3].

При контроле многослойных композитных изделий, изменение толщины слоев, из-за случайных технологических причин ухудшает достоверность и эффективность радиоволновых методов контроля.

Радиоволновые способы контроля обладают малой инерционностью, позволяя контролировать быстротекающие процессы, например, колебания лопаток турбоагрегатов.

Устройства для бесконтактного неразрушающего радиоволнового контроля, как правило, компактны, что так же является преимуществом.

В целом, данное направление является перспективным направлением для исследования и создания новых методов контроля, которые будут востребованы в современной промышленности.

Список использованной литературы

1. Данилин А.И., Бесконтактные измерения деформационных параметров лопаток в системах контроля и управления турбоагрегатами. Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2008.

2. Данилин А.И., Неверов В.В., Данилин С.А. Способ бесконтактного определения технического состояния зубчатых колес и устройство для его реализации: Пат. 2602488 (РФ). 2016.

3. Клюев, В.В. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник [Текст]/В.В. Клюев, Ф.Р. Соснин, А.В. Ковалев, –М.: Машиностроение, 2003.-656 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ РЭС

УДК 621.3.082.539

РАЗРАБОТКА ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ИЗГИБА

А.А. Ерилкин, А.Г. Саноян
Самарский университет, г. Самара

Целью работы является разработка и создание оптического датчика изгиба, основанного на волноводных свойствах некоторых материалов.

Основными целями были:

- Создать оптический датчик изгиба из дешевых и легкодоступных материалов и комплектующих.
- Достичь максимальной линейности показаний такого датчика.
- Найти и обосновать практическое применение такого датчика.

В результате, разработанное устройство относится к оптическим датчикам, предназначенным для обнаружения и измерения деформации твердых тел, амплитуды и направления движения, и может быть использовано в медицинской, метрологической, охранной, и т.д. технике. Схема датчика приведена на рисунке 1.

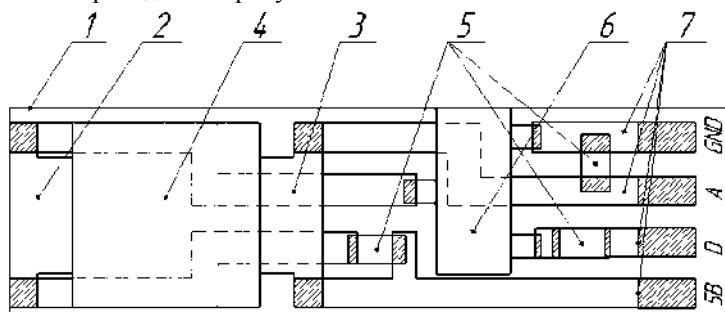


Рисунок 1 – Схема датчика

Оптический датчик изгиба состоит из оптически связанных источника импульсного или статического светового излучения узкого участка спектра (3), многомодового планарного световода (4) и оптического детектора (2), фольгированной подложки, выполняющей конструктивные и схемотехнические функции (1, 7), электронной обвязки

(5, 6). Данные с детектора, усиленные транзистором (6) поступают на внешний АЦП, с помощью которого уже можно получить преобразованную интенсивность проходящего через световод излучения в электрический потенциал. Многомодовый планарный световод изготавливается из широко распространенного листового силикона, при необходимости может быть окружен эластичной защитной оболочкой. Технический результат – создание компактного, простого и дешевого датчика изгиба, имеющего относительно линейные характеристики.

Принцип действия датчика следующий. Оптический датчик закрепляют на исследуемом объекте так, чтобы многомодовый световод был расположен в зоне деформации (или оценки амплитуды движений). Источник светового излучения формирует световой сигнал, распространяющийся по многомодовому световоду. Работа датчика основана на использовании известных процессов отражения и преломления оптической волны на границе раздела двух сред с различными оптическими свойствами в многомодовом световоде согласно закону Снеллиуса. При падении луча на границу раздела двух сред в общем случае появляются преломленная и отраженная волны.

При деформации происходит падение (или рост) интенсивности проходящего через световод излучения, вследствие чего фототранзистор начинает закрываться (открываться), что изменяет ток, текущий через него, соответственно и напряжение, падающее на нагрузочном резисторе. Уровень снимаемого напряжения поступает на АЦП, таким образом интенсивность света преобразуется в некое числовое значение, используемое затем для оценки динамики изменения амплитуды деформации. Вследствие упругости материала световода, он реагирует на достаточно небольшие амплитуды движения, что позволяет применять датчик в качестве датчика вибрации.

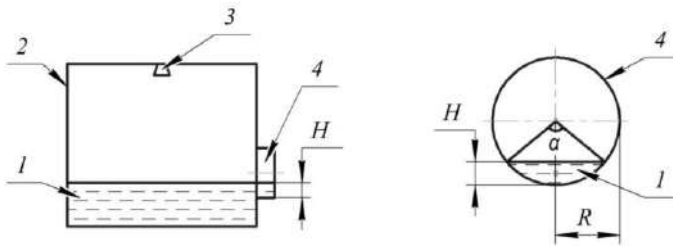
УДК 62-543.3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ В АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ВНУТРЕНнюю ПОВЕРХНОСТЬ ТРУБЫ

М.И. Зарецкая, И.С. Зарецкий
Самарский университет, г. Самара

Целью исследований является разработка математической модели движения материала в информационно-измерительной и управляющей системе нанесения покрытий на внутреннюю поверхность трубы [1], описывающую зависимость скорости течения от свойств обрабатываемого изделия и конструктивных параметров отдельных блоков. Рассмотрим

течение через круглое отверстие при неполном заполнении сечения трубы, как показано на рисунке 1.



1 – шликер, 2 – наполняющая колонка, 3 – датчик уровня, 4 – сливной штуцер
Рисунок 1 – Иллюстрация к математическому описанию движения материала через не полностью заполненное отверстие

При определенных допущениях, связанных с тем, что движение невихревое и нетурбулентное, мгновенный расход жидкости через отверстие произвольной формы при сливе определяется следующим выражением [2]:

$$dQ = \mu dS \sqrt{2gH}, \quad (1)$$

где dQ – мгновенный расход, μ – определяется опытным путем, зависит от формы отверстия и условий подхода жидкости к отверстию, ее вязкости, а так же от шероховатости сливной трубы и скорости вращения, dS – элементарная площадь сечения, g – ускорение свободного падения, H – уровень жидкости над нижним краем сливного отверстия, высота сегмента.

Поток через сечение, имеющее форму сегмента круга, будет определяться интегрированием мгновенного расхода по высоте при поддержании постоянного уровня жидкости в сливной колонке, что обеспечивает стабильную скорость движения материала покрытия в полости трубы. Зная, что поток жидкости определяется как $Q = VS$, где V – скорость движения материала через сечение [3], получаем выражение для скорости движения жидкости через заданное сечение:

$$v(H) = \frac{Q(H)}{S(H)} = \frac{4\mu\sqrt{2gR} \left(8\sqrt{2} \sqrt{2 - \frac{H}{R}} + \left(\frac{4H}{R} \left(\frac{2H}{R} + 1 \right) - \left(16 + \frac{3H^3}{R^3} \right) \right) \right)}{15\sqrt{2 - \frac{H}{R}} \left(\arccos \left(1 - \frac{H}{R} \right) - \left(\left(1 - \frac{H}{R} \right) \sqrt{\frac{2H}{R} - \frac{H^2}{R^2}} \right) \right)}. \quad (2)$$

Результаты расчетов хорошо согласуются с известными данными, приведенными в [3], в частности по диапазонам изменения скорости, при указанных геометрических параметрах трубы. Полученные результаты

могут иметь применение так же при учете расхода в системах водоотведения по не напорным трубопроводам и в нефтехимической промышленности. Внедрение рассмотренного способа нанесения покрытия позволяет избежать использования сложных подъемных механизмов благодаря наклонному расположению трубы, что способствует повышению производительности труда.

Список использованной литературы

1. Заявка 2017124756 Российская Федерация. Способ нанесения изолирующих покрытий на внутреннюю поверхность трубы формы / Скворцов Б.В., Зарецкая М.И.; Зарецкий И.С., Таипова Д.Р.; заявитель и патентообладатель Самарский университет – 2017124756; приоритет 11.07.2017 г.

2. Триандафилов А.Ф., Ефимова С.Г. Гидравлика и гидродинамические машины: учебное пособие. – Сыктывкар: СЛИ, 2012. – 212 с.

3. Методы и устройства нанесения покрытий на внутреннюю поверхность труб: Монография / Б.В. Скворцов, М.И. Зарецкая, С.А. Борминский. - Самара: АНО «Издательство СНЦ», 2015. – 120 с.

УДК 621.37/.39.001.63; 621.37/.39.001.66

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ БОРТОВОГО МОДУЛЯ АНАЛИЗА ВИДЕОДАННЫХ

В.А. Зеленский, Д.Н. Овакимян, А.С. Автаев, Н.Е. Нуржауов
Самарский университет, г. Самара

Моделирование и анализ тепловых процессов в электронных устройствах является актуальной научно-технической задачей [1]. Разработана модель тепловых процессов и выполнен стационарный тепловой расчёт бортового модуля анализа видеоданных (БМАВ) беспилотного летательного аппарата «Фотон-601».

Условия эксплуатации БМАВ следующие: диапазон температур - 30...+30 °С, материал корпуса - пластик, размер печатного узла 85x56x17 мм, размер корпуса 91x62x29 мм, суммарная мощность тепловыделения 1 Вт. Осуществляется конвективный теплообмен между воздухом внутри корпуса и снаружи. На рисунке 1 показана компоновка элементов печатного узла, расположенного внутри корпуса БМАВ. Цифрами на рисунке 1 обозначены: 1 - интерфейс ввода/вывода; 2 - микропроцессор; 3 - модуль *Wi-Fi*; 4 - порт подключения дисплея *DSI*; 5 - слот под *microSD*; 6 - порт питания *MicroUSB*; 7 - порт *HDMI*; 8 – порт подключения камеры; 9 - аудиопорт; 10 - порт *LAN*; 11 - 2 порта *USB*; 12 - *USB/Ethernet* контроллер.

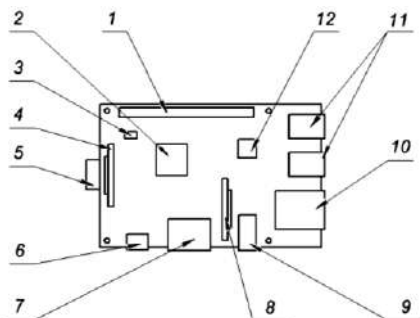


Рисунок 1- Компоновка элементов печатного узла блока анализа видеоданных

Построение модели тепловых процессов выполнено с использованием модуля АСОНИКА-Т [2]. Выполнено моделирование кондуктивного теплообмена между стенками корпуса, теплообмена между стенками корпуса и окружающей средой, между стенками корпуса и воздухом внутри корпуса, между стенками корпуса и печатным узлом, между печатным узлом и воздухом внутри корпуса. Модель кондуктивного теплообмена между стенками корпуса в программном модуле АСОНИКА-Т представлена на рисунке 2.

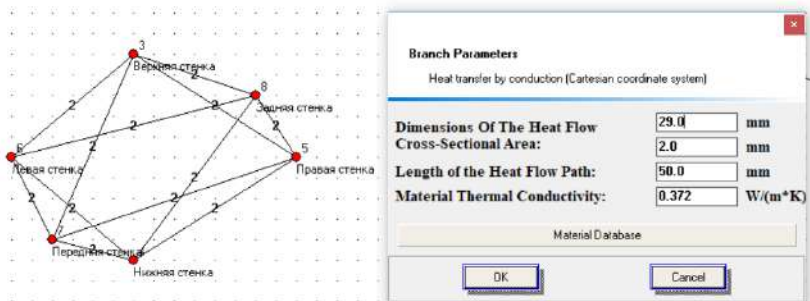


Рисунок 2- Модель кондуктивного теплообмена между стенками корпуса

По результатам моделирования получены расчётные данные, представленные в таблице 1.

Таблица 1- Результаты теплового расчёта

Н/п	Наименование моделируемого элемента	Температура, °С
1	Печатный узел	40.4
3	Верхняя стенка корпуса	32.2
4	Нижняя стенка корпуса	36.8
6	Боковые стенки корпуса	31.6
9	Воздух снаружи корпуса	30

Перегрев печатного узла по отношению к температуре окружающей среды составляет 10.4 °С, что является приемлемым показателем.

Список использованных источников:

1. Зеленский В.А. Основы конструкторско - технологического проектирования радиоэлектронных средств. - Самара:Изд-во СГАУ, 2016. – 80 с.
2. АСОНИКА-Т [Электронный ресурс] // АНО «Академия Надежности», 2017. URL: <http://asonika-online.ru/products/asonika-t/> (дата обращения: 02.03.2018).

УДК 621.3.082.13

АНАЛИЗ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АВТОНОМНОЙ НАВИГАЦИИ МАЛЫХ БПЛА

С.С. Серпуховитов, Д.Н. Овакимян, В.А. Зеленский, Р.М. Мирзоев
Самарский университет, г. Самара

В настоящее время основным методом навигации БПЛА является спутниковая навигация, которая имеет массу достоинств, но вместе с ними лишает летательный аппарат автономности и помехоустойчивости. Таких недостатков лишены бесплатформенные инерциальные системы, строящиеся на акселерометрах, которые отслеживают ускорение, и гироскопах – измеряющих углы поворота и наклона. Принцип действия таких систем основан на свойствах инерции тел и является автономным, то есть не требующим наличия внешних ориентиров или поступающих извне сигналов.

МЭМС системы состоят из механических элементов, датчиков, приводов и устройств микроэлектроники, расположенных на общей кремниевой подложке. Размеры элементов МЭМС систем могут находиться в диапазоне от долей микрометра до одного миллиметра.

Одним из основных отличий МЭМС-технологии является использование жертвенного слоя для создания свободностоящих структур. Жертвенный слой механически поддерживает проектируемую структуру на этапе нанесения пленки-основы. После выполнения всех необходимых операций напыления и литографии наступает фаза высвобождения, во время которой жертвенный слой удаляется, и структура из планарной превращается в трехмерную.

Наиболее популярны датчики движения, основанные на конденсаторном принципе. Подвижная часть системы – классический грузик на подвесах (рисунок 1). При наличии ускорения грузик смещается относительно неподвижной части акселерометра, меняя ёмкость и напряжение на обкладках конденсатора при постоянном заряде. Это

изменение можно измерить и рассчитать смещение грузика. Откуда, зная его массу и параметры подвеса, вычисляется искомое ускорение. Современный уровень развития МЭМС и интегральной техники позволяет производить комбинированные компоненты, чувствительные сразу к нескольким осям (X, Y, Z) и содержащие элементы микроэлектроники, позволяющие получить на выходе датчика цифровой интерфейс (I2C, SPI), удобный для последующей обработки автопилотом.

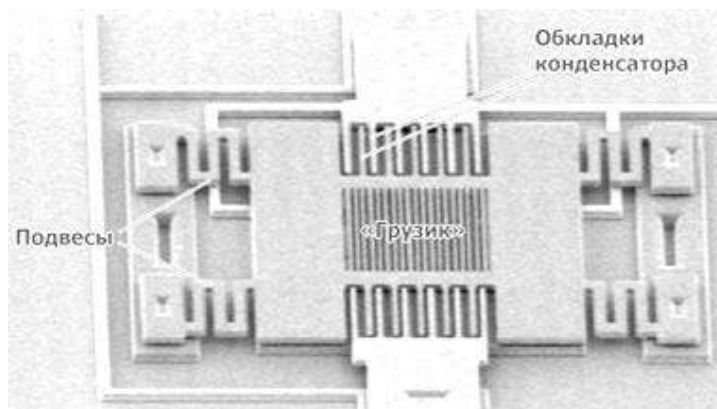


Рисунок 1 – Конденсаторный МЭМС акселерометр

Однако, микромеханические акселерометры и гироскопы обладают высокой систематической ошибкой (дрейфом нуля), поэтому точность определения навигационных параметров микросистемной БИНС невелика. В настоящее время не существует достаточно стабильных инерциальных МЭМС датчиков, позволяющих длительное время выдавать достоверные данные в автономном режиме. Устранение этого недостатка обеспечивается комплексированием БИНС со спутниковыми навигационными системами (СНС) и полностью автономно, по датчикам, система работает только в моменты пропадания сигнала от СНС.

Приведённые материалы, позволяют сделать вывод, что быстроразвивающаяся область малых БПЛА, рождает необходимость в исследовании перспективных структур инерциальных МЭМС датчиков.

Список использованных источников

1. Распопов В.Я. Микромеханические приборы: учебное пособие. – М.: Машиностроение, 2007. – 400 с.
2. Гонев Е.С., Зайцев Н.А., Равилов С.Ф. Обзор микрогироскопов, сформированных по технологии поверхностной или объёмной микромеханики // Микросистемная техника. 2002, № 8. С. 2-6.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЗОТИРОВАННОГО ОБРАЗЦА ВИХРЕТОКОВЫМ МЕТОДОМ

Д.А. Ворох, А.И. Данилин
Самарский университет, г. Самара

Существуют различные способы воздействия на сталь с целью придания ей требуемых свойств. Один из комбинированных методов это химико-термическая обработка стали. Суть данной технологии состоит в преобразовании внешнего слоя материала насыщением. Если металл насыщается атомами азота, то данную технологию называют азотированием стали. При сравнении азотирования с таким популярным методом обработки данного металла, как цементация, то азотирование отличается рядом весомых преимуществ [1]:

1. За счет того, что твердость поверхностного слоя стали повышается, улучшается износостойкость детали.
2. Возрастает усталостная прочность изделия.
3. Поверхность изделия становится устойчивой к коррозии. Такая устойчивость сохраняется при контакте стали с водой, влажным воздухом и паровоздушной средой.

Именно поэтому данная технология стала применяться в качестве основного способа улучшения качественных характеристик стали. Однако, получение качественных и количественных характеристик поверхностного слоя на сегодняшний день производится путем разрушения этого слоя. В результате чего возможно производить только выборочный контроль качества деталей.

При анализе работ [2-4] можно сделать вывод, что существуют бесконтактные способы получения характеристик поверхностного слоя.

Для подтверждения указанных выводов, был проведен эксперимент, который указывает на взаимосвязь между внесенными в вихретоковый датчик ΔL и ΔR и глубиной азотированного слоя.

Предполагается, что объект контроля (ОК) изменяет параметры вихретокового преобразователя двумя путями. Первый путь это изменение индуктивной составляющей катушки, то есть добавление к базовому значению индуктивности $L[2]$ некоторой добавки $\pm \Delta L$. Второй путь это изменение активной составляющей катушки, то есть добавление к базовому значению сопротивления $R[2]$ некоторой добавки ΔR , которая отражает потери энергии от протекания вихревых токов в поверхности ОК.

Результаты эксперимента представлены на рисунке 1.

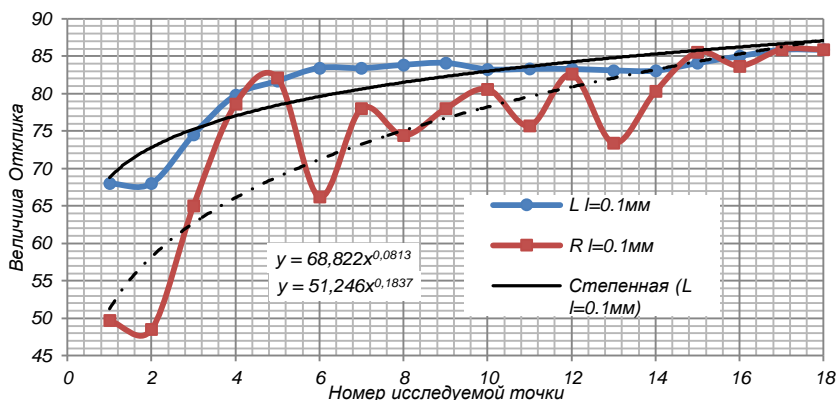


Рисунок 1 – Результаты экспериментальных исследований

Список использованных источников

1. Гуляев А.П. Металловедение. – М.:Металлургия, 1977.-647с.1989.-384 с.
2. Ворох Д.А., Иванова Я.А. Эквивалентная схема мостового вихретокового преобразователя // Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: материалы Всероссийской научно-технической конференции (г. Самара,16- 18мая 2017г) Самара: ООО «Офорт», 2017. С. 58-60.
3. Д.А. Ворох, А.И. Данилин, У.В. Бояркина. Синхронный детектор для мостового вихретокового преобразователя // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19, № 4. С. 167-170
4. Д.А. Ворох, А.И. Данилин. Амплитудный детектор для мостового вихретокового преобразователя // Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: материалы Всероссийской научно-технической конференции (г. Самара,16- 18мая 2017г) Самара: ООО «Офорт», 2017. С. 19-21.

УДК 621.317

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЗРАЧНЫХ ПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕКТРОДОВ ИЗ ОКСИДА ИНДИЯ – ОЛОВА

К.Н. Тукмаков, В.Д. Паранин, А.К. Агибаева
Самарский университет, г. Самара

Электрооптические элементы применяются для управления различными параметрами лазерного излучения: фазой, поляризацией, интенсивностью. Они позволяют осуществить модуляцию, коммутацию, спектральную фильтрацию оптических сигналов, в некоторых случаях - преобразование поперечно-модового состава [1].

Одной из проблем создания электрооптических элементов дифракционного типа является невысокое оптическое пропускание,

обусловленное непрозрачными встречно-штыревыми электродами на выходной поверхности подложки. Для решения этой задачи необходимо применять прозрачные проводящие материалы с толщиной, удовлетворяющей условию оптического просветления.

Целью работы являлась разработка технологии формирования прозрачных проводящих электродов из оксида индия – олова.

В качестве подложки для решетки использовался кристалл ниобата лития X-среза размером 15x15x1 мм. Материалом электродов служил оксид индия – олова $\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$ (ITO).

Очистка подложек заключалась в промывке в щелочном растворе, выдержке в хромовом растворе $\text{H}_2\text{SO}_4\text{:K}_2\text{CrO}_7$ в течение 5 мин и ополаскивании в деионизованной воде. Для создания дифракционной маски применялся метод взрывной литографии (lift-off процесс). Нанесение слоя фоторезиста ФП-051К и толщиной 0,4 мкм производилось с помощью центрифугирования в два этапа: на скорости 500 об/мин длительностью 20 сек, а затем на скорости 4500 об/мин длительностью 45 сек. Сушка фоторезиста производилась на воздухе в течение 2 мин, а затем – на нагревательном столике при температуре 95 °С в течение 12 мин. Сразу после экспонирования через инверсный фотошаблон производилось проявление фоторезиста в проявителе УПФ-1Б в течение 1 мин, промывка в деионизованной воде и сушка чистым воздушным потоком.

Далее проводилось формирование оксида индия-олова путем реактивного распыления в среде кислорода с дополнительным нагревом в установке ЭТНА-100-МТ. Экспериментально было установлено, что нагрев до температуры 200 °С со скоростью 10 °С/мин в присутствии аргон-кислородной смеси не вызывает значительного изменения свойств используемого фоторезиста. Поэтому температура подложкодержателя 200 °С использовалась в дальнейшем во время всего процесса напыления индия-олова.

Процесс напыления начинался с отпыливания верхнего слоя материала мишени сплава индий-олово электронной чистоты (диаметр мишени 3”) на закрытую заслонку в следующих условиях: атмосфера – аргон с давлением в камере 0,5 мТорр, скорость подачи через магнетрон – 9 см³/сек; мощность магнетрона повышалась до 200 Вт в течение 30 сек и затем выдерживалась на этом уровне в течение 5 мин в режиме постоянного тока.

После отпыливания мишени заслонка открывалась, поток аргона через магнетрон увеличивался до 22 см³/сек, а в область подложки дополнительно подавался кислород с расходом 9 см³/сек (при этом давление в камере увеличилось до 1,1 мТорр). Мощность магнетрона уменьшалась до 110 Вт, а режим его работы изменялся на режим прерывистых токов с периодическим импульсом обратной полярности для минимизации эффекта потери анода. Контроль толщины пленки

осуществлялся с помощью кварцевого измерителя толщины по свидетелю, установленному рядом с образцами.

Для улучшения проводимости напыленной ITO-пленки необходима более высокая температура 300-500°C [2]. Поэтому после полного завершения процесса взрывной литографии использовался дополнительный атмосферный отжиг на воздухе с помощью нагревательного столика со скоростью 30 °С/мин от 20 °С до 250 °С, которая выдерживалась 2 мин. Остывание кристаллов и столика до комнатной температуры производилось за счет естественной конвекции. Отжиг привел к значительному снижению удельного поверхностного сопротивления пленки с 50 Ом/кв до 26 Ом/кв.

Размеры электродов контролировались на микроскопе Биомед-5П и автоматизированном интерферометре белого света WLI-DMR и составили: период – 290 мкм, ширина электрода – 117,5 мкм, толщина – 150..160 нм. Толщина и показатель преломления пленки ITO приблизительно соответствуют условиям оптического просветления на длине волны 632,8 нм.

Список использованных источников

1 Ярив, А. Оптические волны в кристаллах [Текст] / Ярив А., Юх П. – М.: Мир, 1987. – 616 с.

2 Bertran, E. RF sputtering deposition of Ag/ITO coatings at room temperature [Text] / E. Bertran et al. // Solid State Ionics. - 2003. – Vol. 165. – P. 139-148.

УДК 621.317

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКОГО МОДУЛЯТОРА ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В.Д. Паранин, А.К. Агибаева
Самарский университет, г. Самара

В работах [1, 2] рассмотрен электрооптический модулятор дифракционного типа на основе кристалла ниобата лития х-среза и алюминиевых встречно-штыревых электродов. Результаты исследований показали недостаточную электрическую прочность межэлектродного зазора шириной 140±5 мкм при напряжении до 800 В. Было отмечено обратимое нарушение оптической однородности поверхностного слоя кристалла, вызванного его переполаризацией около острых кромок и торцов электродов.

Для решения указанных проблем необходимо оптимизировать топологию электродов, а именно, увеличить межэлектродный зазор при неизменном периоде и обеспечить закругление торцов. Кроме этого

следует повысить оптическое пропускание модулятора за счет применения прозрачного проводящего материала электродов, например, оксида индия – олова.

Целью работы являлась разработка и исследование дифракционного электрооптического модулятора, обеспечивающего глубину модуляции не менее 30-40% при напряжении до 700-800 В, устойчивого к эффектам переполаризации и электрического пробоя поверхностного слоя кристалла.

Управляемая дифракционная решетка формировалась на поверхности X-среза ниобата лития размером 15x15x1 мм, обладающего максимальной чувствительностью к поперечному полю электродов E_z . Кристаллы полировались на предприятии-изготовителе алмазной суспензией до чистоты поверхности РПП по ГОСТ 11141-84, неплоскостности поверхности — не более $10''$, шероховатости $R_a < 2$ нм. Период решетки электродов составлял $d=290$ мкм, межэлектродный зазор $a=172,5$ мкм, длина электродов - 8 мм, ширина области электродов — 8 мм. Любая пара соседних электродов была подключена к различным полюсам источника напряжения. Электроды ориентировались перпендикулярно оптической оси Z кристалла. Электрическая изоляция межэлектродных зазоров обеспечивалась прозрачным акриловым лаком Plastik 70 с электрической прочностью до 70 В/мкм, наносимого аэрозольным методом. Толщина лакового покрытия составляла 20-30 мкм. Использование лака предотвращало поверхностный электрический пробой и разрушение электродов при напряжении более 500 В. Высокая электрическая прочность ниобата лития не позволяла развиваться объемному пробую. Электрическое сопротивление образцов составляло не менее 1,5 ГОм.

В качестве материала электродов использовался прозрачный проводящий оксид индия – олова с толщиной 150-160 нм и удельным поверхностным сопротивлением 25-26 Ом/кв. Оксид индия – олова формировался реактивным магнетронным распылением в атмосфере кислорода на установке ЭТНА-100-МТ.

В ходе экспериментального исследования измерялась модуляционная характеристика элемента, представляющая собой зависимость интенсивности 0-го порядка дифракции от межэлектродного напряжения. Источником излучения служил гелий-неоновый лазер с нестабильностью мощности в рабочем режиме не более 1%. Излучение поляризовалось пленочным поляризатором оптического качества. Ось поляризатора ориентировалась параллельно оптической оси Z ниобата лития. Расширенный световой пучок имел гауссово распределение интенсивности с диаметром 2,8 мм по уровню 0,5 и расходимостью не более 0,4 мрад. Интенсивность пучка составляла 0,41 мВт/см² в максимуме. Управление диаграммой направленности управляемой решетки производилось аналоговым источником с напряжением до 800 В и пульсациями не более 0,2 В. Напряжение измерялось вольтметром GDM-78251A с пределом

измерения 1000 В и основной погрешностью не более 0,012%. Измерение интенсивности излучения осуществлялось с помощью измерителя оптической мощности РМ100D с термокомпенсированным кремниевым датчиком S120C с погрешностью не более 3-5%.

В ходе исследования достигнута глубина модуляции 41% при напряжении 800 В. Исследование прямой и обратной ветви характеристики не выявило гистерезиса, наблюдаемого ранее [1, 2], что сообщает об отсутствии процессов переполяризации кристалла.

Список использованных источников

1 Паранин, В.Д. Исследование механизмов управления характеристиками дифракционной решетки, выполненной на поверхности электрооптического кристалла ниобата лития [Текст] / Журнал технической физики. - 2014. - Т.84. - Вып.11. - С.146-150.

2 Паранин, В.Д. Особенности формирования иглообразных доменов в поверхностном слое ниобата лития X-среза [Текст] / Журнал технической физики. - 2014. - Т.84. - Вып.12. - С.132-136.

УДК 681.128.63

ПРОБЛЕМЫ УНИФИКАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ЗАПРАВКИ СОВРЕМЕННЫХ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ

Р.С. Захаров, А.В. Паршина
Самарский университет, г. Самара

В настоящее время в ракетно-космической отрасли России существует проблема, связанная с необходимостью унификации измерительного оборудования, используемого в системах контроля заправки баков компонентами топлива летательных аппаратов. На современных ракетах-носителях (РН) такие системы оборудуются датчиками уровня, устанавливаемыми в баках окислителя и горючего, а также блоками преобразования и передачи измерительной информации пользователю на наземную аппаратуру системы. Основная сложность заключается в том, что постепенная модернизация РН "Союз" привела к тому, что в настоящее время каждая РН оснащена своим комплектом измерительного и управляющего оборудования, что обуславливает возможность ее использования только на определенном космодроме.

В настоящее время пилотируемые запуски выполняются на РН 11А511У-ФГ, которые запускаются с двух стартовых комплексов (СК) "Гагаринский" и "Площадка 31", расположенных на космодроме "Байконур". Ракета-носитель "Союз-2" этапов 1а, 1б (далее 1А14) является самой распространенной РН семейства "Союз", её пуски могут осуществляться с "31-ой площадки" космодрома "Байконур", а также с космодрома "Плесецк".

Ракета-носитель легкого класса "Союз-2" этапа 1в может запускаться с единственного функционирующего стартового стола РН "Союз" космодрома "Плесецк". Запуск специально разработанной по заказу европейского космического агентства РН "Союз-СТ" этапов 1а, 1б может осуществляться исключительно из Гвианского космического центра (Гвиана, Южная Америка). В РН 14А14 и «Союз-СТ» этапов 1а, 1б используются емкостные датчики уровня заправки (ДУЗ), представляющие собой электрические конденсаторы с удлиненными электродами-обкладками, причем длина электродов соответствует диапазону измерения уровня жидкого компонента в конкретном блоке и баке (рисунок 1, а). Ракета-носитель "Союз-2" для космодрома "Восточный" этапов 1а, 1б, 1в (далее 372РН16) использует емкостные ДУЗ, выполненные в троированном исполнении (рисунок 1, б). В каждом из 3-х каналов используются две секции: основная (измерительная) и компенсационная, представляющие собой два расположенных друг над другом плоских конденсатора.

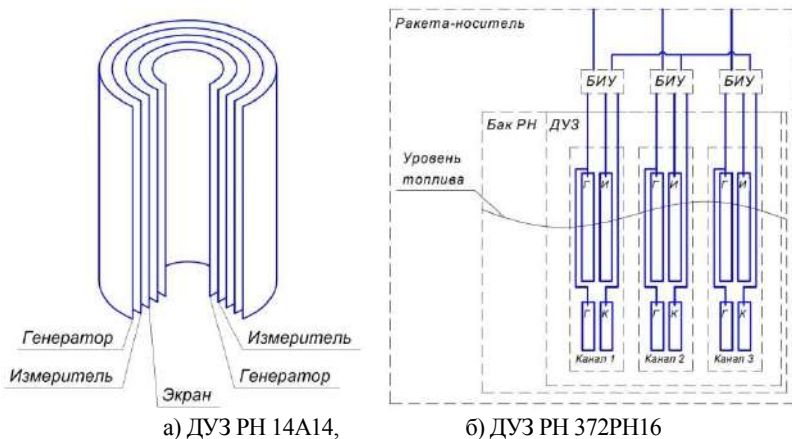


Рисунок 1

Принцип работы указанных датчиков заключается в том, что в процессе заправки компонентами топлива заполняется зазор между электродами ДУЗ и происходит изменение электрической емкости вследствие разницы диэлектрической проницаемости воздуха и компонентов топлива РН. При этом, измерительные элементы ДУЗ РН 372РН16 выполнены не из металла, а из стеклотекстолита, на который путем электролиза нанесен слой золота. Кроме того, они имеют пониженную емкость в силу меньшей площади обкладок конденсатора по сравнению с ДУЗ РН 14А14, что привело к необходимости размещения бортовых измерителей уровня (БИУ) на борту РН 372РН16 в непосредственной близости к датчику - в пределах 5 м. БИУ представляет собой АЦП, схема которого основана на принципе сигма-дельта преобразования емкости в цифровой код.

Проблема унификации оборудования систем измерения уровня заправки РН имеет два решения. Первое связано с разработкой новых ДУЗ, обладающих свойствами датчиков РН 14А14 и 372РН16 (емкость, количество каналов, наличие компенсационного элемента). Второе заключается в разработке устройств адаптации наземного и бортового оборудования систем заправки различных РН и СК. Решение обозначенной проблемы унификации позволит обеспечить возможность запуска каждой модификации РН с любого космодрома, а также повысить общий технический уровень РН.

Список использованных источников

Пат. 2414687 Российская Федерация, МПК П01А23/26. Система измерения уровня заправки [Текст] / Лазарев А.В., Королев Р.А., Загвоздкин А.Я.; - №2009127174; заявл. 16.07.2009; опубл. 20.03.2011.

УДК 533.915:621.794.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ТРАВЛЕНИЯ ЧАСТИЦАМИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ

Н.М. Ондырбаев, В.А. Колпаков
Самарский университет, г. Самара

Травление структур в диоксиде кремния находит широкое применение в областях микроэлектроники при формировании окон в маскирующих слоях интегральных схем и дифракционной оптики, например, при изготовлении узких, сверхточных канавок, что становится возможным только при использовании в технологическом процессе плазмохимических технологий, так как частицы атомных размеров, служащие технологическим инструментом в этом случае, легко управляются электромагнитными полями. Однако необходимо отметить, что плазмохимические технологии содержат следующие параметры управления техпроцессом: напряжение, ток, частота высокочастотного (ВЧ) возбуждения электрического разряда, мощность разряда, температура, при которой происходит процесс, давление в рабочей камере. Экспериментальное определение их оптимальных значений представляет очень сложную и дорогую операцию, поэтому в современном производстве широкое применение нашли физико-математические методы расчета параметров плазмохимических технологий, позволяющие достаточно точно определить их величину и взаимосвязь.

Целью работы и является создание модели, описывающей травление диоксида кремния в низкотемпературной плазме высоковольтного газового разряда (НПВГР), пригодной для расчета конкретных режимов травления и

учитывающей реальные взаимосвязи параметров технологического процесса. Данный же вид разряда был выбран исходя из следующих соображений:

1) простота конструкции и механическая прочность устройства, формирующего газовый разряд;

2) большой срок службы устройства;

3) разряд существует вне электродов газоразрядного устройства, что делает движение его частиц свободным, резко снижает зависимость параметров частиц от режимов работы устройства, полностью устраняет возможность появления эффекта загрузки и операцию защиты поверхности катода от распыления, являющиеся основными недостатками современных устройств плазмохимического травления (ПХТ) и приводящие к значительным трудностям при формировании топологии интегральных микросхем и оптимизации процесса травления окон в маскирующих слоях;

4) высоковольтный разряд в газе является аномальной разновидностью тлеющего разряда, поэтому он обладает всеми его достоинствами и у него полностью отсутствует такой недостаток, как зависимость параметров газового разряда от месторасположения в нем подложки и от свойств ее поверхности;

5) свободное движение частиц, а также резко очерченные границы разряда свидетельствуют об их направленном движении за пределами анода в направлении нормали к его поверхности: равномерность распределения энергии частиц по сечению плазменного потока была не хуже 98 %.

В настоящей работе теоретически исследован процесс травления диоксида кремния в НПВГР. Получены универсальные зависимости, связывающие величину скорости травления с технологическими параметрами газоразрядного устройства (напряжение на электродах, ток разряда), а также с параметрами самого процесса травления (отношение потоков частиц, коэффициенты прилипания, коэффициенты распыления).

Показано, что НПВГР существует в неоднородном электрическом поле и тем самым позволяет осуществить как плазмохимическое, ионно-химическое, так и ионно-плазменное травление в зависимости от вида рабочего газа. Полученные результаты позволят развить корректные подходы к формированию в НПВГР рельефа субмикронного размера.

Список использованных источников

1. Григорьев, Ф.И. Плазмохимическое и ионно-химическое травление в технологии микроэлектроники [Текст]: учеб. пособие / Ф.И. Григорьев. – Москва: МГИЭИМ, 2003. –48 с.

2. Галперин, В.А. Процессы плазменного травления в микро- и нанотехнологиях [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Галперин, Е. В. Данилкин, А. И. Мочалов. –Москва: БИНОМ, 2015. –286 с.

3. Берлин, Е.В. Ионно-плазменные процессы в тонко- пленочной технологии [Текст] / Берлин Е.В., Сейдман Л.А. –Москва: Техносфера, 2010. –528 с.

УДК 543.429.23

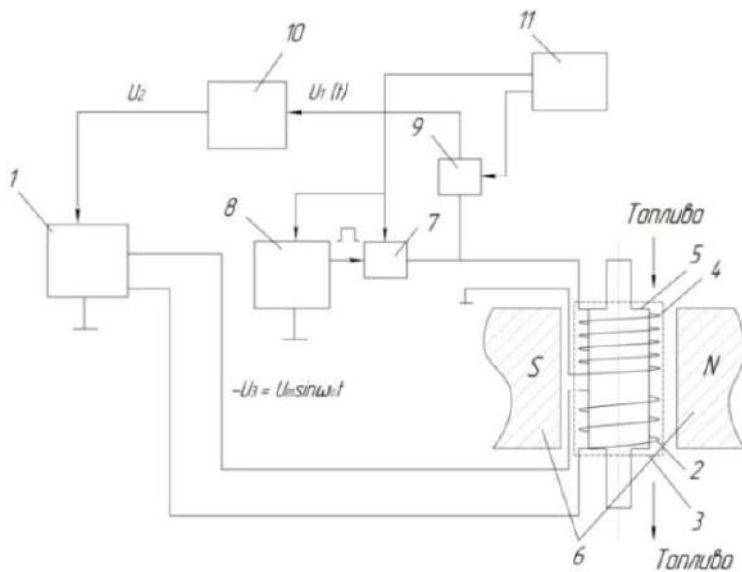
МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТЫ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА В УСТРОЙСТВАХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ МОДИФИКАЦИИ ТОПЛИВА

Д.Б. Скворцов, Д.Р. Таипова
Самарский университет, г. Самара

В настоящее время актуальной задачей в топливо-энергетической промышленности является переход к ресурсосберегающей энергетике. Классические методы производства топлив, связанные с каталитической термообработкой сырья имеют ряд недостатков, главным из которых является высокая энергозатратность. Для решения этой задачи был разработан метод электромагнитной модификации топлива, заключающийся в изменении октанового числа бензина путем реструктуризации молекул группы компонентов при помощи электромагнитного сигнала. Для этого топливо помещается в магнитное поле, которое создаёт условие для возникновения в среде ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Основными компонентами топлива является водород и углерод, но резонирует только водород ^1H , так как согласно теории ЯМР углерод, имеющий чётное число протонов и нейтронов имеет нулевой магнитный момент и не может быть зафиксирован средствами ЯМР. В этих условиях электромагнитным сигналом на частоте ЯМР можно разорвать любую связь в молекуле и получить ассортимент свободных радикалов, часть которых объединяются в изомерные молекулы.

Устройство работает следующим образом. Вокруг ёмкости с топливом расположены два соленоида. По команде с блока управления запускается генератор и через силовой соленоид проходит импульс тока, который возбуждает в топливе процесс поворота магнитных моментов присутствующих в нём протонов атомов водорода, ранее ориентированных постоянным магнитным полем. По окончании действия возбуждающего импульса второй измерительный соленоид подключается к входу схемы фиксации ЯМР, который определяет спектральный состав сигнала, сформированного силовым соленоидом импульса. При снятии возбуждающего импульса магнитные моменты протонов водорода

возвращаются в исходное состояние и формируют в соленоиде импульс тока, форма которого зависит от химического состава и структуры молекулы. Спектральный состав имеет несколько экстремумов, каждый из которых показывает частоту резонанса протонов водорода определённой группы молекул. Эта частота принимается как рабочая для электромагнитной обработки топлива. Схема непрерывно корректирует частоту обработки топлива по фактору максимального числа резонирующих ядер.



1 – генератор электрических сигналов, 2 – силовой соленоид, 3 – индуктор, 4 – измерительный соленоид, 5 – емкость с топливом, 6 – источники постоянного магнитного поля, 7, 9 – ключ, 8 – генератор импульсов, 10 – схема измерения частоты ЯМР, 11 – блок управления

Рисунок 1 – Схема устройства для модификации топлива

Частота резонанса ядер определяется по формуле:

$$\omega_0 = \frac{\gamma}{2\pi} B_0 (1 - \sigma),$$

где γ – гиромагнитное отношение, характеризующее данный вид ядер; B_0 – напряженность постоянного магнитного поля, Тл; σ – константа экранирования, определяемая местом и химическими связями резонирующего ядра в молекуле, определяющая частоту резонанса каждого компонента топлива.

Предлагаемое устройство может быть применено для модификации не только бензинов, но и более тяжелых топлив, таких как керосин и

дизельное топливо, причём по разным показателям качества, например для изменения плотности или вязкости.

Список использованных источников:

1. Пат. 140192 Российская Федерация МПК C10G 15/08 Устройство для электромагнитной модификации углеводородов на частотах ядерного магнитного резонанса / Борминский С.А., Скворцов Б.В., Солнцева А.В., Боранбаев М.С. – опубл. 10.05.2014, Бюл. №13.

УДК 681.31:681.5

ИНТЕРНЕТ СЕРВИСЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ

А.Н. Муравьев

Самарский университет, г. Самара

Использование современных интернет технологий и сервисов WEB2.0 открывает новые возможности в традиционных методах проектирования электронных схем. Среди возможностей WEB2.0 наиболее актуальны «облачные» хранилища, распределенные вычислительные сети и асинхронное выполнение кода на стороне пользователя (AJAX). Это позволяет создавать проекты по разработке электронных схем непосредственно в браузере, без установки специального программного обеспечения на компьютерах пользователя.

Большинство интернет сервисов поддерживают разнообразные технические платформы: ПК, планшеты, смартфоны, а также различные операционные системы: Windows, Linux, MacOS, Android.

В докладе рассматриваются наиболее распространенные интернет сервисы для разработки электронных схем, при этом в сравнении отдается предпочтение работе сервисов на схемотехническом уровне. Качество работы сервисов в области проектирования печатных плат требует отдельного рассмотрения, т.к. часто возможности сервисов в этой области могут не устраивать пользователей.

В настоящее время можно выделить две основные группы интернет сервисов: дополнение к существующим настольным версиям программных продуктов, например, Multisim, Tina и самостоятельные интернет площадки, работающие только он-лайн, например, EasyEDA, 123D Circuits и др.

Все интернет сервисы работают по схожему алгоритму, предоставляя пользователям ввод электронной схемы, моделирование работы на схемотехническом уровне, проектирование печатной платы.

Результаты работы на всех этапах можно сохранять в «облачном» хранилище сервиса и некоторого общедоступного или локально на компьютере пользователя. Исходные схемы, коды и результаты обработки

передаются в зашифрованном виде в центр обработки и их видят только разработчики и другие пользователи, которым разрешен доступ к проекту через социальные сети. Использование социальных сетей является важной частью всех интернет сервисов, позволяя организовать совместную разработку проектов, их обсуждение, распространение и реализацию.

Качество работы интернет сервисов зависит в первую очередь от используемых моделей, алгоритмов обработки и программного кода движка интернет сервиса.

Большинство интернет сервисов использует распространенные и свободно распространяемые Spice модели радиокомпонентов. Как правило, качество интернет сервиса в этой области оценивается количеством моделей и особенно современных моделей компонентов.

Так, например, сервис 123D Circuits (проект компании Autodesk Inc) содержит даже средства проектирования схем на микроконтроллерах с возможностью редактирования кода прошивки и отладки на базе популярных приборов платформы Arduino. Также важным свойством интернет сервисов является постоянное обновление базы данных, в том числе и за счет пользователей.

Самым слабым звеном в технологии интернет сервисов для схемотехнического проектирования является набор алгоритмов анализа схем и методов пост обработки результатов моделирования. Практически все интернет сервисы пока предлагают минимальный набор в виде виртуальных измерительных приборов – мультиметр, осциллограф. Соответственно сложные и высокопрофессиональные проекты для интернет сервисов пока не по силам.

Программный код некоторые интернет сервисы делают открытым, приглашая разработчиков к улучшению работы ресурса. Также важным свойством интернет сервисов в данной части является автоматическое бесшовное обновление программного кода ресурса.

В результате рассмотрения работы наиболее популярных интернет сервисов для разработки электронных схем можно сделать вывод о большом потенциале этого направления в практических САПР и даже с учетом некоторых недостатков можно рекомендовать для использования в целях обучения и дистанционного проектирования не сложных изделий электронной техники.

Список использованных источников

1. Риз Д., Облачные вычисления. СПб. : БХВ-Петербург, 2011.
2. Анисимов Д.А. Построение веб-сервисов систем автоматизации схемотехнического проектирования [Текст] / Гридин В.Н., Дмитриевич Г.Д., Анисимов Д.А // Информационные технологии и вычислительные системы – 2012. – №4. – С. 79-84.

УДК 621.3

МАЛЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПОВЕРХНОСТИ МКС

А.С. Рахимбеков, А.М. Телегин
Самарский университет, г. Самара

Разные дефекты на корпусе модуля международной космической станции являются проблемой для космонавтов. Воздействия в космосе бывают самые разные: радиация, метеорное воздействие, колебание температуры, космический мусор, вибрация и т.д. Эти воздействия изменяют параметры оптических устройств, вызывают появление дефектов в корпусе. С целью контроля поверхности МКС предлагается создать малый космический аппарат, который позволит космонавтам, находясь на борту модуля, наблюдать и анализировать принятые данные. И по этим данным выявить проблему не выходя в открытый космос.

Моя научная работа направлена на создание такого рода космического аппарата. Анализ технической литературы показывает, что такой аппарат должен иметь малый вес и обладать небольшим запасом энергии. Аппарат не будет иметь солнечных панелей, потому что периодически будет возвращаться на МКС для подзарядки никель-кадмиевых герметичных аккумуляторов. Управляющим элементом космического корабля являются бортовая система управления с резервированием, состоящая из двух микропроцессоров. Для ориентации и стабилизации будет использоваться магнитная система ориентации в виде электромагнитных катушек.

В целом алгоритм работы выглядит следующим образом: внешняя среда – датчики КА – алгоритм СОС – исполнительные органы – космический аппарат – внешняя среда.

УДК 621.3

СОСТАВ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ И АНАЛИЗА ДЕФЕКТОВ

А.С. Рахимбеков, А.М. Телегин
Самарский университет, г. Самара

Цель работы: анализ свойств создаваемого аппарата по типу Кубсат.

На показатели целевой эффективности космических аппаратов наблюдения существенное влияние оказывает мощность системы электропитания. В процессе проектирования космических аппаратов наблюдения происходят постоянные уточнения и изменения их проектных характеристик, в частности характеристик электропотребления и

циклограмм работы аппаратуры бортовых систем. Изменение проектных характеристик бортовой аппаратуры в процессе разработки рабочей документации может приводить к изменению энергобаланса на борту КА, влиять на программу работы целевой аппаратуры и, соответственно, на выполнение требований по отдельным параметрам функционирования КА по целевому назначению [1].

Для защиты от перезаряда аккумулятора может быть добавлено специальное устройство - датчик давления, сигнализирующий о повышении внутреннего давления в аккумуляторе. Датчик давления используется как индикатор окончания заряда.

Аппарат будет принимать команды и отправлять данные через фазированную антенную решетку X-диапазона с круговой поляризацией.

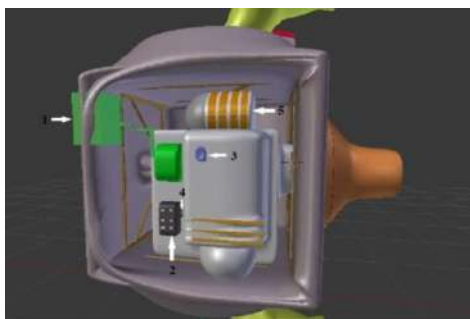


Рисунок 1- Фазированная антенна -1, спектрометр гамма-излучения и нейтронов - 2, Ртутный лазерный альтиметр -3, Система двойного изображения ртути - 4

Спектрометр гамма-излучения и нейтронов (GRNS) для обнаружение гамма-лучей и нейтронов

Ртутный лазерный альтиметр (MLA): это дальномер для измерения расстояние от малого космического аппарата до МКС.

Mercury Dual Imaging System (MDIS): этот инструмент состоит из широкоугольных и узкоугольных изображений, которые будут отображать рельефы, отслеживать изменения в спектрах поверхности и собирать топографическую информацию.

Заключение

В данной работе представлены особенности структуры малого космического аппарата. Они позволяют употреблять меньшее количество энергии, создать условия для наблюдения за объектом.

Список использованных источников

1 Куренков В.И., Салмин В.В., Абрамов Б.А. Моделирование целевого функционирования космических аппаратов наблюдения с учетом энергобаланса – Самара: издательство СГАУ, 2007. - 12 с.

ЯДЕРНЫЙ МАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС КАК СРЕДСТВО МОДИФИКАЦИИ ВЕЩЕСТВА

Б.В. Скворцов, Д.Б. Скворцов, Д.М. Живоносная
Самарский университет, г. Самара

Ядерный магнитный резонанс (ЯМР) является, эффективным приёмом исследования вещества и позволяет получать сведения об энергетических релаксационных процессах в среде, о внутренних полях кристаллов, о строении молекул, и т.д. [1]. Состояние ЯМР среды достигается в специальных схемах радиочастотного облучения вещества с помощью катушки индуктивности при наличии постоянного магнитного поля, ортогонального по направлению переменному электромагнитному полю. ЯМР возникает как результат поглощения радиочастотного излучения веществом, находящимся в магнитном поле. Основное уравнение, определяющее частоту ядерного магнитного резонанса, имеет вид [1]:

$$\omega_0 = \gamma H_0 (1 - \sigma) \approx \gamma H_0,$$

где γ – гиромагнитное отношение [$Tл^{-1} \cdot сек^{-1}$], характеризующее данный вид ядер, H_0 – напряжённость постоянного магнитного поля [$Tл$], σ – константа экранирования, которая составляет $\sigma = 10^{-5} \div 10^{-6}$ и учитывается только в системах ЯМР высокого разрешения.

С электрической точки зрения ЯМР проявляется в существенном изменении на резонансной частоте реактивного сопротивления катушки индуктивности, причиной которого является изменение комплексной магнитной проницаемости контролируемой среды $\mu(\omega) = \mu'(\omega) - j\mu''(\omega)$.

В процессе исследований получены более точные, по сравнению с известными [1], формулы, описывающие частотные изменения компонентов магнитной проницаемости среды, которые имеют вид:

$$\mu'(\omega) = 1 + \frac{\chi_0}{1 + T_2^2(\omega - \omega_0)^2 + \gamma^2 H^2 T_1 T_2}, \quad \mu''(\omega) = -\frac{\chi_0 \omega T_2}{1 + T_2^2(\omega - \omega_0)^2 + \gamma^2 H^2 T_1 T_2}.$$

χ_0 – статическая магнитная восприимчивость вещества, T_1 , T_2 – время продольной и поперечной релаксации магнитных моментов резонирующего ядра, H – амплитуда напряжённости переменного магнитного поля.

Приведённые формулы впервые учитывают влияние магнитной вязкости среды на процесс возникновения ЯМР [2]. Модуль магнитной проницаемости среды в момент ЯМР определится по формуле:

$$|\mu(\omega)| = \sqrt{[\mu'(\omega)]^2 + [\mu''(\omega)]^2}$$

Из графика на рисунке 1 видно, что в момент резонанса диамагнитная среда становится парамагнитной, т.е. происходит молекулярная модификация среды (изменение структуры молекулы). При частотах $\omega < \omega_1$ и $\omega > \omega_2$ среда имеет диамагнитные свойства $|\dot{\mu}(\omega)| < 1$. В диапазоне частот $\omega_1 < \omega < \omega_2$ среда становится парамагнитной $|\dot{\mu}(\omega)| > 1$. Пример расчёта магнитной проницаемости *n*-гексана, C_6H_{14} ($\chi_0 = -77 \cdot 10^{-6}$, $|\dot{\mu}(0)| = 0,999967$) на частоте главного резонанса $\omega_0 = 89560179$, взятой из интернациональной базы данных [3], при $H = 10^{-3}$ Тл дал следующие результаты: $|\dot{\mu}(0)| = 1,000621$; модификация среды происходит в диапазоне частот $89007900 < \omega < 90119354$ Гц.

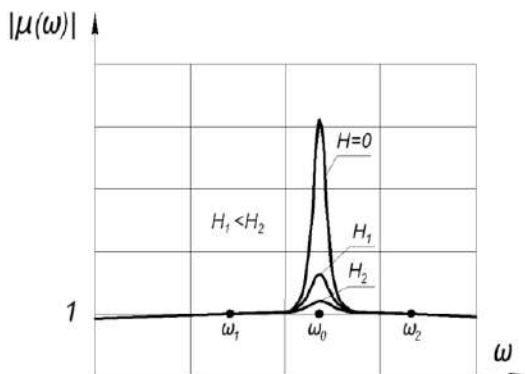


Рисунок 1 – Зависимость магнитной проницаемости от частоты при ЯМР

Показано, что на резонансной частоте происходит расщепление молекулы *n*-гексана на три активных радикала $R_1 = CH_3CH_2$, $R_2 = CH_2CH_2$, $R_3 = CH_2CH_3$, которые согласно [1] имеют парамагнитные свойства, и обладают значительно более высокими детонационными свойствами. В целом ЯМР можно использовать для модификации не только нефтепродуктов, а также других структурированных сред.

Список использованных источников

1. Дудкин, В.И. Квантовая электроника. Приборы и их применение [Текст]/ В.И. Дудкин, Л.Н. Пахомов. – М.: Техносфера, 2006. – 432 с.
2. Ландау, Л.Д. Электродинамика сплошных сред 2 изд. [Текст]/ Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Наука, 1982. – 621 с.
3. <http://riodb.ibase.aist.go.jp/>

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ПЛАНАРНОГО
ВРЕМЯПРОЛЕТНОГО АНАЛИЗАТОРА В РЕЖИМЕ
РЕЗОНАНСНОЙ СЕПАРАЦИИ МАСС**

Е.Д. Килин

Самарский университет, г. Самара

В данной статье рассматривается вариант конструкции резонансного масс-анализатора для выделения ионов с заданным отношением массы к заряду

Масс-спектрометрия в широком смысле — это наука получения и интерпретации масс-спектров, которые получаются при помощи масс-спектрометров. Основой такого метода исследования вещества является отношение массы к заряду ионов, которые образуются при ионизации исходного вещества[1]. На данный момент существуют статистические и резонансные приборы.

В основу статистических масс-спектрометров входит разделение ионов с помощью магнитного секторного анализатора. Но такой метод имеет недостаток в том, что ионы, которые вылетают из источника, имеют разную кинетическую энергию и скорость, следовательно, часть из них отклоняются от средней траектории. Это приводит к потере разрешающей способности и размытию сигнала.

Резонансные это приборы, которые используют явление резонанса в переменных электрических или магнитных полях, для сепарации масс. В качестве анализатора применяют ионные ловушки, циклотронные ловушки и квадруполь. Во всех случаях используется свойство сохранения ионов с определенным соотношением массы к заряду m/z в тракте прибора. Остальные ионы оседают на стенках.

Квадрупольный масс-анализатор относится к так называемым антирезонансным масс-спектрометрам, в которых часть ионов при прохождении через электрическое поле, изменяющееся в пространстве и времени, имеют ограниченную амплитуду колебаний, в то время как амплитуда колебаний другой части ионов неограниченно возрастает со временем[3]. В случае, если финитность движения ионов зависит от отношения заряда иона к его к массе, такой элемент может работать как масс-фильтр, т.е. пропускать через себя только ионы, имеющие определенное значение отношения заряда к массе.

На основе планарного времяпролетного масс-спектрометра можно создать резонансный масс-сепаратор. Принцип работы которого строится на том, что ионы вводятся в камеру под углом, причем для иона заданной массы и энергии известен полупериод обращения в тракте прибора.

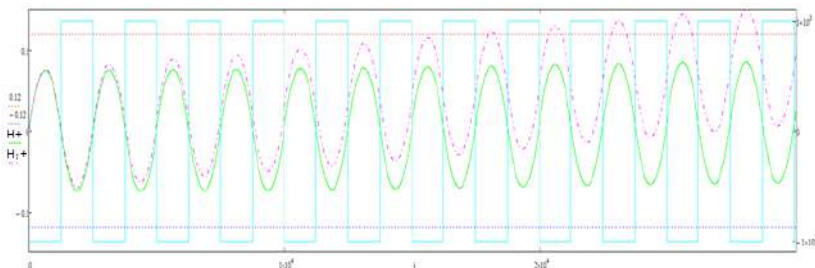


Рисунок 1 – Моделирование движения протонов разных масс в пакете MathCAD15.

Попав в анализатор, положительно заряженный ион будет колебаться относительно осей x и y , такое осциллирующее движение задает ему переменное поле, создаваемое прямоугольными электродами. Так как каждый ион имеет свою собственную частоту колебаний, зависящую от массы, через масс-анализатор проходят лишь те из них, частота которых находится в резонансе с радиочастотой анализатора, остальные оседают на поверхности его стенок.

На рисунке 1, отчетливо видно, что протон H^+ массой 1.66×10^{-27} кг, проходит насквозь через прямоугольные электроды. Второй протон H_1^+ , масса которого больше на 1%, постепенно выходит за границы 12см тракта.

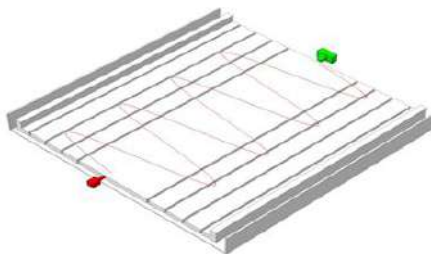


Рисунок 2 – Траектория движения иона H^+

Продланное моделирование показало возможность создания резонансного масс-сепаратора на базе приведенной конструкции анализатора. Результаты исследования показывают, что ион попадает в детектор только при совпадении резонансных частот.

Список использованных источников

1. Сысоев А. А., Чупахин М. С., Введение в масс-спектрометрию [Текст] / М.: Атомиздат, 1977. - 304 с.

2. Научное приборостроение, том 14 №2.[Текст] / Ю.И Хасин, А.Н. Вереченков, 2004 С. 59-71.

3. <http://www.pro-vacuum.ru/kontrolno-izmeritelnaia-apparatura/dinamicheskie-mass-spektrometry/kvadrupolnyi-mass-spektrometr.html>
[Электронный ресурс]

УДК 629.786

ТЕХНОГЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ ГАЗОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СВА МКС И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Е.Е. Жуманов, К.Е. Воронов
Самарский университет, г. Самара.

Развитие космической техники происходит по направлению повышения сложности и функционального состава оборудования устанавливаемого на космический аппарат (КА), расширения возложенных задач, увеличение срока функционирования. Все это требует повышения стойкость всех конструктивных элементов и бортовых приборов к воздействию космического пространства.

Одним из основных факторов влияющих на конструктивные элементы и приборы радиотехнического комплекса КА является собственная внешняя атмосфера или газопылевое окружение космического аппарата (СВА или ГПО КА).

Ионно-газо-пылевая (в том числе аэрозольная) обстановка в окрестности КА обусловлена как взаимодействием КА с факторами КП, так и существованием на КА собственных источников газопылевых компонентов [1]. Источники формирования СВА делятся на две группы: непрерывные и импульсные.

По результатам нашего исследования определено, что преобладающим источником СВА являются импульсные источники к которым относятся двигательные установки (ДУ).

Для оценки вклада ДУ установок в СВА был проведен расчет состава выбросов ДУ [2]. В качестве исходного объекта исследования была взята транспортная система - КА Союз-ТМА с комплексом ДУ КТДУ-80, обслуживающая космический объект МКС с длительным сроком функционирования. Результаты расчета приведены в таблице 1.1, 1.2.

Таблица 1.1 - Парциальный состав непрореагировавших реагентов

Параметр суммарного газовойделения ДУ	m _{нп.с} , кг	Масса реагентов, кг	
		горючее (CH ₃) ₂ N ₂ H ₂	окислитель N ₂ O ₄
m ₀ = 900 кг	42	22,65	19,35
m _н = 18 кг	0,84	0,45	0,39

Таблица 1.2 - Парциальный состав продуктов сгорания КТДУ – 80

Параметр суммарного газовойделения ДУ, кг	Масса продуктов сгорания, кг						M _{пр} , кг
	H ₂	H ₂ O	CO ₂	CO	N ₂	NO	
m ₀ = 900 кг	24	148,5	271,5	103,5	298,5	12	585
m _H = 18 кг	0,48	2,97	5,94	2,07	5,97	0,24	17,1

m₀ - суммарная масса потенциально возможного продукта газовойделения ДУ;

m_H - суммарная масса продуктов газовойделения ДУ, негативно воздействующих на элементы конструкций а также приборы радиотехнического комплекса КА;

m_{н.с} - массы непрореагировавших реагентов;

m_{пр} - массы прореагировавших реагентов;

Для определения влияния выброса двигательной установки на конструктивные элементы и приборы радиотехнического комплекса проведено моделирование в программном продукте ANSYS. Пример результата моделирования приведен на рис 1.

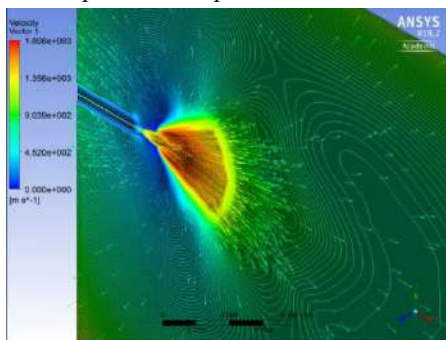


Рисунок 1- Распределение вектора скорости истекающего газа

При моделировании проводились расчеты следующих параметров. Проводилась оценка влияния на разлет температуры внешней среды, задавались значения от мин -150 °С до max +150 °С (состояние день, ночь), концентрация остаточной атмосферы в окрестности ДУ. Исследовалось изменение параметров истекающего газа в зависимости от расстояния.

По результатам моделирования можно сделать следующие выводы:

1. Изменение температуры оказывает сильное влияние на угловое направление вектора скорости разлета продуктов газовойделения. При максимальной температуре наблюдается эффект обратного истечения продуктов газовойделения.

2. На угол разлета оказывает влияние остаточное давление в окрестности расположения ДУ. Уменьшение концентрации остаточного газа приводит к расширению угла разлета продуктов газовой выделению.

Заключение.

Математический расчет составляющей выброса ДУ КТДУ-80, а так же инженерная модель истечения газа из сопла корректирующего и тормазного двигательного устройства в программе ANSYS, позволяет нам с высокой точностью рассчитать вклад ДУ в СВА. Определить плотность, скорость, температуру потока истекающего из ДУ, оценить влияние внешних условий (температура и остаточное давление). Рассчитать параметры воздействующих на поверхность и приборы радиотехнического комплекса потоков, оценить влияние осевших на поверхность продуктов.

Список использованных источников

1. «Модель космоса», 8-е издание, Т.2: Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов. Под ред. Л.С. Новикова, М.: Изд-во «Книжный дом Университет», 2007, 1144с.

2. Семкин Н. Д. Газопылевая атмосфера космических аппаратов и электронные средства ее контроля: учеб. пособие / Н.Д. Семкин. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2016. – 252 с.

УДК 629.786

ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МИКРОЧАСТИЦ НА ПОВЕРХНОСТЬ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ. ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОЧАСТИЦ С ПОМОЩЬЮ МНОГОСЛОЙНОГО ДАТЧИКА

А.А. Блинов, К.Е. Воронов
Самарский университет, г. Самара

При создании космических аппаратов (КА) нового поколения одним из основных требований является срок активного существования - не менее 10-15 лет. Это условие - необходимость обеспечения длительного функционирования при воздействии внешних факторов космического пространства (ФКП) не только формирует новые подходы при проектировании, разработке и изготовлении элементов и устройств КА, но и стимулирует развитие методов и средств прогнозирования воздействия факторов на КА, приборов измеряющих параметры ФКП.

Одним из основных факторов космического пространства, воздействующих на поверхность космического аппарата, являются высокоскоростные твердые частицы естественного и техногенного происхождения - микрометеороиды и частицы космического мусора.

Известны случаи выхода из строя КА в результате воздействия достаточно крупных высокоскоростных частиц. При этом степень засоренности околоземного пространства постоянно растет, и, соответственно, возрастает угроза потери КА. Более мелкие частицы, не вызывающие сквозного пробоя, приводят к значительной деградации оптических, электрических, механических и других характеристик открытых элементов конструкций КА. Изменение характеристик таких элементов, как терморегулирующие покрытия, тепловые трубы, теплообменники, оптические стекла, солнечные батареи, антенны, электровакуумная теплоизоляция и т. д. существенно влияют на работоспособность КА в целом.

Для прямого измерения параметров микрометеороидов и частиц космического мусора постоянно создаются и совершенствуются датчики и устройства [1]. Основными регистрируемыми параметрами являются масса, плотность, скорость частицы. Большая площадь чувствительной поверхности позволяет повысить информативность измерительной системы.

В данной работе исследуется возможность измерения параметров высокоскоростных частиц с помощью датчика конденсаторного типа на основе многослойной МДМ (металл-диэлектрик-металл) структуры. Детектор представляет собой устройство, состоящее из конденсатора с параллельными пластинами разделенными диэлектриком. Внешние пластины находятся под напряжением. В результате воздействия микрочастиц на детектор, происходит изменение свойств диэлектрического материала между пластинами. При взаимодействии, в результате ударного сжатия диэлектрика, происходит резкое возрастание давления и температуры в точке удара, приводящее к возрастанию его проводимости и электрическому пробоя конденсатора. То есть, ударное воздействие вызывает появления электрического сигнала, параметры которого можно считать функционально связанными с параметрами высокоскоростной частицы.

Для установления этой связи проводилось моделирование взаимодействия высокоскоростной частицы с датчиком в пакете ANSYS. В результате проведенного моделирования были получены данные о давлении и температуре в МДМ структуре датчика. На рисунках 1...3 приведены полученные зависимости при скорости воздействующей частицы 6 км/с.

Полученные результаты позволяют провести расчет проводимости диэлектрика и построить зависимость изменения напряжения на датчике от времени. Полученная модель позволит провести оптимизацию параметров датчика по толщине диэлектрика, по материалу диэлектрика.

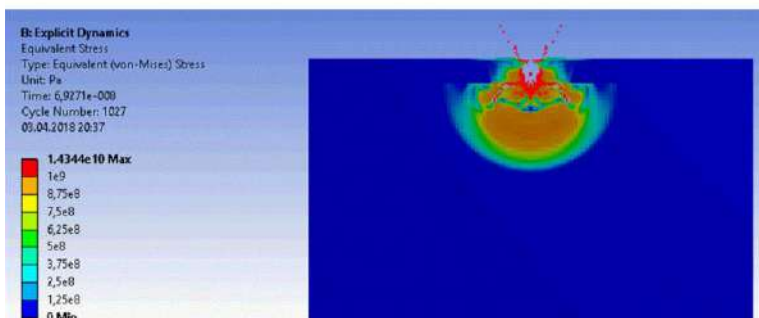


Рисунок 1 - Распределение ударной волны в датчике

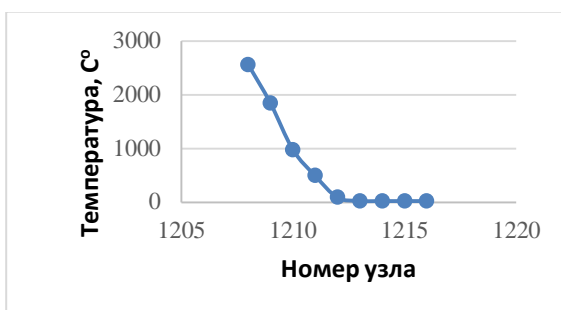


Рисунок 2 - Распределение температуры по узлам в момент времени $1,5106 \cdot 10^{-8}$ с

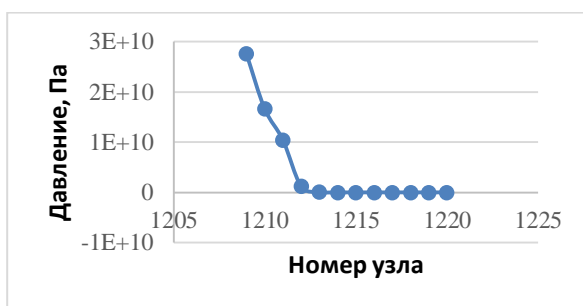


Рисунок 3- Распределение давления по узлам в момент времени $1,5106 \cdot 10^{-8}$ с

Список использованных источников

1. Н. Д. Сёмкин, К. Е. Воронов, А. В. Пияков, И. В. Пияков
 Регистрация космической пыли искусственного и естественного происхождения // Прикладная физика, Москва, 2009, №1, с. 86 - 102

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МИКРОМЕТЕОРИТОВ НА СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

А.А. Козлова, М.П. Калаев
Самарский университет, г. Самара

В настоящее время солнечные батареи (СБ) являются одним из основных источников электроэнергии космических аппаратов (КА). Как правило, проектные параметры современных СБ выбираются исходя из параметров орбиты, требуемого ресурса, энергетических характеристик и условий эксплуатации КА. При этом должны учитываться все факторы, действующие на СБ в космосе. К таким факторам относятся, прежде всего, воздействие ионизирующих излучений (радиационная деградация), термоциклирование, загрязнение, электризация, воздействие метеороидов и техногенных частиц, воздействие струй электроракетных двигателей и многие другие [1].

Очевидно, что масса СБ во многом определяется точностью учета действующих на нее факторов, поскольку с ростом точности прогнозирования потребные гарантийные запасы уменьшаются. И хотя точный прогноз деградации СБ в принципе невозможен (в силу случайного характера внешних факторов), исследования в области воздействия внешних факторов на СБ КА все еще продолжаются. [2]

Исследование показало, что оптические потери мощности СБ, обусловленные воздействием метеороидов и техногенных частиц, не превышают 0.01%/год. Наибольшие уровни потерь наблюдаются на низких орбитах, что связано с большой орбитальной скоростью КА и высокой концентрацией техногенных частиц. На средних и высоких орбитах потери в 1.5–2 раза меньше. Основной вклад в оптическую деградацию здесь вносят метеороиды, воздействие техногенных частиц незначительно. Большую часть площади повреждений образуют кратеры с диаметром от 100 мкм до 1 см. При этом величина оптических потерь пропорциональна суммарной площади повреждений, влиянием волновых эффектов на величину потерь можно пренебречь.

Для измерения характеристик солнечной батареи используется экспериментальная установка, показанная на рис.1 [3]. В вакуумной камере ускорителя установлены две солнечных батареи. Первая батарея ВАТ1 находится в зоне воздействия частиц, вторая ВАТ2 смещена в сторону. Выходы обеих солнечных батарей подключены ко входам дифференциального усилителя, а также к резисторам, имитирующим режим нагрузки, близкий к короткому замыканию. На некотором расстоянии от батарей расположена мощная галогеновая лампа, которая включается во время измерения тока и напряжения. Результат измерений

передается в ЭВМ. Такая схема включения позволяет получить высокую точность измерения и уменьшить влияние температуры, так как поверхность обеих солнечных батарей находится в одинаковых условиях.

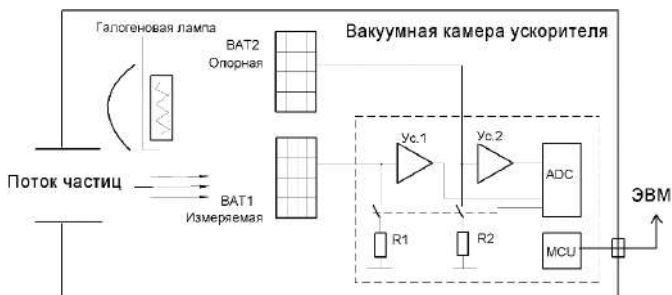


Рисунок 1 - Схема проведения эксперимента

Список использованных источников

1. Летин В.А. Функционирование солнечных батарей в космической среде // Модель космоса. Т. 2. М.: Изд-во “Книжный дом Университет”, 2007. С. 562–594.
2. Надирадзе А. Б., Калаев М.П., Сёмкин Н.Д. Воздействие метеороидов и техногенных частиц на солнечные батареи космических аппаратов // Космические исследования. 2016. №5. С. 392-401.
3. М.П. Калаев, А.А. Козлова Устройство для исследования влияния факторов космического пространства на солнечные батареи // Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. - Самара: ОФОРТ, 2016.

МОДЕЛЬ ДЛЯ ПОРОГОВОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ НАПРЯЖЕНИЯ В ТОНКОПЛЕНОЧНОМ ТРАНЗИСТОРЕ НА ОСНОВЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ

Н. Д. Елесин

Самарский университет, г. Самара

Разработана аналитическая модель для пороговой неустойчивости напряжения в оптическом транзисторе. Эта новая модель включает в себя влияние различных физических параметров, таких как: размер кристалла, толщина затвора, плотность легирования и состояние захвата границ кристалла на пороговом сдвиге напряжения, о котором никогда не сообщалось ранее. Отмечается, что чем выше плотность ловушек, тем больше концентрация легирования и большая толщина изолятора затвора не имеют побочных колебаний. Получаемое устройство становится стабильным и демонстрирует незначительное пороговое напряжение.

В настоящее время нанокристаллический кремний (nc-Si) зарекомендовал себя как лучший альтернативный материал по сравнению с оксидом кремния. Предлагаемая аналитическая модель включает в себя эффективность различных параметров. Эта модель может использоваться для оценки порогового сдвига напряжения, которая может быть использована для повышения производительности применения дисплея нового поколения как OLED и LCD.

Различные элементы проектируются с использованием компьютерного моделирования, так как изготовление и исследование конкретных прототипов занимает много времени и требует достаточно материальных средств. По этой причине производится эксперимент по моделированию проходит с помощью пакета COMSOL Multiphysics.

Список использованных источников

1. Easton, B. C., Chapman, J. A., Hill, O. F., Powell, M. J.: The plasma enhanced deposition of hydrogenated amorphous silicon. *Vacuum* 34, 371–376 (1984)
2. Kuo, Y.: *Thin Film Transistors: Materials and Process*, vol. 2, 1st edn. Kluwer Academic, New York (2004)
3. Shin, K. W.: *Fabrication and Analysis of Bottom Gate Nanocrystalline Silicon Thin Film Transistors* [PhD Thesis], University of Waterloo, Canada (2008)
4. Ferris-Prabhu, V. A.: Charge transfer by direct tunneling in thin oxide memory transistors. *IEEE Trans. Electron Devices* 24, 524–530 (1977)
4. Fujita, S., Nishihara, M., Hoi, W. L., Sasaki, A.: Deep trap states in Si₃N₄ layer on Si substrate. *Jpn. J. Appl. Phys.* 20, 917–923 (1981)
5. Chang, J. J.: Theory of MNOS memory transistor. *IEEE Trans. Electron Devices* 24, 511–518 (1977)

УДК 004.415::004.94:[53:07+378.162.33]:53.09:621.315.592

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ СТЕНДОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

А.Ю. Каманин, А.В. Ермохин, А.А. Амельчук, В.А. Сливков
Самарский университет, г. Самара

В настоящей работе кратко описан процесс разработки виртуальных лабораторных стендов на игровом движке для выполнения лабораторных работ в рамках учебного курса «Физические основы микро- и нанoeлектроники». Разработка подобных программных средств в настоящее время является актуальной задачей, т.к. виртуальные стенды могут с успехом применяться в образовательном процессе в условиях отсутствия реальной аппаратуры в учебных лабораториях.

В рамках данной работы было разработано два виртуальных стенда, один из которых предназначен для изучения эффекта Холла, а второй – для изучения характеристик терморезисторов.

В качестве игрового движка для разработки был выбран Unreal Engine 4. Этот движок, согласно условиям лицензионного соглашения, бесплатен в использовании (при условии, что доход разработчика с игры в месяц не превышает некоторой установленной суммы), имеет сравнительно низкий порог вхождения и обеспечивает реализацию всех необходимых элементов компьютерной игры (от создания и текстурирования моделей до написания внутриигровых скриптов).

При помощи программы 3D-моделирования Autodesk 3ds Max было смоделировано и затем импортировано в движок помещение виртуальной лаборатории, а также непосредственно виртуальные экспериментальные установки.

При моделировании установок авторы опирались на реально существующие прототипы лабораторных стендов по данной тематике, однако с целью сокращения времени на разработку и оптимизации взаимодействия программ с пользователем в конструкцию были внесены некоторые упрощения, принципиально не влияющие на физическую суть лабораторного эксперимента.

Скрипты, определяющие взаимодействие окружения с пользователем, в среде движка Unreal Engine 4 создаются при помощи встроенного языка сценариев Blueprints. Этот язык реализует парадигму визуального программирования – разработчик оперирует графическими блоками, объединяя их специальными связями в систему для получения нужного поведения игровых объектов. Такая система позволяет реализовывать необходимую программную логику разработчикам, не знакомым с программированием.

На языке Blueprints были реализованы все необходимые скрипты, реализующие математические модели экспериментов и обеспечивающие взаимодействие пользователя с программой. В рамках данной работы исследовались только определённые аспекты физических процессов, протекающих в полупроводниках – так, например, в работе по изучению эффекта Холла подвижности свободных носителей заряда были условно приняты за постоянные величины, не зависящие от температуры.

Взаимодействие пользователя с программами (перемещение по виртуальной лаборатории, взаимодействие с окружением) реализовано так же, как в современных компьютерных играх в жанре «3D-шутер». Это обеспечивает низкий порог вхождения для студентов, выполняющих данные работы.

Возможные направления развития данных лабораторных работ – совершенствование математических моделей, дополнение работ новыми заданиями, создание новых образцов с различными электрофизическими

параметрами, совершенствование визуальной составляющей проекта и методов управления, а также создание на базе существующих программ комплекса лабораторных работ по различным темам.

В настоящее (по состоянию на апрель 2018 года) время разработанные виртуальные лабораторные работы проходят период тестирования на кафедре наноинженерии Самарского университета в условиях реального учебного процесса.

Использованные источники:

1. Елифанов, Г. И. Физические основы микроэлектроники [Текст]: учебное пособие для вузов – М.: Советское радио, 1971, стр.

2. Unreal Engine 4 Documentation: [Электронный ресурс]. М., 2004-2017. URL: <https://docs.unrealengine.com/>. (Дата последнего обращения: 24.12.2017)

3. Русскоязычное сообщество Unreal Engine 4: [Электронный ресурс]. М., 2017. URL: <http://uengine.ru/>. (Дата последнего обращения: 24.12.2017)

УДК 629.78; 621.382

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕГРАДАЦИИ ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩИХ ПОКРЫТИЙ НА БОРТУ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

В.С. Котельников, М.П. Калаев
Самарский университет, г. Самара

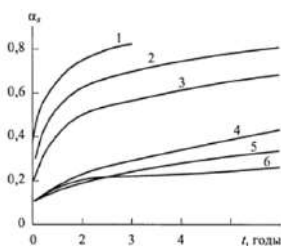
В процессе эксплуатации, нанесённые на внешние поверхности космического аппарата терморегулирующие покрытия (ТРП) претерпевают изменения физико-химических свойств, в частности, изменения коэффициентов отражения и поглощения. Эти изменения приводят к снижению эффективности всей системы обеспечения теплового режима (СОТР) в целом.

Процессы, происходящие в материалах покрытий, приводящие к изменению коэффициентов отражения и преломления ТРП:

- Нарушение кристаллической решетки в результате образования радиационных дефектов;

- Образование центров окраски;
- Радиационно-химическое превращениями;
- Распыление материала и изменение поверхностных свойств;
- Микрометеорная эрозия поверхности.

В частности, были проведены исследования по изменению коэффициента поглощения от времени нахождения КА в космическом пространстве см. рисунок 1 [1].



1 - эмаль АК-573; 2 - эмаль АК-512 белая; 3 - силикатное покрытие ТП15;
4 - СОТ 1; 5 - ОСО-С; 6 - покрытие из Al, напыленное в вакууме

Рисунок 1 – Результаты летных испытаний ТРП на высокоорбитальных КА

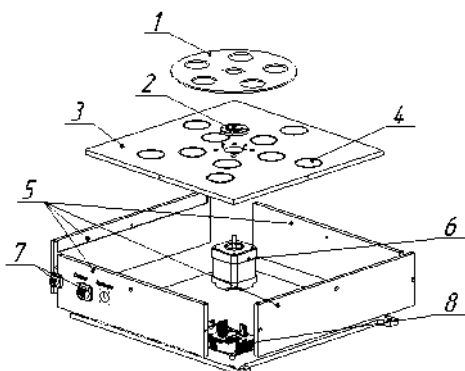


Рисунок 2 – Конструкция прибора для исследования показателей деградации терморегулирующих покрытий

Для регистрации изменения коэффициентов отражения и поглощения в реальных условиях было предложено устройство, которое могло бы оценивать изменения параметров, находясь в реальном космическом пространстве.

Для прибора регистрации изменения свойств ТРП предлагается использовать следующую конструкцию [2], рисунок 2. 1 – диск-маска, он закрывает контрольные образцы от воздействия ФКП. 2 – фланец удерживающий диск-маску на оси шагового двигателя. 3 – рабочий стол на котором размещаются исследуемые образцы 4 через теплоизоляционные прокладки, к ним подведены измеряющие термодатчики, как пример термopара РТ1000, 5 – стенки корпуса, выполняются на фрезерном станке с числовым программным управлением из алюминиевого сплава Д16Т, 6 – шаговый двигатель, предназначенный для управления диск-маской, своевременного открытия и закрытия образцов, 7 - разъемы питания и связи, посредством которых производится питание двигателя и платы

управления, и обеспечивается передача данных, 8 – плата управления прибором.

Список использованных источников.

1. Панасюк М.И. Новиков Л.С. Модель космоса. Восьмое издание. Том 2. – М.: Университет книжный дом 2007.

2. В.С. Котельников, М.П. Калаев Конструкция прибора для исследования показателей деградации терморегулирующих покрытий на борту космического аппарата // Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. - Самара: ОФОРТ, 2017.

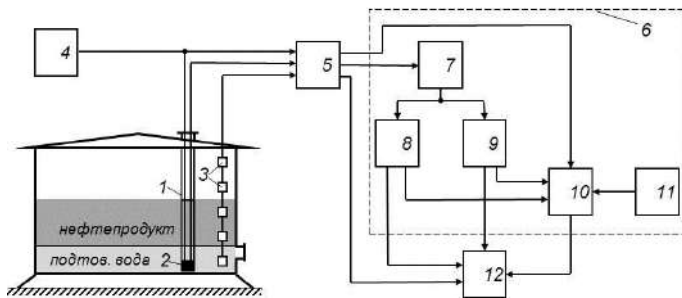
УДК 621.3.082.4

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЖИДКИХ СРЕД С ДОННЫМ РАЗМЕЩЕНИЕМ ДАТЧИКА

А.В. Паршина, А.А. Пирогова
Самарский университет, г. Самара

Для контроля количественных и качественных параметров сложных жидких сред применяются системы мониторинга, позволяющие в реальном времени оценивать измерения состояния контролируемых продуктов. В настоящее время активно применяются системы измерений, основанные на применении принципа акустического импульсного зондирования. Такие системы позволяют реализовать непрерывный точный контроль и активно применяются в многих отраслях промышленности. При работе с многофазными жидкостями зачастую требуется определить уровень одной из составляющих. Подобная задача существует на нефтеперерабатывающих предприятиях, где требуется контролировать уровень подтоварной воды при отстое сырой нефти или нефтепродуктов в резервуарах хранения. Для решения такой проблемы может быть использована система акустического зондирования с донным размещением датчика (рисунок 1).

В такой системе акустический датчик выполняется на основе пьезоэлектрического преобразователя параметрического типа, использующего прямой и обратный пьезоэффекты, из пьезокерамического материала ЦТС-19. Конструкционно пьезодатчик может быть выполнен в виде диска, кольца, призмы, цилиндра, полусферы, сферы. Применяемый в системе акустический датчик располагается на дне резервуара, закрепляется в корпусе из химически устойчивой ударостойкой жесткой пластмассы. Разрешающая способность такого датчика без применения специализированных средств коррекции составляет 2 мм. Принцип работы основывается на импульсном зондировании жидких сред в направлении границы раздела.



- 1 – волновод, 2 – акустический датчик, 3 – датчики температуры,
 4 – генератор зондирующих импульсов, 5 – устройство сбора данных,
 6 – устройство обработки, 7 – блок спектрального анализа,
 8 – блок вычисления уровня, 9 – блок вычисления плотности, 10 – блок вычисления массы, 11 –
 блок памяти, 12 – устройства вывода данных

Рисунок 1 – Структурная схема системы мониторинга

При прохождении зондирующего импульса через слой подтоварной воды он будет отражаться от границы раздела сред вода-нефтепродукт (рисунок 2). Дальнейшее отражение будет наблюдаться при достижении импульса границы раздела сред нефтепродукт-воздух. По осциллограмме видно, что второе отражение имеет большую амплитуду, что объясняется значительным отличием плотностей контактирующих сред.

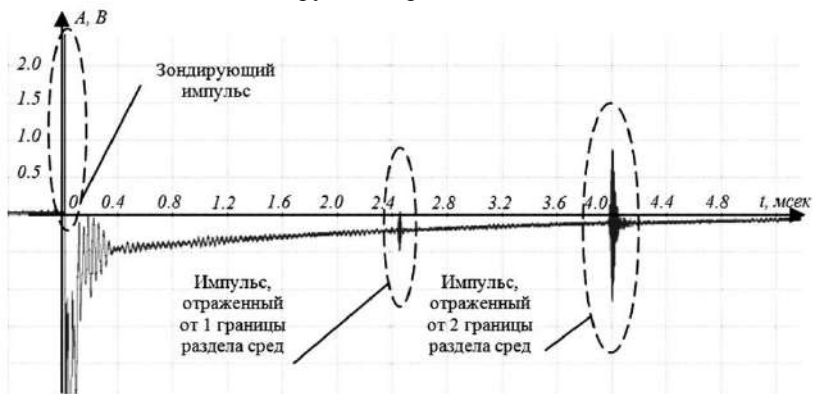


Рисунок 2 – Осциллограмма процесса распространения зондирующего импульса прямоугольной формы ($t=2 \text{ мкс}$, $A=35 \text{ В}$) и отражения от границ раздела многослойных жидкостей

Донное размещение датчика позволит решить проблему получения неточных данных при наличии пены на поверхности продукта, что в классическом исполнении является значительным ограничением использования акустических методов при работе со сложными жидкостями.

Список использованных источников

1. Борминский С.А. Система комплексного акустического мониторинга резервуаров с авиационным топливом / Борминский С.А., Паршина А.В., Скворцов Б.В. / Известия ВУЗов. Авиационная техника. – 2017. - №1. – С.104-109.

УДК 621.372.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОТЕМПЕРАТУРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР

Е.В. Котмышев

АО «Научно-исследовательский институт «Экран», г. Самара

Современное бортовое радиоэлектронное оборудование (БРЭО) летательного аппарата представляет собой сложный комплекс радиоэлектронных средств и их взаимосвязей. Последние реализуются в основном с помощью металлических проводников - проводов, в т.ч. экранированных. Естественно, что с увеличением количества взаимосвязей растет масса и занимаемый объем кабельных сборок и жгутов. Частично решить проблему роста массогабаритных характеристик взаимосвязей может использование оптического волокна (ОВ) для передачи цифровых и аналоговых сигналов. Особое место в реализации оптической бортовой среды занимает передача СВЧ сигналов по ОВ – радиофотоника [1].

Наиболее распространенное на рынке ОВ (буферированное твердым пластиком, одномодовое ОВ типа SMF-28 с внешним диаметром 900 мкм) имеет рабочий температурный диапазон от минус 65 до + 85 градусов Цельсия [2]. Для получения фазотемпературной характеристики в указанном выше температурном диапазоне был использован экспериментальный стенд представленный на рисунке 1.

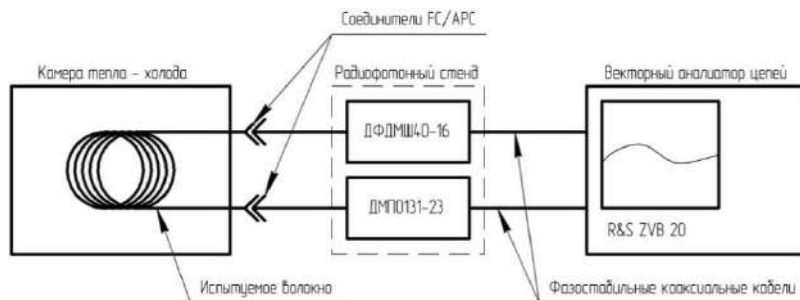


Рисунок 1 - Экспериментальный стенд

В качестве источника оптического излучения применен лазерный модуль ДМПО131-23 с длиной волны оптического излучения 1310 нм, а в качестве фотодетектора – фотоприемник ДФДМШ40-16. Частота СВЧ сигнала, передаваемого через экспериментальный радиофотонный тракт, - 10 ГГц. Длина испытуемого волокна 10 м. Изменение фазы регистрировалось векторным анализатором цепей R&S ZVB 20. Экспериментальная фазотемпературная характеристика представлена на рисунке 2.

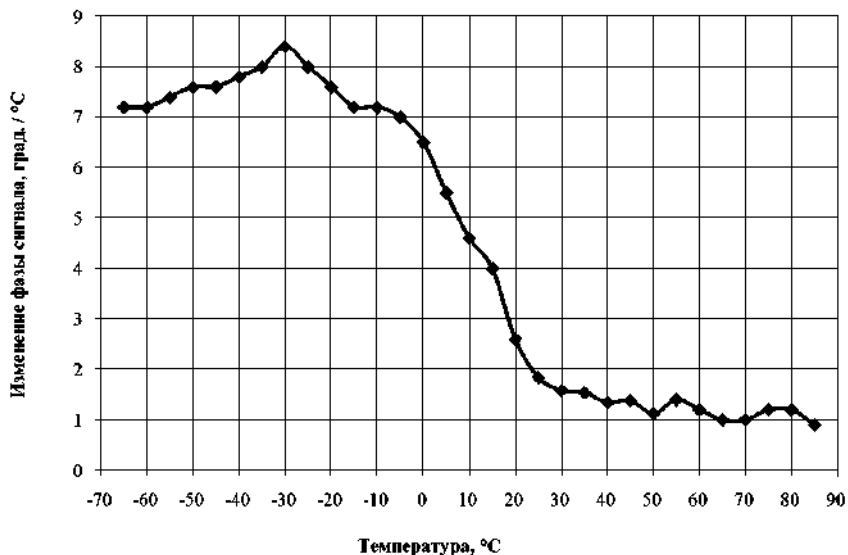


Рисунок 2 - Фазотемпературная характеристика испытуемого волокна

Полученная экспериментальная характеристика свидетельствует о том, что данный тип ОВ разрабатывался для коммерческой аппаратуры. В составе БРЭО данное ОВ может быть применено для линий связи, не имеющих требований к фазовым искажениям.

Список использованных источников

1. Урик, В.Д. Основы микроволновой фотоники [Текст] / Урик В.Д., МакКинни Д.Д., Вильямс К.Д.; перевод с англ.; [под ред. С.Ф. Боева, А.С. Сигова]. - М.: Техносфера, 2016.- 376 с.

3. Corning SMF-28 Optical fiber [Электронный ресурс]. URL: https://www.corning.com/media/worldwide/coc/documents/PI1463_07-14_English.pdf (дата обращения 14.03.2018).

РАСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИИ МОЛЕКУЛ ВОЗДУХА В ЗОНЕ УТЕЧКИ ИЗ ГЕРМЕТИЗИРОВАННОГО МОДУЛЯ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

В.А. Авдеев, К. Е. Воронов
Самарский университет, г. Самара

Скорости соударения КА с метеорными телами и с объектами, входящими в состав космического мусора, лежат в диапазоне $\sim 1-16 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$. При таких скоростях удара частицы с поперечными размерами более 0,5-1 см могут создавать сквозные пробоины в стенках КА и приводить к катастрофическим разрушениям. Удары о поверхность КА мелких частиц вызывают образование на поверхности кратеров и царапин, а при большом количестве ударов – заметную эрозию поверхности. Поэтому исследования явлений, возникающих при высокоскоростном соударении твердых тел, и разработка на основании результатов исследований методов защиты КА, а также методов регистрации и измерения параметров объектов, входящих в состав метеорной материи и космического мусора, являются весьма актуальными.

При обнаружении утечки воздуха из модуля КА практический интерес представляет поток газа через отверстие в плоской бесконечно тонкой и не ограниченной по размерам пластине.

Воспользовавшись основным законом термодинамики можно получить формулу для расчета потока газа через отверстие:

$$I = pk^{-1}T^{-1}v_{\text{ср}}m_0S, \quad (1)$$

где p – давление газа; k – постоянная Больцмана ($k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$);

$v_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{8}{\pi} \cdot \frac{RT}{M}}$ – средняя арифметическая скорость движения молекул в газе;

S – площадь сечения;

В качестве исходных параметров для построения зависимости потока воздуха через отверстие от диаметра отверстия приняты:

$m_0 = 4,814 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$ – масса молекулы;

$M = 29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ – молярная масса вещества;

$p_0 = 101325 \text{ Па}$ – начальное давление в КА;

$p_{\text{вых}} = 1,45 \cdot 10^{-6} \text{ Па}$ – давление снаружи КА;

$T = 293 \text{ К}$ – исходная температура воздуха;

Для построения зависимости потока воздуха от расстояния до его источника, считаем источник газа (место утечки воздуха) точечным источником, размеры которого намного меньше расстояния от него до источника, а распространение воздуха будем считать равномерным в полупространстве во всех направлениях.

На рисунке 2 изображены зависимости при диаметрах 0,1 мм; 0,2 мм; 0,4 мм; 1 мм; 2 мм; 4 мм; 1 см; 2 см. На графике видно, что с увеличением диаметра отверстия увеличивается поток молекул воздуха.

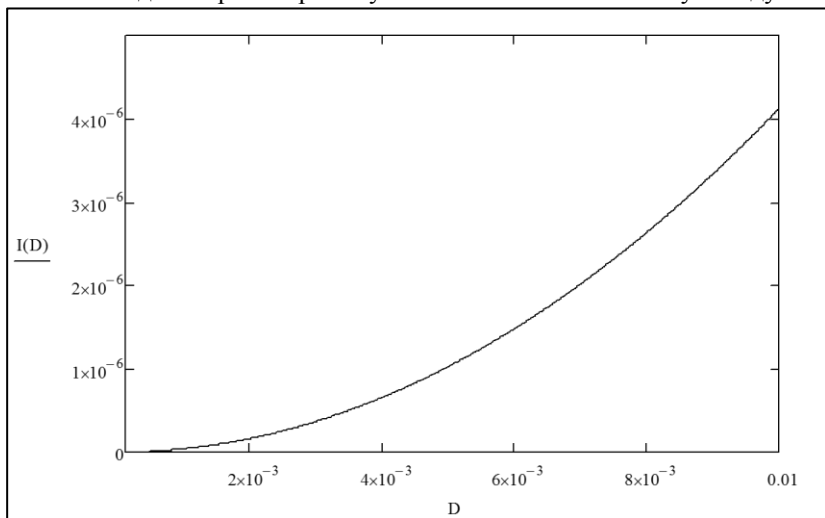


Рисунок 1—Зависимость потока воздуха через отверстие от его диаметра. Поток выражен в г/с, диаметр – в см.

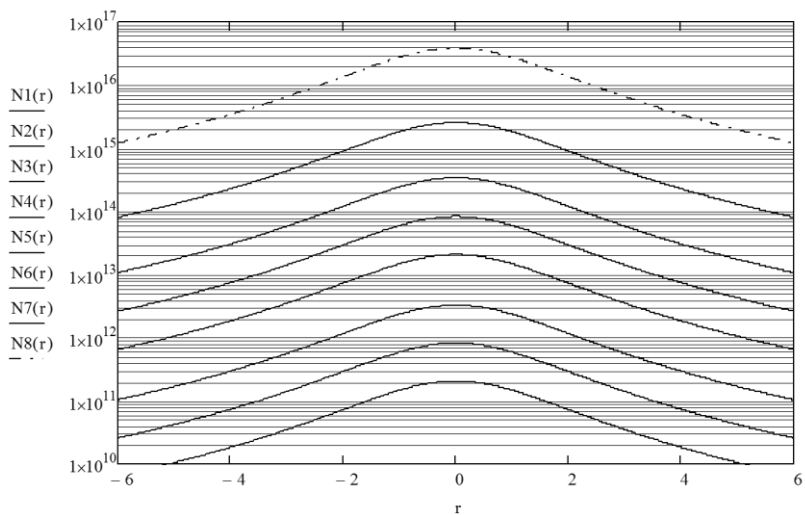


Рисунок 2—Зависимости количества молекул в единицу времени от смещения при различных диаметрах отверстий. Величина смещения отображена относительно исходного расстояния от источника течи до приемника z = 2м.

По результатам проведенных расчетов проведена оценка параметров потока истекающего газа, построены их графики зависимости и уточнены требования к системе определения места утечки газа.

Список использованных источников

1. Новиков, Л.С. Воздействие твердых частиц естественного и искусственного происхождения на космические аппараты [Текст] Учебное пособие/Л.С.Новиков. – М.: Университетская книга, 2009. - 104 с.

2. Drolshagen, G. Hypervelocity impact effects on spacecraft [Текст]/Gerhard Drolshagen//In: Proceedings of the Meteoroids 2001 Conference, 6 - 10 August 2001, Kiruna, Sweden. Ed.: Barbara Warmbein. ESA SP-495, Noordwijk: ESA Publications Division, ISBN 92-9092-805-0, 2001, p. 533 – 541.

УДК 544.654.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ МЕТОДОМ ВЕРОЯТНОСТНЫХ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ

А. С. Афанасьева

Самарский университет, г. Самара

Одним из технологических процессов создания микроэлектронных и микросистемных устройств является электроосаждение. Оно используется для получения многослойных печатных масок, осаждения золота на контакты, осаждения меди в качестве проводящих слоев и т. д. Одним из вариантов процесса является осаждение на неметаллическую подложку с предварительно напыленным слоем металла [1].

На первом этапе электроосаждения происходит установление электрохимического равновесия и формирование двойного электрического слоя [2]. Поскольку концентрация ионов в тонком слое металла на катоде на порядок превышает концентрацию ионов в электролите, формирование ДЭС идет преимущественно путем перехода ионов металла в раствор. При этом в случае, когда пленка металла на катоде оказывается слишком тонкой и ДЭС не формируется полностью до ее растворения, дальнейшего электроосаждения не происходит [3,4].

Для рассмотрения процесса электроосаждения на микроуровне и получения возможности оценки минимально допустимой толщины изначально напыленной пленки была разработана и реализована модель на базе метода вероятностных клеточных автоматов.

Модель позволяет отследить влияние на протекание процесса приложенного внешнего напряжения и толщины напыленной пленки. В ходе работы были проведены численные эксперименты с целью

исследования поведения тонких пленок напыленной меди в процессе гальванического наращивания.

Результаты моделирования позволяют оценить влияние на протекание процесса электроосаждения как приложенного напряжения, так и толщины напыленной пленки. От обоих этих факторов зависит, начнется ли осаждение или целостность пленки будет нарушена в процессе установления электрохимического равновесия, что приводит к потере проводимости.

При заданных критериях целостности пленки модель позволяет количественно оценить минимально необходимую толщину пленки для конкретных значений напряжения и, наоборот, определить минимальное напряжение для успешного протекания гальванического наращивания при известной толщине пленки.

Список использованных источников

1. Электроосаждение металлических покрытий: Справочник / Беленький М.А., Иванов А.Ф. - М.: Металлургия, 1985. - 292 с
2. Гинберг, Александр Миронович. Технология гальванотехники / А. М. Гинберг. — Ленинград: Судпромгиз, 1962. — 279 с.: ил. — Литература: с. 275-277
3. Фрумкин А.Н., Багоцкий В.С., Иофа З.А., Кабанов Б.Н., Кинетика электродных процессов, изд-во МГУ, 1952г
4. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Основы теоретической электрохимии/ Учебное пособие для ВУЗов. — М.: Высшая школа, 1978. — 239 с

УДК 538.93

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАНООБЪЕМОВ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ ВБЛИЗИ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ

А. В. Еремин

Самарский университет, г. Самара

Одной из областей, в которой проведение натуральных экспериментов затруднительно, является зона фазового перехода и прилежащие к ней области фазовой диаграммы. На вещество в таком состоянии оказывают сильное влияние даже малые изменения внешних условий. Ещё труднее организовать эксперименты для анализа смесей различных веществ в подобного рода состояниях. В связи с этим возникает интерес к моделированию процессов на микро- и наноуровнях с целью прогнозирования физических свойств таких систем [1,2]. Классические подходы в основном сводятся к набору эмпирических зависимостей, что не всегда даёт возможность получения достаточно точных данных, в

особенности для микро- и наносистем. Более качественный результат можно получить при использовании методов имитационного моделирования, например метода молекулярной динамики[3]. Численное интегрирование систем с большим количеством частиц во многих случаях дает достаточно полную картину эволюции молекулярных систем. Усреднение параметров частиц (пространственных и энергетических характеристик движения) позволяет получить информацию о структуре ансамбля и о термодинамических и кинетических свойствах системы[4]. Данный подход дает возможность исследовать макроскопические свойства молекулярных систем и в настоящее время является актуальным для таких направлений, как микро- и наносенсорика, катализ и т.д.[5].

В ходе данной работы на базе метода молекулярной динамики была синтезирована модель, позволяющая исследовать состояние смесей газов в замкнутом объеме при заданных значениях давления и температуры. Исследуемое вещество помещено в объем параллелепипеда с непроницаемой поверхностью и одной подвижной стенкой, на которую действует сила, пропорциональная заданному давлению. Схематический вид модельной системы представлен на рисунке 1.

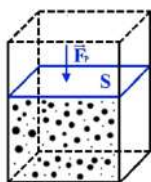


Рисунок 1 - Схематический вид модельной системы. S – подвижная поверхность; F_p – сила, пропорциональная давлению.

В ходе исследования был проведён ряд численных экспериментов, направленных на выявление зависимостей температуры конденсации, плотности и фазового состояния от состава, температуры и давления газовой смеси. Произведён анализ характерных зависимостей, таких как изотерма, изобара и радиальная функция распределения.

Список использованных источников

1. Билер Роль машинных экспериментов в исследовании материалов// Машинное моделирование при исследовании материалов. - М.:Мир. - 1974. - с.31-250.
2. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. Том 1. М.: Мир. 1990. 350 с.
3. Метод молекулярной динамики в физической химии. Под ред. Ю.К. Товбина. М.: Наука, 1996.
4. Frenkel D. Understanding molecular simulation. 2nd edition / Frenkel D., Smit B. // San Diego – San Francisco – New York – Boston – London – Tokio: Academic Press, 2002. 638 p.

5. Агафонов А.Н. Моделирование массопереноса в микропористых системах с учетом процессов физической адсорбции методом классической молекулярной динамики / Агафонов А.Н., Еремин А.В., Коньгин С.Б., Платонов В.И. // ВЕСТН. САМАР. ГОС. ТЕХН. УН-ТА. СЕР. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. 2015. № 3 (47)

УДК 629.7.08

**ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ МЕТЕОНАВИГАЦИОННОГО
РАДИОВЫСОТОМЕРА А-053**

П.В. Иванов

Самарский университет, г. Самара

Радиовысотомер А-053 используется в составе радиоэлектронного оборудования многих эксплуатируемых воздушных судов: Ан-148, Ансат, Ми-17.

Радиовысотомер А-053 является сложным техническим объектом, таким образом, средства и методы его контроля и диагностики должны удовлетворять высоким требованиям. Следовательно, не вызывает сомнений актуальность анализа изделия А-053 как объекта диагностики и контроля, анализа технологического процесса его технического обслуживания, и задача совершенствования указанного процесса.

В данной работе изделие А-053 будет рассмотрено в составе радиооборудования самолёта Ан-148.

На самолете установлено два комплекта РВ А-053, сопряженных с различными системами (СУОСО, КСЭИС, СРППЗ). Радиовысотомер А-053 (далее – РВ) предназначен для непрерывного автоматического измерения истинной высоты полета над пролетаемой местностью (от 0 до 1500 м).

Особенностью РВ непрерывного действия является частотная модуляция излучаемых радиоволн. Генератор низких частот вырабатывает модулирующее напряжение, которое управляет частотой высокочастотных колебаний генерируемых передатчиком. Отраженный от земной поверхности сигнал поступает на балансный смеситель БС, куда подается также часть мощности излучаемых колебаний. Частоты принимаемых и излучаемых колебаний отличаются друг от друга, так как с течением времени мгновенная частота излучаемого колебания изменяется из-за модуляции частоты. Сигнал разностной частоты выделяется усилителем низкой частоты и поступает на измеритель частоты, с которого снимается напряжение, пропорциональное высоте полета.

При обслуживании системы контролю подлежат следующие параметры: состояние антенны, её переходное сопротивление, состояние прибора и его проводки.

Техническое обслуживание радиовысотомера осуществляется по средствам: инструмент для радиоэлектронного оборудования 148.9001.500.000., инструмент для тарирования затыжки 148.9008.300.000.

РВ требует проверки работоспособности в режиме тест-контроля. Для проведения такой проверки требуется больше одной единицы обслуживающего персонала, умения работать с различным оборудованием на ЛА, знания определённых величин и значений символьных результатов теста. Для устранения указанной проблемы предлагается при контроле и диагностики системы использовать комплекс аппаратных средств, программируемых и автоматизировано управляемых с ЭВМ. Такое решение позволит исключить необходимость присутствия дополнительных членов обслуживающего персонала при проведении проверки, а также облегчит сам процесс проверки за счёт исключения требования по специфическим навыкам и знаниям.

Список использованных источников:

1. Руководство по технической эксплуатации Ан-148-100А, Ан-148В, Ан-148Е. Раздел 34. - ГП АНТК им. О.К. Антонова, 2006. – 413 с.
2. Руководство по технической эксплуатации Ан-148-100А, Ан-148В, Ан-148Е. Раздел 20. - ГП АНТК им. О.К. Антонова, 2006. – 83 с.

УДК 629.7.08

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКА VHF-4000

Д.А. Новиков

Самарский университет, г. Самара

В настоящее время приемопередатчик метрового диапазона VHF-4000 эксплуатируется в составе бортового радиоэлектронного оборудования на самолётах Ил-114, Ан-148, Hawker 800XP, Beechcraft King Air 350i. Корректная работа приёмопередатчика определяет успешное координирование действий экипажа наземными диспетчерскими пунктами и оперативный обмен информацией между воздушными судами. Учитывая необходимость исправной работы передатчика, а также тот факт, что VHF-4000 является сложным техническим объектом, к качеству процесса его эксплуатации предъявляются высокие требования.

Таким образом, не вызывает сомнений актуальность проведения анализа приёмопередатчика VHF-4000 как объекта контроля и

диагностики, а также постановка задачи совершенствования технологического процесса его технического обслуживания.

Приемопередатчик МВ диапазона VHF-4000 совместно с комплексными пультами управления предназначен для ведения беспойсковой бесподстроечной двусторонней телефонной радиосвязи экипажа самолета с наземными диспетчерскими пунктами службы УВД и экипажами других самолетов в диапазоне частот от 118,000 до 136,975 МГц с разномом частот между соседними каналами 8,33 или 25 кГц.

МВ радиостанция VHF-4000 представляет собой многоканальный приемопередатчик, который предусматривает двунаправленную передачу речевых амплитудно-модулированных сигналов. В режиме приема, ВЧ сигнал поступает от антенны на диодный переключатель, встроенный в приемопередатчик. Входной сигнал обрабатывается предварительным ВЧ фильтром и поступает на приемник с одним каскадом преобразования.

В случае если один приемопередатчик принимает сигналы, а второй в режиме передачи, чувствительность приемников уменьшается и понижается коэффициент усиления.

Для оперативной проверки работоспособности в радиостанции предусмотрена встроенная система контроля.

Технологический процесс технического обслуживания включает в себя следующие этапы:

- подготовительные и заключительные работы;
- демонтаж и монтаж приемопередатчика HF-4000;
- осмотровые работы;
- регулировка и испытание.

В процессе обслуживания приемопередатчика контролю подлежат следующие параметры:

- положение переключателей;
- частоты возврата;
- активной частоты;
- работа подавителя шума.

Для контроля радиостанция VHF-4000 используют инструмент для радиоэлектронного оборудования 148.9001.500.000.

Исходя из проведенного анализа средств и методов оценки технического состояния приёмопередатчика VHF-4000 следует, что существующий технологический процесс его технического обслуживания является трудоёмким, продолжительным по времени и не исключает в должной мере влияние человеческого фактора.

Таким образом, задача совершенствования технологического процесса технического обслуживания радиостанции VHF-4000 сопряжена с разработкой автоматизированного аппаратно-программного комплекса

контроля и диагностики, который позволит обеспечить приём и передачу контрольных сигналов по заданной оператором программе.

Список использованных источников.

1. Руководство по технической эксплуатации Ан-148- 100А, Ан-148В, Ан-148Е. Раздел 23. - ГП АНТК им. О.К. Антонова, 2006. - 518 с.

УДК 629.7.08

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО РЕГЛАМЕНТА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ РАДИОНАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Г.А. Лахтер

Самарский университет, г. Самара

С каждым годом, возрастает количество самолетов гражданской авиации, что увеличивает объемы работ по техническому обслуживанию авиационной техники (ТО АТ) и приводит к повышению нагрузок на технический персонал аэропортов. В данных условиях качество обслуживания летательных аппаратов во многом определяется эффективностью системы информационного обеспечения персонала, неотъемлемой частью которой в настоящее время является регламент технического обслуживания.

Кроме того следует отметить, что процесс контроля исправности радиооборудования воздушных судов достаточно трудоёмок по сравнению с обслуживанием других систем и содержит большое число ручных операций, автоматическое выполнение которых проблематично.

Таким образом, задачи разработки и совершенствования формата представления регламента ТО АТ являются актуальными, а их решение повысит эффективность процесса обслуживания, в том числе, радионавигационного оборудования воздушных судов.

Наиболее перспективным способом модификации регламента является его представление в электронном формате. Для этого решаются следующие задачи:

- определение перечня функции, которые поддерживает электронный регламент обслуживания;
- разработка интерфейса электронного регламента обслуживания ВС;
- разработка структуры системы информационного обеспечения персонала, которая обеспечит функционирование регламента.

К основным функциям электронного регламента следует отнести его корректирование на основании передаваемых в момент посадки

зарегистрированных полётных данных; возможность оперативного поиска информации и внесение исправлений.

Структура системы информационного обеспечения представляет собой множество локальных LAN сетей аэропортов (аэродромов), связанных через Internet с центром службы информационной поддержки, которая координирует пополнение необходимых для обслуживания техники баз данных.

Электронный регламент, концепция которого представлена, при относительно небольших затратах на его реализацию, может значительно оптимизировать работу технического персонала, а также уменьшить риск возникновения ошибок как на стадии выдачи задания, так и на стадии его выполнения.

Все это ведет к экономической выгоде для аэропорта (аэродрома), в виде прибыли от возможности принять и обслужить большее количество воздушных судов, а также экономии материальных средств и ресурса времени за счёт автоматизации процесса документооборота.

Список использованных источников:

1. Основы технического обслуживания воздушных судов: учеб. пособие /Н.В. Чекрыжев. – Самара: Изд-во СГАУ, 2015.– 84 с.

УДК 629.7.08

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МЕТЕОНАВИГАЦИОННОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ «БУРАН – А»

Д.В. Попов

Самарский университет, г. Самара

Метеонавигационная радиолокационная станция (МНРЛС) «Буран–А» входит в состав бортового оборудования большого числа воздушных судов таких моделей как: АН-140, АН-148, АН-38, АН-74ТК-300, ИЛ-114, БЕ-200. Корректная работа станции «Буран – А» определяет успешное решение задач навигации и безопасность полётов.

Таким образом, не вызывает сомнений актуальность анализа станции «Буран-А», её улучшения, а также совершенствования процесса технического обслуживания МНРЛС «Буран – А»

В данной работе «Буран – А» будет рассмотрена в составе радиооборудования самолёта АН-148

Станция «Буран – А» обеспечивает:

– радиолокационный обзор воздушного и земного пространства с целью обнаружения опасных гидromетеообразований, а так же ориентиров для навигации (на земле)

– определение наклонной дальности и курсовых углов наблюдаемых объектов.

Принцип работы заключается в излучении бортовой антенной электромагнитных импульсов, их отражении от объектов, и приёме отражённых сигналов бортовой антенной.

Одна и та же антенна предназначена как для излучения, так и для приема сигналов. Используются РЛС переднего обзора, в котором антенна располагается в носовой части воздушного судна и сканирует вправо-влево в определенном секторе.

На борту воздушного судна установлен один комплект РЛС, который сопряжен с СО, ИКВСП, LCR, КСЭИС, БСТО.

Процесс технического обслуживания включает в себя:

- подготовительные и заключительные работы;
- измерение переходного сопротивления антенны;
- проверка работоспособности МНРЛС;
- проверка связи МНРЛС с LCR и ИКВСП.

В процессе обслуживания контролю подлежат параметры:

- Номинальный угол наклона антенны (БАПП);
- Идентификация изображения для режимов «Метео», «Земля», «Профиль»;
- Шины электропитания МНРЛС;
- Отклонение антенны в зависимости от угла крена и тангажа, а так же в режиме сканирования;

Техническое обслуживание осуществляется по средствам чемодана 148.00.9001.500 с инструментом и поворотным столом.

Исходя из проведённого анализа средств и методов оценки технического состояния следует, что существующий технологический процесс технического обслуживания является довольно сложным и требующим контроля многих параметров, таких как мощность, частота излучения, точность измерительного канала.

При контроле изделия следует исключить СВЧ излучение МНРЛС в зоне с людьми или крупными отражающими объектами, чтобы избежать отрицательного влияния на состояние здоровья обслуживающего персонала.

Контроль угла наклона антенны и его изменения осуществляется только визуально, что снижает объективность диагностики и точность настройки системы.

Для устранения недостатков предлагается:

Разработать автоматизированный аппаратно-программный комплекс контроля системы, позволяющий принимать сигналы МНРЛС и имитировать их отражение без использования приёмно-передающей антенны.

Проводить контроль работы антенны проводить отдельно в лабораторных условиях.

Для контроля наклона антенны использовать конусные калибры.

Список использованных источников:

1.Руководство по технической эксплуатации Ан-148-100А, Ан-148В, Ан-148Е. Раздел 34. - ГП АНТК им. О.К. Антонова, 2006. – 413 с.

УДК 629.7.08

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СИСТЕМЫ КУРС-МП 70

С.Э. Валиев

Самарский университет, г. Самара

Система КУРС-МП 70 входит в составе бортового радиоэлектронного оборудования воздушных судов типа Ил-86, Як-42, Ту-154Б, Ил-62, Як-42МЛ, Ан-24, Ан-32, Ту-154. Исправная работа системы определяет качество решения задач взлёта и посадки воздушного судна. При этом КУРС-МП 70 можно охарактеризовать как сложный технический объект, что требует высокой автоматизации процесса оценки его технического состояния.

Таким образом, не вызывает сомнений актуальность проведения анализа системы КУРС-МП 70 как объекта контроля и диагностики, а также постановка задачи совершенствования технологического процесса его технического обслуживания.

Бортовая навигационно-посадочная система «Курс МП-70» включает:

– два навигационно-посадочных устройства УНП, каждое из которых выполняет функции курсового и глиссадного приемников, устройства обработки сигналов;

– блок встроенного контроля, где сосредоточены низкочастотные элементы встроенного контроля и выбора режима контроля;

– блок резервирования, обеспечивающий автоматическую коммутацию одного из двух УНП независимо по трактам курса или глиссады;

– маркерный радиоприемник: два пульта управления;

– два селектора курса и селектор режимов.

Основные параметры аппаратуры «Курс МП-70» соответствуют нормам на бортовую аппаратуру, обеспечивающую посадку при метеоминимуме III-категории. Навигационно-посадочное устройство функционально разделяется на курсовой и глиссадный приемники.

Система включает себя несколько каналов, в каждом из которых происходит детектирование сигналов радиомаяков и выделение из них полезной информации об отклонении воздушного судна от линии курса или глиссады.

Контроль системы (по эфиру или по кабелю) осуществляется с использованием комплекта малогабаритного имитатора маяков МИМ-70.

Недостатком существующих средств и методов контроля системы КУРС-МП 70 является их низкий уровень автоматизации и необходимость ручного составления отчёта о проверке изделия. Указанная проблема может быть устранена разработкой аппаратно-программного комплекса, который позволяет проверять блоки системы автоматически и автономно, что требует участия оператора только при контроле индикаторов системы.

Список использованных источников:

1. Лукьяненко М.В., Чурляева Н.П. Моделирование технических систем и процессов: учеб, пособие. Сиб. гос. аэрокосмич, ун-т. Красноярск, 2007. — 132 с.

2. Якубович, Николай Васильевич. Самолет Ил-18: пассажир, авиалайнеры / Н. Якубович. - М.: Цейхгауз, печ. 2007. - 47 с.

УДК 629.7.08

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ САМОЛЁТНОГО ОТВЕТЧИКА 6202P-1

А.Д. Судаков
Самарский университет, г. Самара

Самолётный ответчик 6202P-1 входит в состав радиоэлектронного оборудования таких современных моделей воздушных судов, как Ту-204 и СУ-27СК.

Неисправности или отказ ответчика ведут к ошибкам в работе членов экипажа летательного аппарата, а также диспетчерских служб аэропортов и аэродромов, что в конечном счёте может привести к аварии или катастрофе.

Наряду с этим изделие 6202P-1 является сложным техническим объектом, что требует грамотной эксплуатации ответчика, а также высокого уровня проводимых работ по его диагностики и ремонту.

Следовательно, актуальным является анализ изделия 6202P-1, анализ технологического процесса его технического обслуживания, а также постановка задачи совершенствования технологического процесса его технического обслуживания.

Самолётный ответчик 6202P-1 предназначен для приема и декодирования запросных сигналов, их кодирование и излучение ответных сигналов. Ответчик участвует в выполнении следующих задач:

– общего опознавания воздушных объектов по принципу СВОЙ-ЧУЖОЙ;

- индивидуального опознавания воздушных объектов;
- выдачи аварийных сигналов ТРЕВОГА и БЕДСТВИЕ.

Ответчик комплексируется с аппаратурой 11Г6 и А-511 и обеспечивает выдачу наземным РЛС информации о номере самолёта, высоте полета и запасе топлива.

В ответчике предусмотрен автоматический контроль работоспособности ответчика в полете с выдачей на УСТ сигнала СРО ОТВЕТЧИК в случае его отказа.

Принцип работы самолетного ответчика заключается в приеме кодированных запросных сигналов наземных ВРЛ, автоматической дешифрации их, формировании ответных посылок и излучении кодированных ответных сигналов, содержащих информацию о номере самолета и высоте полета.

Техническая эксплуатация самолётного ответчика 6202 включает в себя следующие этапы:

- проверка работоспособности изделия 6202 с помощью встроенного контроля, проверка цепей сопряжения и правильности установки органов управления согласно расписанию;
- проверка внешнего состояния самолётного ответчика.

В процессе обслуживания самолётного ответчика осуществляется контроль следующих параметров:

- напряжение и частота питания блоков изделия 6202;
- сопротивление кабельных частей соединителей;
- срабатывание и фиксацию переключателей, тумблеров;
- кнопок, флажков и колпачков на блоках 480-1, 433.

Средствами технического обслуживания изделия являются:

- ВШ2.716.001 - индикатор из состава ЗИП одиночного;
- приборы Ц 4315, П-604 и секундомер СОПпр-2а-3;
- отвертки, ключи, кусачки, плоскогубцы, кисть КФКВ-1.

Исходя из проведённого анализа средств и методов оценки технического состояния следует, что недостатками существующего технологического процесса технического обслуживания является относительно высокая трудоемкость в монтаже и демонтаже его агрегатов,

связанная с нецентрализованным размещением отдельных блоков системы в носовой и хвостовой части.

Для упрощения проведения замеров предлагается установить контрольные разъемы системы в салоне в районе 2 - 3 шпангоутов по левому борту, а также разработать контрольно-проверочную аппаратуру в состав которой будут входить радиомодули для дистанционного измерения контролируемых параметров.

Список использованных источников:

1. Руководство технической эксплуатации самолета Ту-204С. Раздел 113. г. Ульяновск 1997. – 222 с.

УДК 621.3

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВИБРАЦИОННОГО СНЯТИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО ВИБРОСТЕНДА

А. П. Быков, А. В. Наседкин, С. В. Андросов
Самарский университет, г. Самара

При проведении механических испытаний радиоэлектронной аппаратуры используется специальная технологическая оснастка (СТО), представляющая собой приспособление, изготовленное из различных металлических сплавов методом сварки. В процессе эксплуатации, приспособление подвергается значительным перегрузкам (до 100G) в широком диапазоне частот (до 3 кГц). Наличие остаточных напряжений значительно снижает его эксплуатационную надежность, может привести к изменению размеров приспособления, а также влияет на общую механическую целостность, что в свою очередь может вызвать разрушение дорогостоящих изделий, которые на нем испытываются.

Метод вибрационного снятия остаточных напряжений (ВСОН) был разработан как альтернатива методу снятия напряжений термообработкой.

Метод ВСОН представляет собой обработку изделий в резонансном режиме, переменными напряжениями, достаточными для упругопластических деформаций металла. Данный метод обладает рядом ограничений: он применяется для снятия остаточных напряжений в массивных сварных конструкциях (массой более 1000 кг) на частотах, не превышающих 100 Гц.

Перед авторами стояла задача проверить возможность применения метода ВСОН на сварных конструкциях малой массы (до 100 кг), в диапазоне частот до 2 кГц, используя электродинамический вибростенд.

В качестве образца исследования было выбрано приспособление, изготовленное из сплава АМг6Б (ГОСТ 17232-99), с размерами (ДхШхВ)

246x324x342 мм, массой 16,7 кг. Приспособление жестко крепилось к столу электродинамического вибростенда, также к столу крепился задающий пьезоэлектрический датчик по ГОСТ ИСО 5348-2002. Возле мест крепления изделия к приспособлению устанавливались контролирующие датчики в количестве трех штук.

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) приспособления измерялась на режимах, приведенных в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы измерения АЧХ

Частота, Гц	5-10	10-20	20-40	40-80	80-2000
Перегрузка, G	0,5	0,5	0,5	0,75	1

Полученный график АЧХ приспособления изображен на рис. 1.

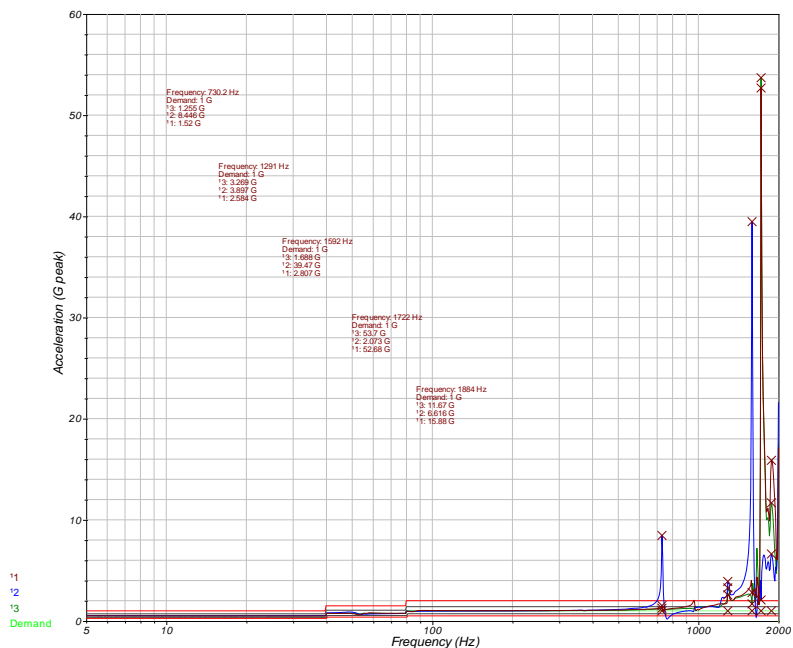


Рисунок 1 – Амплитудно-частотная характеристика приспособления

Как видно из рисунка 1, в диапазоне от 5 до 2000 Гц у приспособления были выявлены четыре резонансные частоты. Анализ АЧХ указывает на возможность использования метода вибрационного снятия остаточных напряжений для изделий с массой до 100 кг. Однако для

окончательного вывода требуются дополнительные экспериментальные исследования.

УДК 681.32

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ПОДГОНКИ ПЛЕНОЧНЫХ РЕЗИСТОРОВ

Д.А. Горбунов

Самарский университет, г. Самара

Интегральные схемы (ИС), изготовленные по гибридной технологии, применяются во многих областях электронной техники, где предъявляются высокие требования к рабочим характеристикам электронных устройств: аэрокосмическая техника, военная аппаратура, схемы СВЧ, автомобилестроение, телекоммуникации и т.д.

Качество гибридных ИС зависит от точности параметров пассивных компонентов, особенно пленочных резистивных элементов (РЭ). Лазерная подгонка, повышающая точность сопротивления РЭ, является одним из методов увеличения выхода годных плат гибридных ИС и регулирования ТП их изготовления. В настоящее время выбор проекта подгонки осуществляется на основе опыта и имеющихся практических прецедентов. Однако, использование только экспериментальных данных, из-за ограниченности их объема, не позволяет квалифицировать выбираемый вариант проекта подгонки как оптимальный.

При анализе зарубежных и отечественных материалов можно сделать выводы, что технология гибридных ИС является перспективным направлением микроэлектроники и обеспечивает высокий уровень надежности. Главной проблемой применения подгонки, как с программным, так и с ручным управлением является выбор формы лазерной врезки и исходных координат (проектирование подгонки), при которых достигается нормативное значение сопротивления. Поэтому цель исследования – разработка методологии и системы математического моделирования и проектирования лазерной подгонки РЭ для настройки механизма регулирования ТП изготовления гибридных ИС.

Для достижения данной цели решаются следующие задачи:

- 1) системный анализ моделей, этапов и критериев управления эффективностью ТП изготовления плат гибридных ИС;
- 2) исследование математических методов и средств оптимизации ТП изготовления плат гибридных ИС;
- 3) спецификация задач подгонки пленочных РЭ существующих лазерных установок, решаемых при реализации механизма регулирования ТП изготовления плат гибридных ИС;

4) разработка математических моделей данных, применяемых при оценке текущего состояния объектов топологии в условиях реального времени подгонки и регулирования ТП изготовления плат гибридных ИС;

5) систематизация расчетных методов получения характеристик РЭ для отображения результатов подгонки при ее имитации;

6) разработка алгоритма моделирования лазерной подгонки на основе анализа системного и индуктивного подходов и структуры топологии гибридных ИС;

7) идентификация пленочных РЭ по данным моделирования и натурального эксперимента лазерной подгонки;

8) разработка баз данных для формирования и представления знаний о топологии гибридных ИС для моделирования и проектирования подгонки при настройке механизма регулирования ТП;

9) создание методики настройки механизма регулирования ТП изготовления плат гибридных ИС проектированием подгонки РЭ;

10) разработка комплекса программ автоматизированной системы моделирования и проектирования подгонки для настройки механизма регулирования ТП изготовления плат гибридных ИС;

11) разработка специализированного языка для редактирования сценариев моделирования и представления результатов.

Теоретическая часть работы выполнена на основе методов процессного управления, уравнений электромагнитного поля Максвелла, теории нечетких множеств, гибридной технологии микроэлектроники.

В экспериментальной части работы применяются численные и аналитические модели, теория электрических цепей, методы теории аппроксимации и интерполяции, методология искусственного интеллекта и экспертных систем.

УДК 621.3

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПЕРВИЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ КОНТРОЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ

Д.П. Михайлов

Самарский университет, г. Самара

Было предложено использовать 11 измерений. Результаты измерений обрабатываются следующим образом:

1) по полученным выборкам (11 измерений) в каждой точке рассчитывается среднее значение по формуле

$$X_{\text{ср}} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_{11}}{11},$$

где $X_{\text{ср}}$ – среднеарифметическое значение результатов измерений;

X_1, \dots, X_{11} – измеренные значения напряжения (тока), В (мА), соответственно;

2) определяется среднеквадратическое значение отклонения:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum V_i^2}{n-1}},$$

где σ – среднеквадратическое отклонение случайной составляющей погрешности измерения напряжения (тока), В (мА), соответственно,

$V_i = X_i - X_{cp}$ – случайная составляющая погрешности измерения i -й выборки;

X_i – i -й результат измерений;

n – число измерений;

3) определяется случайная составляющая погрешности измерения:

$$\sigma_{гр} = 3\sigma;$$

4) определяется систематическая составляющая погрешность измерения:

$$\Delta_c = X_{cp} - X_{уст},$$

где $X_{уст}$ – установленное значение параметра;

5) определяется абсолютная погрешность измерения следующим образом:

- если $\left| \frac{\Delta_c}{\sigma_{гр}} \right| < 0,8$, то систематической составляющей погрешности по сравнению со случайной составляющей погрешности измерения пренебрегают, и абсолютная погрешность измерения принимается равной $\Delta = \sigma_{гр}$;

- если $\left| \frac{\Delta_c}{\sigma_{гр}} \right| > 8$, то случайной составляющей по сравнению с систематической составляющей погрешности измерения пренебрегают, и абсолютная погрешность измерения принимается равной $\Delta = \Delta_c$;

- если указанные неравенства не выполняются, то абсолютная погрешность измерения определяется по формуле

$$\Delta = \sqrt{\sigma_{гр}^2 + \Delta_c^2};$$

6) определяется суммарное среднеквадратическое отклонение, %, по формуле

$$\delta_{\Sigma} = \frac{\Delta}{X_{уст}} \cdot 100$$

Суммарное среднеквадратическое отклонение δ_{Σ} не должно превышать значений погрешности, указанных в ТУ для соответствующих пределов;

7) определяется относительная погрешность δ , % по формуле

$$\delta = \frac{X_{cp} - X_{уст}}{X_{пред}} \cdot 100,$$

где $X_{\text{пред}}$ – максимальное значение предела измерения, указанного в ТУ.

Относительная погрешность δ не должна превышать значений погрешности, указанных в ТУ для соответствующих пределов. Абсолютная погрешность Δ не должна превышать погрешность, указанного в ТУ.

Результаты измерений и обработки оформляются протоколом, который выводится на печать.

УДК 681.32

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ИСПЫТАНИЙ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

А.В. Иванов

Самарский университет, г. Самара

В результате проведения исследовательских испытаний электронных модулей (ЭМ) на медленное изменение температуры окружающей среды (термоциклирование) в течение 3700 циклов было зафиксировано 17 отказов паяных соединений (ПС) по компоненту LBGA1225, что согласно модели Энгельмайера-Уайльда говорит о достижении порога испытательных циклов при вероятности отказа более 50% (17 отказов - 53% отказов).

На основании полученной статистики отказов ПС ЭМ по компоненту LBGA1225 был определен параметр β - наклон участка вероятности Вейбулла. Параметр β был определен графически с применением линейного тренда (рис. 1); его значение составило 2.

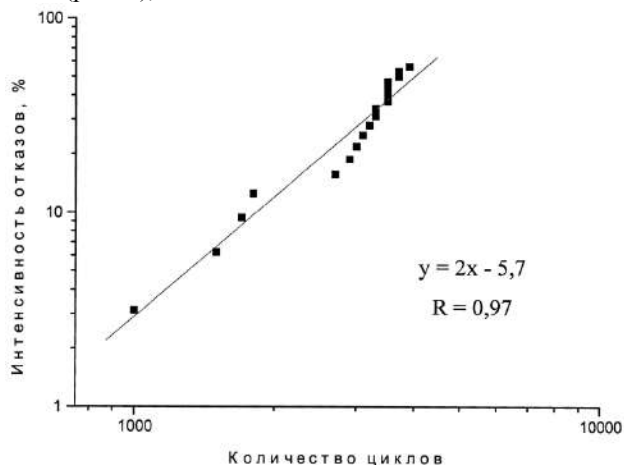


Рисунок 1 - Статистика отказов паяных соединений ЭМ по компоненту LBGA1225

Так как за все время испытаний зафиксированы отказы ПС только по компоненту LBGA1225, то расчет (прогноз) параметров усталостной долговечности ПС для реального ЭМ будет проводиться только по микросхеме Xilinx XC2V4000-5BF957I.

Ввиду отсутствия данных по КТР микросхемы Xilinx XC2V4000-5BF957I было принято решение его рассчитать методом аддитивности КТР примененных материалов в соответствии со спецификацией на ИМС. Результаты расчета КТР микросхемы Xilinx XC2V4000-5BF957I приведены в таблице.

Component	Substance	% вещества	%	КТР вещества	КТР составной части	Доля КТР BGA
Silicon Die	Silicon	100	3,76	2	—	0,075
Solder Bump	Sn63Pb37		0,05	25	—	0,13
Underfill			0,38		58	0,22
	Silica	70		40	—	
	Epoxy Resin A	20	30	100	—	
	Epoxy Resin B	3			—	
Hardener	7			—		
Heat Spreader			60		15,9	9,54
	Copper	98		16		
	Chromium	2		11		
Heat Spreader Adhesive			0,46		18,4	0,18
	Silica	70		40		
	Resin	27		—		
	Silan	3		—		
substrate			25,9		14,852	3,85
	Copper	41		16		
	BT	33		12,4		
	маска	14		30		
Solder Balls	Sn63Pb37		10	25	250	2,5
Итого КТР BGA = 16,5						

МЕТОДЫ ПОДАВЛЕНИЯ ПОМЕХ НА ВХОДЕ ПРИЕМНИКОВ САП

В.А. Маклашов

Самарский университет, г. Самара

Традиционные методы подавления проникающих помех на входе приемников станций активных помех (САП) можно разделить на конструктивные и организационно-технические [1-5].

Конструктивный метод основан на применение различных способов изменения конструкции объектов размещения САП, путем создания между передающих и приемной антеннами САП препятствий с различными электродинамическими свойствами.

Организационно-технический метод основан на организации комплексного управления характеристиками излучаемых САП радиосигналов и введением в приемное устройство специальной аппаратуры.

Конструктивный метод обеспечения подавления проникающих помех на входе приемников САП реализуется путем изменения характеристик радиоканала распространения радиоклебания от передающей к приемной антенне САП.

Ниже перечислены основные способы реализации этого метода.

1. Уменьшение уровня проникающей помехи путем размещения между антеннами САП плоских экранов.
2. Уменьшение уровня проникающей помехи путем выпуклых проводящих экранов.
3. Уменьшение уровня проникающей помехи путем размещения между антеннами САП импедансных структур.
4. Уменьшение уровня проникающей помехи путем размещения на части корпуса объекта покрытий, поглощающих электромагнитные волны.

Организационно-технический метод подавления проникающих помех на входе приемников САП может быть разделен на ряд способов. Данные способы рассматриваются в докладе.

Список использованных источников

1. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств / Под. ред. Н.М. Царькова. – М.: Радио и связь, 1985.
2. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и преднамеренные помехи: Справочник. Составитель Дональд Р. Уайт / Перевод с английского под ред. А.И. Сагира. – М.: Сов. радио, 1977.

3. Актуальные вопросы исследования распространения радиоволн, электромагнитной совместимости, антенно-фидерных устройств радиосвязи и радиовещания. Кн. 2 / Под ред. И. Трошина. – М.: Радиотехника, 2004.

4. Ямпольский В.Г., Фролов О.П. Антенны и ЭМС.- М.: Радио и связь, 1983.

5. Феоктистов Ю.А. Теория и методы оценки электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств. –М.: Радио и связь, 1988.

УДК 621.382

ОЦЕНКА ПРОГНОЗНЫХ МОДЕЛЕЙ КМОП ИМС С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

Р.О. Мишанов

Самарский университет, г. Самара

Использование высоконадёжной элементной базы для бортовой аппаратуры (БА) – необходимое условие стабильного функционирования космических аппаратов с большими сроками активного существования. В работах [1,2] представлены прогнозные модели для КМОП ИМС, полученные с помощью метода регрессионных моделей и метода дискриминантных функций и предназначенные для прогнозирования состояния конкретного экземпляра ЭРИ к времени прогноза $t_{пр}$:

$$y = -31,35 + 28,46x_1 - 47,26x_2, \quad (1)$$

$$П_d = y + 0,9x_1 + 0,53x_2, \quad (2)$$

где y – прогнозируемый параметр, x_1 и x_2 – информативные параметры, $П_d$ – порог дискриминантной функции.

В работах [3,4] предложены методы классификации выборок КМОП ИМС, основанные на алгоритмах кластеризации иерархическими методами и методе k-средних. Оценка прогнозных моделей осуществлена по значениям риска принятия ошибочного решения $P_{ош.}$, риска изготовителя $P_{изг.}$ и риска потребителя $P_{пт.}$. Результаты оценки, полученные для выборки ИМС 765 серии, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты оценки прогнозных моделей для КМОП ИМС 765 серии

	МРМ	МДФ	Иерархические методы	Метод k-средних
$P_{ош.}$	0,16	0,16	0,10...0,22	0,12
$P_{изг.}$	0,2	0,12	0,143...0,375	0,2
$P_{пт.}$	0,13	0,25	0...0,167	0,086

В методах кластеризации реализовано разделение выборки ИМС на 2 класса: класс годных и потенциально дефектных. Граничное значение прогнозируемого параметра выбрано в соответствии с техническими условиями (ТУ) исполнения. В МДФ значение порога дискриминантной функции P_d соответствует минимальному значению $P_{\text{ош}}$.

Оценка прогнозных моделей показала, что с помощью методов кластеризации возможно получение результатов с наименьшими рисками потребителя (изготовителя БА). Это означает, что после отбраковки экземпляров ЭРИ по результатам прогнозирования с использованием прогнозных моделей среди годных экземпляров окажется гораздо меньшее количество потенциально дефектных.

Список использованных источников

1. Разработка операторов индивидуального прогнозирования надежности бортовых приборов [Текст]: отчет о НИР (заключ.) / Самар. гос. аэрокосм. ун-т (СГАУ). – Тема 039х-050; рук. Пиганов М.Н. – Самара, 2007. – 56 с.

2. Тюлевин С.В. Операторы индивидуального прогнозирования показателей надежности электрорадиоизделий для космических РЭС [Текст] // Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: Материалы Всероссийской НТК 14-16 мая 2007, г. Самара. – Самара: Издательство СГАУ, 2007. – С. 190-192.

3. Мишанов Р.О. Методика верификации результатов индивидуального прогнозирования изделий РЭС космического назначения с помощью алгоритмов кластерного анализа [Текст] / Р.О. Мишанов, М.Н. Пиганов // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2017. Т. 20, №2. – С. 55-63.

4. Мишанов Р.О. Методика применения кластерного анализа для классификации электрорадиоизделий и повышения надёжности аппаратуры [Текст] // Известия Самарского научного центра РАН. – 2017. Т. 19, №1(2). – С. 414-419.

УДК 621.382

РАДИАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Д.В. Столбинский

Самарский университет, г. Самара

Как раньше, так и сейчас к интегральным микросхемам (ИМС), предназначенных для применения в космосе, в военных целях или в атомной энергетике, предъявляются жёсткие требования по радиационной стойкости.

Подавление одиночных сбоев является более сложной задачей, чем борьба с «медленными» отказами, поскольку общую накопленную дозу можно снизить на несколько порядков путем экранирования. Так, слой алюминия в 2 мм снижает накопленную дозу космического излучения в 100 раз [1,2].

Механизмы отказов, вызванные одиночными событиями, в корне отличаются от механизмов отказов первого типа, связанных с накоплением дозы. Эти отказы могут происходить в любое время, не требуя накопления какой-либо дозы. Один из распространенных способов борьбы с одиночными сбоями – изготовление ИС по технологии кремний на диэлектрике (Silicon-on-insulator, SOI). Вблизи поверхности подложки имплантируется слой молекул кислорода, из которого нагреванием формируют непрерывный слой оксида толщиной порядка 0,2 мкм. Полученный диэлектрик изолирует канал КМОП от кремниевой подложки (рис.1).

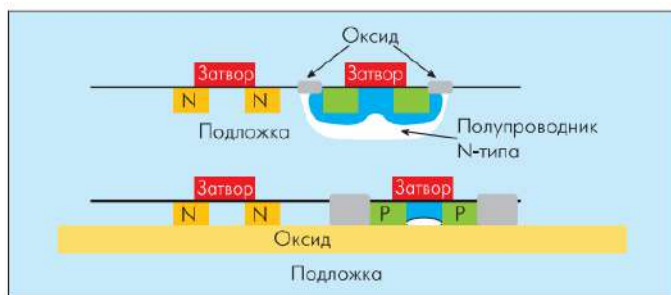


Рисунок 1 – КМОП-технология кремний на диэлектрике

Себестоимость SOI-процесса в 5–10 раз выше, чем при традиционной КМОП-технологии. При этом, в отличие от коммерческих SOI-устройств, в ИС для космических и военных приложений следует повышать стойкость углубленного оксида. В противном случае, заряд, индуцированный гамма-излучением, может попасть с течением времени в оксид, после чего рекомбинировать на границу $\text{SiO}_2\text{-Si}$ и изменить пороговое напряжение устройства.

Один из самых действенных методов – это метод тройного резервирования, который основывается на создании контратипа критических узлов схемы (рис.2).

Схема большинства голосов (Vote) трех триггеров (Latch) определяет общее выходное значение. Общие коэффициенты выбираются из схемы голосования, которая опирается на показания выходных значений заданных элементов.

Один из минусов данного метода заключается в том, что увеличивается количества транзисторов для выполнения одной и той же функции, то есть увеличивается масса и габариты. Задействуется большая площадь кристалла, что ведет к дополнительному рассеиванию энергии.

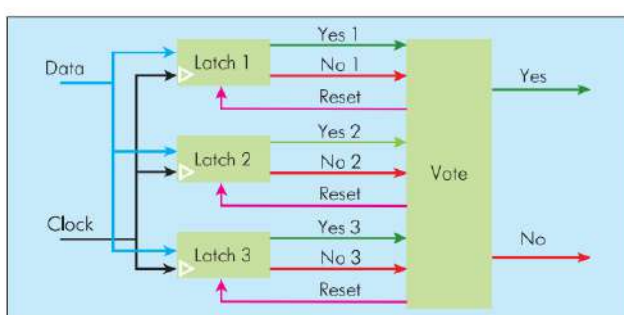


Рисунок 2 - Предотвращение SEU методом тройного резервирования

Список использованных источников

1. <http://www.aero.org/publications/crosslink/summer2003/06.htm>.
2. Энциклопедия. Новые наукоёмкие в технике. Т.16. Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов / Редакторы тома: Л.С.Новиков, М.И.Панасюк. М.:Энцитех,2000.

УДК 681.32

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ УЗЛОВ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

С.В. Тюлевин

Самарский университет, г. Самара

Одним из эффективных направлений повышения качества электронных узлов (ЭУ) для радиоэлектронных средств специального назначения является диагностический неразрушающий контроль (ДНК). Однако оценить целесообразность введения ДНК на конкретных операциях технологического процесса (ТП) разработчику бывает очень сложно. В этих случаях для принятия решения используют метод экспертных оценок.

В данной работе приведены результаты экспертной оценки целесообразности введения ДНК элементов на разных операциях ТП производства ЭУ, а также компонентов и паст в зависимости от назначения, области применения и особенностей поставок паст.

Для проведения эксперимента был использован метод непосредственной оценки с непосредственным ранжированием факторов. С

учетом характера поставленных задач был проведен подбор экспертов. Первоначально было отобрано 30 экспертов с учетом компетентности, независимости, демократичности, прогрессивности, опыта практической работы, рейтинга предприятия и организации, отсутствия заинтересованности и предубеждений и других принципов. Затем список был сокращен до 12 человек, с учетом коэффициента запаса. При этом учитывались также индивидуальные особенности экспертов, их "доступность", потенциальные возможности работать на общественных началах, фактор времени и другие. В окончательном эксперименте участвовало 10 человек.

Эксперты оценивали факторы по 100-бальной шкале. Для оценки факторов использовали такие характеристики, как медиана, Me , мода, Mo , средняя арифметическая X_{cp} , относительная значимость факторов.

При анализе согласованности оценок факторов использовали такие показатели, как коэффициент вариации VAR и коэффициент интегральной вариации q .

Признано целесообразным ввести входной контроль ДНК компонентов и паст для следующих областей применения ЭУ: космические РЭС для изделий с длительным сроком активного функционирования; системы управления космическими аппаратами и ракетносителями; космические РЭС военного назначения; военная аппаратура; космические РЭС народнохозяйственного назначения; промышленная аппаратура специального назначения. Рекомендовано также ввести входной контроль компонентов для ЭУ, используемых в научной аппаратуре.

УДК.621.382.3

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОТБРАКОВКИ МОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Н.Г. Чернобровин, М.Н. Пиганов
Самарский университет, г. Самара

Основной причиной отказов мощных транзисторов, имеющих дефекты омических контактов, границ р - п переходов, дефекты посадки в корпус, является тепловая неустойчивость токораспределения, обусловленная температурной зависимостью эмиттерного тока и наличием положительной термоэлектронной связи, приводящей к локальным перегревам, ускорению процессов деградации и, следовательно, к ускоренному ухудшению параметров и катастрофическим отказам типа обрывов и коротких замыканий.

В ряде работ [1, 2] показана возможность отбраковки склонных к "тепловому шнурованию" тока транзисторов путем контроля

квазистатических по температуре характеристик зависимости напряжения $U_{э-б}$ от напряжения на коллекторном переходе $U_{к-б}$, крутизна которых при однородном токораспределении пропорциональна тепловому сопротивлению переход-кристаллодержатель и скачком меняется при локализации тока.

Значение напряжения $U_{к-б}$, кр. в момент расслоения тока является информативным параметром для отбраковки транзисторов, обладающих вышеперечисленными дефектами.

Известен ряд аппаратных реализаций способа, в том числе устройство для отбраковки мощных транзисторов [3].

Однако измерение $U_{к-б}$, кр., особенно в автоматическом режиме, сопряжено с рядом трудностей. С одной стороны это малые значения перепадов напряжения $U_{э-б}$ ($10^{-1} - 10^{-2}$ мВ), служащих для формирования строб-импульса схемы измерения $U_{к-б}$, кр. в момент локализации тока, с другой-воздействие на схему измерения импульсных помех, шумов тракта измерения и самого транзистора.

Проведены сравнительный анализ и исследование алгоритмов обработки квазистатических по температуре перехода характеристик $U_{э-б}=f(U_{к-б})$, путем сглаживания, дифференцирования и корреляционной обработки.

Показана эффективность алгоритма корреляционной обработки первых производных характеристик $U_{э-б}=f(U_{к-б})$.

Предложено аппаратное решение, компенсирующее воздействие несинхронных помех и некоррелированных шумов, основными функциональными узлами которого являются генератор бинарных импульсов, аналоговый дифференциатор, линия задержки и аналоговый перемножитель. Альтернативным решением является программная реализация алгоритма дифференцирования и корреляционной обработки в управляющей ПЭВМ.

Предложенные решения могут быть использованы для повышения достоверности отбраковки потенциально ненадежных экземпляров при создании автоматизированных средств диагностики и отбраковки транзисторов.

Список использованных источников

1. Синкевич В. Ф. Физические основы обеспечения надежности мощных биполярных и полевых транзисторов// Электронная промышленность. 2003. №2. - С.232-244
- 2.Сергеев В.А. Контроль качества мощных транзисторов по теплофизическим параметрам. - Ульяновск: УлГТУ, 2000. - 253 с.
3. А.с. 1536987 СССР, А1 G01R31/26 Устройство для отбраковки мощных транзисторов [Текст] / Н.Г. Чернобровин, М.Н. Пиганов ,В.Д. Дмитриев и Е.А. Буренина (СССР). - № 4449304/21; опубл. 12.05.88. - 3 с.

УДК 621.396
РАЗРАБОТКА КОММУТАТОРА ПРИНИМАЕМЫХ СИГНАЛОВ

Д.И. Шашков, В.А. Маклашов
Самарский университет, г. Самара

Модуль коммутатора принимаемых сигналов (модуль КПС) предназначен для частотной селекции, усиления радиосигналов и переключения радиосигналов с входов модуля на выходы. Модуль выполняет функции переключения источника радиосигнала с двух входов с возможностью их суммирования в рабочем диапазоне частот на два выхода в соответствии с частотным распределением выходов.

Он работоспособен со следующими типами сигналов, подаваемыми на его входы: непрерывные и импульсные радиосигналы с любыми видами модуляции. Модуль обеспечивает развязку между входами в рабочем диапазоне частот в соответствии с частотным распределением не менее 50 дБ.

На всех входах модуля установлены фильтры верхних частот (ФВЧ) с КСВН не более 1,4 в полосе частот от FH-150 до FB-300, ограничивающие нижнюю рабочую частоту входов в соответствии с частотным распределением. Коэффициент передачи ФВЧ в рабочем диапазоне частот должен быть не менее минус 2 дБ, в полосе заграждения – не более минус 25 дБ. Модуль имеет возможность регулировки коэффициента передачи радиосигналов со входов на соответствующие выходы с шагом $0,5 \pm 0,5$ дБ.

Конструктивно модуль выполнен в корпусе рамочного типа на базе многослойной печатной платы. Навесные элементы и СВЧ линии передачи расположены на внешних сторонах многослойной печатной платы. Усилители, переключатели и фильтры находятся в отдельном отсеке. Они экранированы сетками с поглотителем.

Корпус выполнен фрезерованием из материала Д16. Расстояние от поверхности платы до крышки составляет 5 мм. Он обеспечивает электрогерметичность модуля и защиту от влаги, инея, росы, внутреннего обледенения, повышенного (пониженного) давления.

Проводники цепей питания и цепей управления расположены как на внутренних так и на внешних слоях платы. Все проводниковые слои разделены экранными поверхностями. Соединение СВЧ линии передачи на лицевой и обратной сторонах осуществляется через металлизированные отверстия. Внешние слои выполнены на плате из материала Rogers R4Q03 толщиной 0,2 мм.

Конструкция КПС обеспечивает заданный тепловой режим при температуре окружающей среды от минус 60 до +60 . Для этого использован технологический радиатор, обеспечивающий тепловой режим без принудительного обдува.

В.Р. Шнейдмиллер

Самарский университет, г. Самара

Одной из важных задач в настоящее время является повышение надежности печатных плат. Это связано с тем, что печатные платы применяются практически во всех отраслях народного хозяйства, и потребность в них постоянно возрастает. Вместе с потребностью, растут и технологии, плотность компоновки, степень надежности и др. В связи с этим в 2009 году появился ГОСТ Р 53429 – 2009 классов печатных плат, который включил в себя два новых класса точности: 6 и 7.

Как правило, у типовых техпроцессов присутствует «Визуальный контроль печатной платы» и производится он выборочно из готовой партии. Вследствие чего, некоторые дефекты могут быть не обнаружены работником, а платы, которые не попали в проверочную группу, и вовсе могут оказаться нерабочими.

Для исследования были взяты печатные платы от «Wi-Fi» адаптера фирмы «D-Link», печатная плата простейшего мобильного зарядного устройства и печатная плата телефона-слайдера фирмы «Samsung».

«D-Link». Класс точности у печатной платы – 5. Минимальная ширина проводника 0,1мм, так же как и величина гарантийного пояса. Все края печатной платы имеют заусенцы, что говорит о плохой (грубой) механической обработке. Помимо этого некоторые элементы расположены с визуальным смещением. Также очень отчетливо видно потрескавшийся защитный лак. Наблюдаются «Инородные включения», и, судя по характерным бликам, они находятся под защитным покрытием. Плюс ко всему, одна из инородных частиц лежит перпендикулярно проводящим дорожкам, прилегая к обеим. Присутствует плохая смачиваемость, некачественное совмещение отверстий и др.

Печатная плата зарядного устройства грубее и проще. Класс точности – 2. Из заметных дефектов - скол на углу. Присутствуют допустимое уменьшение минимальной ширины проводника из-за отдельных дефектов (шероховатостей, выбоин, царапин и т.д.), не превышающее 20% минимальной ширины, а суммарная длина дефектов не превышает 10% длины проводника или 13 мм. Допустимо для классов 2, 3.

Печатная плата телефона имеет класс точности – 7. Дефекты - незначительные смещения элементов, инородные вкрапления, заусенцы на краях печатной платы.

Таким образом, дефекты были обнаружены на каждой печатной плате. Есть смысл внести операцию автоматического контроля на выходе печатной платы и её сборки, что принесет плоды предприятию. Это

можно осуществить с усовершенствованной системой автоматического контроля АОI. Если изменить алгоритм нахождения дефектов АОI и программу предварительной обработки и подготовки изображения к сравнению с эталоном, можно добиться дополнительных проверок изоляционного материала.



Рисунок 1 - Предлагаемый алгоритм нахождения дефектов с помощью АОI

Таким образом, можно будет избежать выхода негодных плат к реализации и сэкономить денежные средства путем отказа от дополнительных рабочих визуального контроля и в перспективе на репутации надежной фирмы.

Список использованных источников

1. Ковалев В.Г., Мешков С.А., Ковалев А.А. – Дефекты элементов топологии в производстве печатных плат, Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007.
2. ГОСТ Р 53429-2009. ПЛАТЫ ПЕЧАТНЫЕ Основные параметры конструкции, Москва: Стандартинформ, 2010.

УДК 629.7.08

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ РАДИОКОМПАСА АРК-15

А.Н. Нурматов
Самарский университет, г. Самара

Автоматический радиокompас АРК-15 эксплуатируется на воздушных судах Ил-76, Ту-134, Ту-154, Як-18Т, Як-52. Исправная работа радиокompаса необходима для корректного решения задач навигации и

обеспечения безопасности полётов. Следует отметить, что радиокompас АРК-15 является сложной технической системой, что предъявляет высокие требования к средствам и методам его контроля, диагностики и ремонту.

Таким образом, актуальным является проведение анализа технологического процесса технического обслуживания радиокompаса АРК-15 и постановка задачи совершенствования этого процесса.

АРК-15 предназначен для навигации летательных аппаратов по сигналам наземных радиостанций путём непрерывного измерения их курсовых углов. Пеленгование в АРК осуществляется по минимуму приемного сигнала.

Система пеленгования радиокompаса, состоит из двух взаимно перпендикулярных обмоток и гониометра. Гониометр представляет собой устройство, имеющее две взаимно перпендикулярные неподвижные полевые катушки и одну подвижную искательную катушку, размещенную в пространстве между полевыми катушками. Каждая из неподвижных катушек гониометра соединена с одной обмоткой рамочной антенны, а подвижная катушка с входом усилителя рамки. На искательной (подвижной) катушке наводится ЭДС, зависящая от ориентации искательной катушки в поле неподвижных катушек гониометра. Сигнал с подвижной катушки гониометра, усиленный усилителем рамки, поступает на балансный модулятор, где модулируется частотой звукового генератора. Балансно-модулированный сигнал поступает на контур сложения (КС), куда также поступает, через антенно-согласующее устройство, сигнал с ненаправленной антенны. В результате взаимодействия двух сигналов на выходе КС мы получаем амплитудно-модулированный сигнал, у которого коэффициент амплитудной модуляции зависит от направления приема.

Техническое обслуживание радиокompаса осуществляется с использованием прибора ИРК (Е-016). При обслуживании радиокompаса контролируют чувствительность и предельную чувствительность системы, а также точность пеленгования ориентиров.

К недостаткам существующего технологического процесса технического обслуживания АРК-15 следует отнести его достаточно продолжительное время и большую трудоёмкость, связанную со значительным набором ручных операций.

Возможным способом устранения указанных проблем является разработка и дальнейшее использование автоматизированного аппаратно-программного комплекса контроля радиокompаса, который позволит сократить время обслуживания системы и снизить влияние человеческого фактора на объективность результатов контроля.

Список использованных источников

1. Автоматические радиокompасы вертолётов. Порядок списания и устранения радиодевиационной ошибки: учебно-методическое пособие /

УДК 54.052::53.097+54.061:539.25

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ВЫРАВНИВАНИЕ МАЛЕИМИД-ФУНКЦИОналиЗИРОВАННЫХ УНТ

В.С. Павельев, М. В. Горшков, А. С. Москаленко
Самарский университет, г. Самара

Углеродные нанотрубки (УНТ) имеют хорошие перспективы в будущем стать основой для производства гибких проводящих материалов и электрохимических сенсоров. Это возможно благодаря тому, что функционализированные УНТ можно полимеризовать, сохраняя при этом высокую чувствительность и проводимость [1].

В данной работе была использована авторская методика функционализации УНТ малеимидом, протекающей по механизму 1,3 – дипольного циклоприсоединения [2-3]. Функционализированные малеимидом УНТ, помимо того, что обладают всеми свойствами имидов, имеют лучшую растворимость в воде, чем чистые УНТ, а также высокую способность к полимеризации [4].

Для приготовления модифицированных УНТ использовались малеимид, параформальдегид и метанол с последующей ультразвуковой обработкой и фильтрацией. На рис. 1 представлены графики пропускания чистых и функционализированных УНТ в ИК-диапазоне, на которых можно увидеть присутствие –ОН, –С-N и –С=O групп.

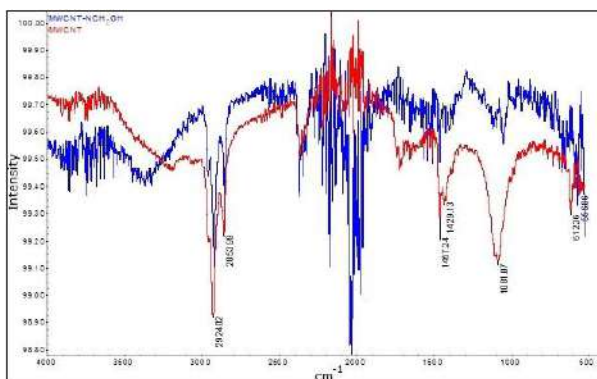


Рисунок 1- ИК-спектр многостенных УНТ (верхняя кривая) и многостенных УНТ, модифицированных малеимидом (нижняя кривая)

Для дальнейшего исследования растворы УНТ с различными концентрациями в присутствии переменного электрического поля наносились на гребенчатые электроды с расстоянием между гребенками в 5 и 10 мкм.

Наибольшая выравненность УНТ наблюдалась при частоте 1.9 МГц и амплитуде 15Vp-p. При понижении амплитуды до 2Vp-p процесс осаждения УНТ замедлялся или вовсе прекращался. При амплитуде поля выше 17Vp-p преобладает образование неструктурированных агломератов. Изменения параметров частоты оказывают влияние только в пределах значения амплитуды 10-15Vp-p.

Было исследовано влияние концентрации на степень выстраивания УНТ. Так, при концентрации 0.05г/л УНТ не выстраивались, а при 0.1г/л образовывались единичные цепочки УНТ (рис. 2а). В случаях, когда концентрации были больше (порядка 0.25 - 0.5 г/л), УНТ начинали полимеризоваться и образовывать ветвистые структуры за счет –N-H групп на поверхности УНТ (рис 2б).

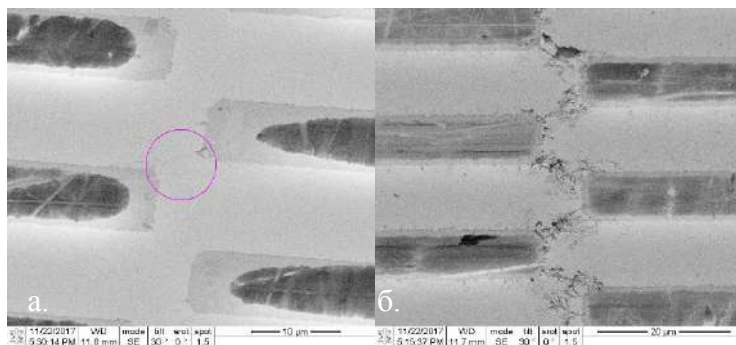


Рисунок 2 - Электронные снимки электродов с нанесенными нанотрубками с концентрациями: а. 0.05 г/л; б. 0.5 г/л

Список использованных источников

1. В. Ruelle, C. Bittencourt and P. Dubois - Surface treatment of carbon nanotubes via plasma technology // Woodhead Publishing Limited, 2011 p. 25-54
2. M. Hammouri, Sanjiv K. Jha - First-Principles Study of Graphene and Carbon Nanotubes Functionalized with Benzene / The Journal of Physical Chemistry C · July 2015
3. Qun Wang, Meng-hao Wang - Combined effects of dopants and electric field on interactions of dopamine with graphene / Chemical Physics Letters 685 (2017) 385–394
4. Sergio R. Rojstaczer, Jerold C. Rosenfeld - Dispensable resin paste / European patent application No.: 98118942.6

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РОСТА ТОНКИХ ПРОВОДЯЩИХ ПЛЕНОК

Е. Пантелей, А.В. Архипов
Самарский университет, г. Самара

Тонкие металлические пленки используются в интегральной оптике, микроэлектронных изделиях, технике высокого вакуума [1]. Свойства таких пленок зависят от микроструктуры пленки. В случае металлических тонких пленок следует принимать во внимание электронные свойства, такие как подвижность носителей зарядов, электродиффузионная надежность, снижение удельного сопротивления. Высокая плотность упаковки микроэлектронных изделий, как следствие уменьшение геометрических параметров металлических проводников, выполненных тонкопленочной технологией, приводит в существенному увеличению плотности тока. Высокая плотность тока приводит к отказам, одной из важнейших причин которых является электродиффузия [2]. При микроскопическом рассмотрении все границы зерен пленок представляют из себя локальные дефекты пленки. В случае небольших плотностей тока, они не опасны для надежности готовых устройств. В реальных же ситуациях, границы зерен являются распространенной причиной отказов вследствие электродиффузии. Активация электродиффузии происходит за счет сильного разогрева пленки в местах локальных дефектов и наличия ускоренных путей переноса массы, которыми и являются по своей сути границы зерен.

На данный момент размеры проводящих пленок в поперечном сечении составляют оценочно от 50 нм до 100 микрометров [3], толщина тонких пленок составляет не более 0,5 мкм [4]. При массовой технологии можно создавать островки размером порядка единиц - десятков нанометров. Экспериментально, в единичном исполнении получалось достичь диаметра островков в 450 нм.

Достичь желаемого результата, можно 1) уменьшением ширины проводников; 2) увеличением размера зерен. Работы в области уменьшения размера проводников ведутся, но разработчики сталкиваются с технологическими и физическими ограничениями. В нашей работе внимание уделяется именно увеличению размера зерен. Для увеличения размера зерен могут использоваться различные воздействия, такие как ионная бомбардировка подложки, электронная бомбардировка, создание энергетического микрорельефа и различного рода температурные воздействия.

Целью работы было методом компьютерного моделирования, воспроизвести процесс роста тонкой металлической пленки при локальном изменении энергии связи различных участков подложки.

За основы моделирования были взяты механизм роста Фольмера-Вебера, физические основы неориентированного роста пленок, разработанные Гиваргизовым [5] и модель роста, разработанная Архиповым А.В. Использовались языки программирования Python и Java. Моделирование проводили методом вероятностных клеточных автоматов. За элементарный объект моделирования (клетку) принималось вакантное место. В работе были рассмотрены элементарные процессы роста пленки: адсорбция, десорбция, диффузия, миграция, зародышеобразование, коалесценции. Намеренным образом на подложке создавались различные тепловые «узоры», представляющие из себя области с разной температурой подложки. Генератором случайных чисел определяли вероятность свершения вероятностных событий.

В результате получена рабочая модель, которую можно использовать для подбора параметров роста тонких металлических пленок с увеличенным размером зерен.

Список использованных источников

1. Майссел, Л. Технология тонких пленок: справочник/Л. Майссел, Р. Глэнг. – Т.1 - М.: Советское радио, 1977. – 664 с.
2. Архипов, А.В. Электродиффузионная надежность тонкопленочных проводников на основе эпитаксиальной пленки алюминия: дисс. канд. тех. Наук: 05.27.01/ Архипов Алексей Владимирович. – СПб.:1996. – 128 с.
3. Валиев, К.А. Моделирование разрушения и долговечности тонкопленочных металлических проводников интегральных микросхем/К.А. Валиев, Р.В. Гольдштейн, Ю.В. Житников// Физическая мезомеханика. – 2008. – .11. Вып.2. С.57-88.
4. Mori, T. Fabrication of silver thin film for single-crystalline nanopillar: effects of thickness and grain size/T. Mori, Y. Tanaka, Y. Suzuki, K. Yamaguchi1/Appl. Phys. A. – 2015. –P.1359-1363.
5. Givargizov, E.I. Oriented crystallization on amorphous substrates/ E. I. Givargizov//Plenum Press, 1991. –p.377

ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА В РАДИОЭЛЕКТРОНИКЕ. БИМЕДИЦИНСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

УДК 681.785

ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ФЛУОРИМЕТР С ИМПУЛЬСНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ОФТАЛЬМОЛОГИИ

В.Н. Гришанов¹, П.А. Лебедев², И.В. Малов², Е.С. Пшеницына²,
К.В. Черепанов¹

¹Самарский университет, г. Самара,

²Самарский государственный медицинский университет, г. Самара

Разработан диагностический флуориметр с импульсным режимом работы двух светодиодов для оценки *in vivo* содержания конечных продуктов гликирования (КПГ) в коже по их автофлуоресценции (АФ). Для возбуждения флуоресценции используется светодиод с пиковой длиной волны 365 нм. Зелёный светодиод с пиковой длиной волны 530 нм и дополнительный фотоприёмный канал предназначены для учёта фототипа кожи пациента. Аналоговая электроника флуориметра включает два фотоприёмных канала на кремниевых фотодиодах.

Особенностью канала регистрации флуоресцентного излучения является наличие системы активного шумоподавления, в которой реализован метод частотной фильтрации. Поскольку флуориметр представляет собой замкнутую измерительную систему, содержащую в своем составе источник опорного импульсного сигнала, то в качестве частотно-селективного элемента использован ключевой синхронный детектор. Принятые схемотехнические решения помехоподавления позволили снизить влияние засветок солнечным светом и лампами освещения в цифровом сигнале на выходе 10-разрядного АЦП до уровня менее одного разряда в обоих каналах. Калибровка прибора по модели абсолютно черного тела и фторопласту показала, что нестабильность оптико-электронной системы флуориметра, которую можно принять за его инструментальную его погрешность, не превышает 2 разрядов АЦП. Цифровая часть флуориметра построена на платформе Ардуино. Программное обеспечение управляет режимами работы флуориметра, обеспечивает проведение количественной обработки результатов, визуализирует и сохраняет диагностические данные.

Испытания флуориметра путём измерений интенсивностей флуоресценции и упругого рассеяния с внутренней стороны предплечья приблизительно одного и того же участка кожи руки на практически здоровых добровольцах показала, что основной вклад в погрешность измерений вносит индивидуальная вариабельность показаний, достигающая 19%. Возможными причинами вариабельности являются неконтролируемые изменения в условиях проведения измерений: кровенаполнение, механическая компрессия кожной ткани, эндогенный меланин.

По результатам испытаний на 58 добровольцах было показано, что диагностический параметр, равный отношению интенсивности автофлуоресценции к произведению интенсивностей упругого рассеяния излучений ультрафиолетового и зелёного светодиодов в 1,5 раза более устойчив по отношению к содержанию в коже эндогенного меланина по сравнению с отношением интенсивности автофлуоресценции к интенсивности упруго рассеянного ультрафиолетового излучения.

Разработанный флуориметр нашёл оригинальное применение в офтальмологии в качестве прибора, позволяющего дифференцировать содержание КПП в коже пациентов с такими заболеваниями глаз, как катаракта и возрастная макулярная дегенерация (ВМД).

Изучение данных патологий очень актуально на сегодняшний день, так как ВМД и катаракта являются ведущими причинами снижения зрения среди людей в возрасте 65 лет и старше в развитых странах, а затраты на их реабилитацию составляют значительную сумму бюджета здравоохранения ежегодно [1]. Статистически доказано на 42 пациентах Самарской областной клинической больницы им. В.Д. Середавина, что ВМД сопровождается избыточным по сравнению с практически здоровыми людьми и больными катарактой накоплением КПП в коже пациентов, сопровождающимся повышенной автофлуоресценцией кожи. Учитывая, что влажная форма ВМД и катаракта являются ведущими причинами слепоты, ассоциированной со старением, можно прогнозировать, что флуоресцентный метод диагностики имеет перспективу как скрининговый, результаты которого могут увеличить предсказующую ценность подхода, основанного на оценке факторов риска ВМД.

Работа была выполнена при поддержке гранта РФФИ р_а № 17-42-630907.

Список использованных источников

1. Будзинская, М.В. Современные подходы к лечению и профилактике возрастной макулярной дегенерации [Текст] / М.В. Будзинская, М.В. Воробьева, Т.Н. Киселева, Ю.М. Лагутина, Г.С. Полунин // Клиническая офтальмология. – 2007. – Т. 8. – № 2. – С. 78 – 82.

ОЦЕНКА СХОДИМОСТИ И ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ ПРОЦЕССА НЕИНВАЗИВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ГЕМОГЛОБИНА

А.Е. Коновалова, М.В. Комарова
Самарский университет, г. Самара

Для правильной диагностики заболеваний определяют значения, характерные для различных физиологических показателей. На кафедре лазерных и биотехнических систем Самарского университета был разработан прибор для неинвазивной оценки содержания гемоглобина в крови. Для достижения достаточной точности показаний прибора важно знать, насколько хорошо они воспроизводятся, а также определять величины и источники физиологических погрешностей измерений.

Цель работы: определение воспроизводимости неинвазивного процесса оценки концентрации гемоглобина и степени различий показаний, полученных на разных пальцах испытуемых.

Материалы и методы исследования: в исследовании участвовали 21 человек, показания снимались у всех с одной и той же руки (правой), пальцы проходились последовательно в одном и том же порядке – от большого к мизинцу. Эти проходы выполнялись 3 раза, так что от каждого человека был получен набор из 15 значений гемоглобина. Процесс измерения на каждом пальце занимал 2 минуты. Для обработки результатов использовался однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA), выполнявшийся с применением статистического пакета SPSS. Дополнительные вычисления производились в программе Microsoft Excel. В рамках анализа выполнялся расчет коэффициента вариации (CV). Согласно [1, 2], воспроизводимость можно охарактеризовать с помощью коэффициента вариации, рассчитанного для результатов измерений. Коэффициент вариации определяется как отношение среднеквадратического отклонения (СКО) к среднему арифметическому, выраженное в процентах. В этой работе СКО определялось как корень из суммы квадратов внутригрупповых отклонений, получаемый из ANOVA. Согласно источникам [1, 2] рассчитанные показатели CV для случаев внутрииндивидуальной вариации сравнивались с рекомендованным для $n = 20$ значением $CV_{20} = 4\%$. При превышении указанного значения требовалось определить причины этого явления и указать, как устранить источники больших погрешностей.

Результаты исследования: измерения уровня гемоглобина, проведенные на разных пальцах, оказались статистически неразличимы, хотя на большом пальце и мизинце выявлены большие дисперсии. Так как выбор групп для проведения ANOVA осуществлялся тремя различными способами, то после расчетов были получены разные значения для

коэффициента вариации (от 19 до 22 %). Однако во всех рассмотренных случаях значения коэффициента вариации оказались больше значения $CV_{20} = 4\%$. Причиной этого явления стали выбросы, приводившие к неверным значениям уровня гемоглобина.

Справиться с выбросами поможет создание типового набора датчиков: для более крупных пальцев будут использоваться датчики побольше, для более мелких – поменьше. Кроме того, нужно заранее оповещать испытуемых о том, чтобы они во время эксперимента оставались неподвижными, поскольку справиться с двигательными помехами бывает непросто. Также стоит расширить диапазон измеряемых значений для более точного выявления заболеваний. В дальнейшем верному измерению уровня Hb поможет сопоставление показаний от прибора и результатов, получаемых более точными (инвазивными) методами.

Список использованных источников.

1 ГОСТ Р 53133.1-2008. Технологии лабораторные клинические. Контроль качества клинических лабораторных исследований. Часть 1. Пределы допускаемых погрешностей результатов измерения аналитов в клинико-диагностических лабораториях [Текст] – Введ. 2010-01-01. – М.: Стандартинформ, 2009. – 27 с.

2 Приказ Минздрава РФ от 26.05.2003 N 220 «Об утверждении отраслевого стандарта «Правила проведения внутрилабораторного контроля качества количественных методов клинических лабораторных исследований с использованием контрольных материалов»// <https://www.webapteka.ru>

УДК 535.3

ОЧКИ ДЛЯ КОРРЕКТИРОВКИ ЗРЕНИЯ ПРИ ЧАСТИЧНОМ ПОРАЖЕНИИ СЕТЧАТКИ ГЛАЗА

Б.В. Скворцов, А.А. Косарева, П.А. Живоносновский
Самарский университет, г. Самара

Существуют болезни глаз, связанные с частичным поражением сетчатки, при которых зрительные нервы теряют чувствительность в определённых полях зрения. Особенно неприятна потеря зрения на направлениях, близких к оптической оси глаза, когда пациент не видит прямо перед собой, обладая при этом периферийным зрением. К таким болезням относятся глаукома, макулярная и центральная дегенерация, разрыв сетчатки. Лечение данных заболеваний консервативными и хирургическими методами далеко не всегда приводит к положительным результатам. В статье рассматривается возможность частично восстановить

зрение оптико-механическим способом путём транспортировки изображения на здоровые участки поражённой сетчатки. Реализация такой процедуры иллюстрируется рисунком 1, где изображено устройство специальных очков, включающих в себя оправу 1, состоящую из двух соответствующих каждому глазу втулок 2, в каждой из которых посредством узлов 3 вращательного скольжения установлена поворотная рама 4, ось вращения которой совпадает с главной оптической осью 5 глаза.

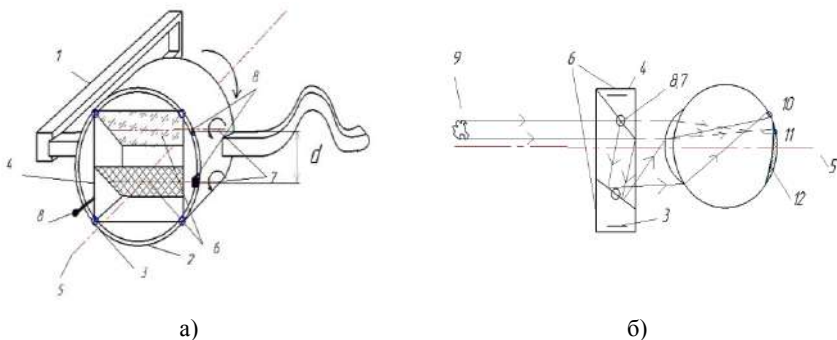


Рисунок 1- Очки для корректировки зрения при частичном поражении сетчатки глаза

В раме 4 установлены зеркала 6, закрепленные на осях 7 вращения, перпендикулярных главной оптической оси 5 и разнесенных на определенное расстояние d . На раме 4 и на осях крепления зеркал 6 установлены поворотные головки 8.

Принцип транспортировки изображения в одной плоскости поясняется рисунком 1б, где показан поражённый участок 12 сетчатки. В случае отсутствия корректирующего устройства изображение объекта 9, находящегося перед пациентом, проецируется на поражённый участок 12 сетчатки (распространение лучей показано штриховой линией) и дает изображение 11. При этом пациент не видит объект 9. При использовании разработанного устройства, лучи, отражаясь от зеркал 6, дают на здоровом участке сетчатки изображение 10, что позволяет пациенту видеть объект (распространение лучей показано сплошной линией). Регулируя углы поворота зеркал посредством поворотных головок 8, добиваются проецирования изображения на здоровые участки сетчатки в двух плоскостях по всему объёму глаза.

За счет регулирования угла поворота зеркал 6 получаем возможность транспортировать изображение по всей поверхности сетчатки. В перспективе врач, зная поле зрения пациента, полученное в результате

клинических исследований, может предварительно выставлять углы поворота зеркал посредством поворотных головок 8 и поворотной рамы 4 так, чтобы изображение из пораженного участка 12 сетчатки транспонировалось в здоровую. Это позволяет пациенту восстановить зрение на актуальных направлениях, близких к центру оптической оси. Конструкционная реализация предложенного устройства возможна на основе современной элементной базы и требует тщательной конструкторской проработки, основанной как на законах геометрической, так и волновой оптики, учётом параметров глаза, как оптической системы [2].

Список использованных источников

4. Пат. РФ № 2272236 Перископ от 20.03.2006, Бюл. № 8
5. Заказнов Н.П. Кирюшин С.И., Кузичев В.И. Теория оптических систем. СПб., 2008, 448 с.

УДК 621.3

СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ И УПРАВЛЕНИЯ БИОМОДУЛЯ НАНОСПУТНИКА

А. А. Владимирова, Д. В. Корнилин
Самарский университет, г. Самара

Микроорганизмы - это мельчайшие, преимущественно одноклеточные живые организмы растительного и животного происхождения, невидимые вооруженным глазом. Размер микроорганизмов измеряется в микрометрах - мкм (1/1000 мм) и нанометрах - нм (1/1000 мкм). Они играют важнейшую роль в круговороте различных веществ во многих процессах, происходящих на Земле.[1] Особый интерес представляет их жизнедеятельность в условиях космического полета.

Во-первых, факторы космического полета могут вызвать мутации микроорганизмов, которые могут паразитировать как на человеке, так и на материалах космических станций, что несет большую опасность для всего экипажа корабля. Во-вторых, мутации микроорганизмов, возникшие в среде, отличной от земной, могут использоваться для синтеза лекарственных средств. В-третьих, для длительных полетов необходимо создание замкнутой системы на основе биологического круговорота веществ в силу того, что у экипажа пилотируемого корабля не будет возможности принимать расходуемые вещества с Земли. [2]

Таким образом, изучение характеристик метаболизма, жизненного цикла, поведения и реакции на экстремальные показатели факторов среды

микроорганизмов в условиях космического полета является актуальной на сегодняшний день задачей.

Биомодуль должен помещаться в систему размером 3U, которая состоит из герметичного корпуса, камеры биологического объекта и системы управления и контроля. Предполагаемая масса в загруженном состоянии – не более 3,5 кг, предполагаемый срок активного существования – не менее 180 суток.

В данной работе была проведена разработка системы сбора данных и управления биомодулем наноспутника (разработана структурная, а также принципиальная схемы), в котором будут находиться микроорганизмы одной или нескольких популяций. Объем ячейки для микроорганизмов составляет 3 см³. Отслеживание хода эксперимента будет происходить с помощью микроконтроллера, на который возлагаются следующие задачи: опрос матричного фотоприемника, сохранение данных на Flash MMC/SD карту, опрос и сохранение данных для 8 аналоговых каналов съема информации с датчиков (O₂, CO₂, датчик влажности), а также цифрового датчика температуры, выработка до 4 каналов ШИМ для термостабилизации, управление четырьмя драйверами светодиодов подсветки объекта наблюдения, управление 8 линиями общего назначения для коммутации различных нагрузок. Структурная схема системы сбора данных и управления биомодуля наноспутника представлена на рисунке 1.

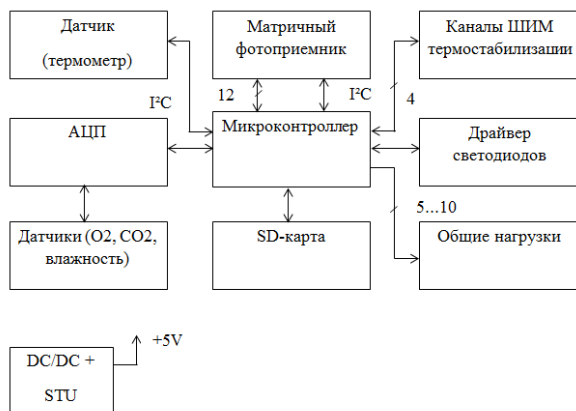


Рисунок 1 – Структурная схема системы сбора данных и управления биомодуля наноспутника

Была проведена разработка программного кода для работы с АЦП и картой памяти с использованием отладочной платы ADSP-BF506F EZ-KIT Lite, в результате чего аналоговый сигнал, имитирующий сигнал с датчика, был записан на SD-карту, а также считан с нее.

Список использованных источников

1. Беляев, С.А. Микробиология: Учебное пособие / С.А. Беляев. - СПб.: Лань П, 2016. - 496 с..
2. Координационный научно-технический совет по программам НПИ на ПКК [Электронный ресурс]/ Режим доступа: http://knts.tsnimash.ru/ru/site/Experiment_q.aspx?idE=73.

УДК 616-71

УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ ОПТОВОЛОКОННЫМ ПРОБНИКОМ ДЛЯ ОПТИЧЕСКОГО КОГЕРЕНТНОГО ТОМОГРАФА

Е.Ю. Старостина, Д. В. Корнилин.
Самарский университет, г. Самара

Одним из эффективных методов диагностирования рака является оптическая когерентная томография (ОКТ), позволяющая выполнять практически те же задачи, что и гистология, но неинвазивно. ОКТ позволяет исследовать ткань до глубины 2 мм и имеет аксиальное разрешение до 3 мкм [1]. Для уменьшения габаритов прибора, возможности проведения эндоскопического анализа необходим оптоволоконный пробник и соответствующее устройство сканирования, которое целесообразно выполнить на основе микроконтроллера. Одной из актуальных задач является повышение точности и частоты сканирования. Для управления оптоволоконным пробником с помощью МК необходимо использовать усилитель [2], схема которого изображена на рисунке 1.

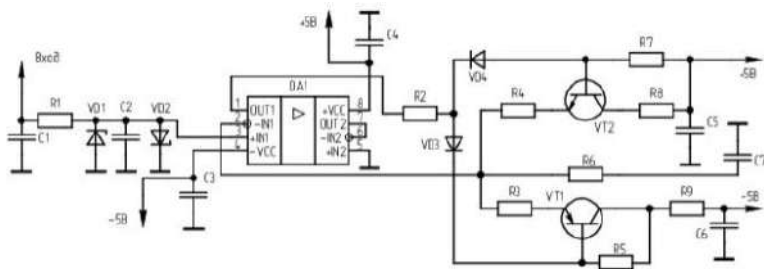
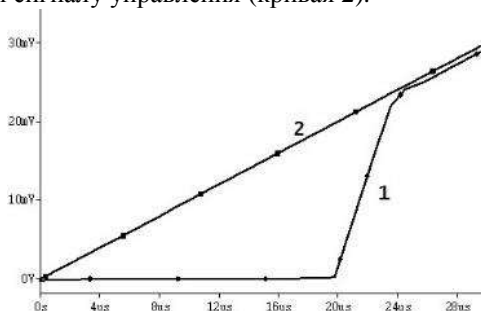


Рисунок 1- Усилитель для согласования пробника с нагрузкой

Сканирование осуществляется пилообразным сигналом. Как видно из рисунка 2, выходной сигнал усилителя при переходе из области отрицательных значений напряжений в положительную воспроизводится с искажением в виде ступеньки длительностью 25мкс и с амплитудой 24 мВ

(кривая 1). Это искажение приводит к неравномерности сканирования. Его можно исключить, используя диоды VD3 и VD4. На выходе получаем сигнал, идентичный сигналу управления (кривая 2).



1- без использования диодов, 2-с диодами
Рисунок 2-Сигналы на выходе усилителя

Устройство управления оптоволоконным пробником состоит из усилителя (рисунок 1) и схемы на МК, изображенной на рисунке 3. Данные об амплитуде и частоте сканирования устанавливаются с компьютера по интерфейсу USB. МК осуществляет взаимодействие с компьютером и управление устройством, формирует выборки по заданным амплитуде и частоте, которые передаются в модуль ШИМ. Т.к. ШИМ в МК семейства CortexM0 имеет разрядность 32, это позволяет сканировать с большей точностью, чем у аналогов. ФНЧ отфильтровывает частоту ШИМ и синтезирует выходной пилообразный сигнал.

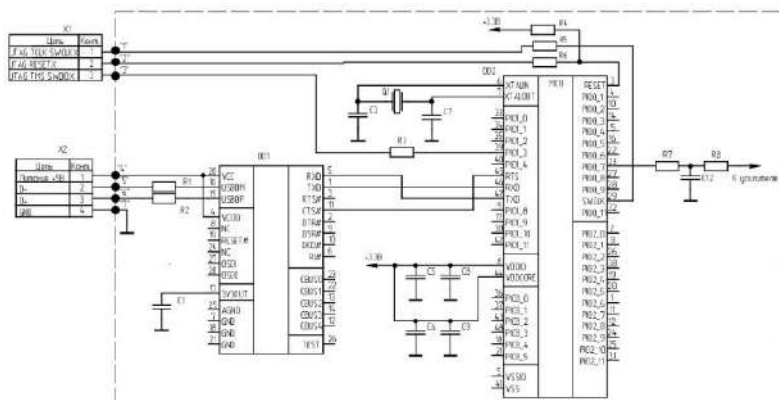


Рисунок 3- Принципиальная схема устройства управления оптоволоконным пробником

По результатам экспериментов на выходе устройства получается пилообразный сигнал размахом 3В и частотой до 1кГц, что позволяет управлять оптоволоконным пробником в задачах исследования новообразований.

Список использованных источников

1. Гуров, И.П. Оптическая когерентная томография: принципы, проблемы и перспективы [Текст] / И.П. Гуров // Проблемы когерентной и нелинейной оптики. -2004.-№3. - С. 6–30.

2. Титце У. Полупроводниковая схемотехника [Текст] / У. Титце, К. Шенк; перевод с нем. под ред. А. Г. Алексенко. -М: МИР, 1982. -512 с. - Перевод изд.: Halbleiter-Schaltungstechnik / Springer-Verlag. Berlin, 1980.

УДК 616-71

РЕАЛИЗАЦИЯ АНАЛОГОВОЙ ЧАСТИ ФЛЮОРИМЕТРА НА ОСНОВЕ МИКРОСХЕМЫ ANADIGM

К.А. Минина, Д. В. Корнилин
Самарский университет, г. Самара

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) - неспособность коронарных артерий обеспечить сердцу соответствующий его работе приток крови. Более серьезное повреждение сердечной мышцы - инфаркт миокарда (ИМ), который представляет собой омертвление, гибель тканей (в участках наибольшей ишемии).[1] ИМ диагностируют при условии элевации сегмента ST на электрокардиограмме минимум в двух последовательных отведениях и обозначают как инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST (ИМпST).[2] Интенсивность ИМпST ассоциируется с повышенным воспалением и окислительным стрессом, что способствует формированию конечных продуктов гликирования (КПГ). Автофлуоресценция кожи (АФ) имеет прямую зависимость от концентрации КПГ в коже.[3]

Этот факт может быть использован в медицине для оценки риска инфаркта у больного с ИБС. Измерение интенсивности АФ кожи является так же удобным диагностическим методом, так как он оперативен и не требует травмирующих процедур.

Авторами была разработана аналоговая часть флюориметра, которая представлена двумя программируемыми аналоговыми интегральными схемами (ПАИС) фирмы «Anadigm». ПАИС позволяют проводить тестирование и настройку комплексных аналоговых схем путем выбора, размещения и соединения стандартных элементов (с изменением необходимых параметров), а результаты возможно посмотреть с помощью встроенных средств моделирования.

Конфигурации ПАИС в САПР «AnadigmDesigner2» представлены на рисунках 1а) и 1б). Одна из ПАИС представляет собой генератор (рис. 1а), который синтезирует два периодических синусоидальных сигнала в противофазе с длиной в 96 шагов. Генератор используется для управления светодиодами: ультрафиолетовым для возбуждения АФ и красным, для нормировки на фототип кожи. Другая ПАИС состоит из двух (УФ и красный) приёмных каналов (рис 1б).

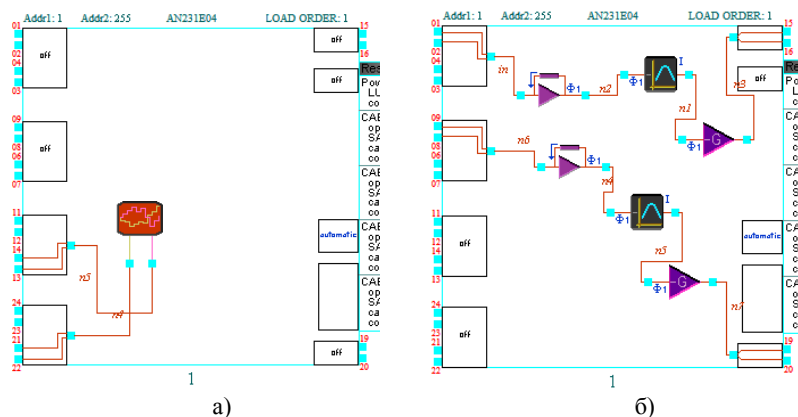


Рисунок 1 - Конфигурации ПАИС в САПР «AnadigmDesigner2»

В качестве измеряемого параметра используется отношение сигнала АФ к сигналу, полученному в результате рассеяния возбуждающего излучения. Каждый канал включает преобразователь тока с фотодиода в напряжение с последующей его фильтрацией (полосовой фильтр) и усилением около 1000 раз. По результатам экспериментов соотношение сигнал/шум на выходе канала флюоресценции получилось равным 10, что является достаточным для уверенного обнаружения и измерения уровня АФ.

Список использованных источников

1. Гитун Т. В. Инфаркт миокарда / Т. В. Гитун. – Научная книга, 2013. – 160с.
2. Третье универсальное определение инфаркта миокарда / Авторский коллектив при участии ESC/ACCF/АНА/WHF. // Российский кардиологический журнал. – 2013, - 2(100), приложение 1. – С.16
3. A.M.Mulder, D. J., van Haelst, P. L., Graaff, R. et al., "Skin autofluorescence is elevated in acute myocardial infarction and is associated with

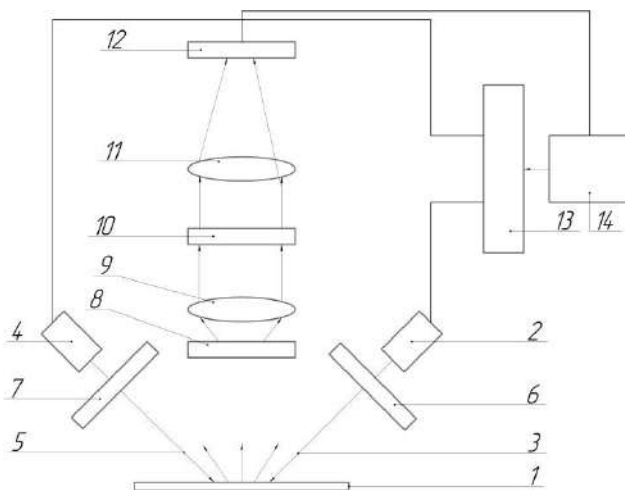
the one-year incidence of major adverse cardiac events," Netherlands Heart Journal 17(4), 162 – 168 (2009)

УДК 681.785

ПАНОРАМНЫЙ ФЛУОРИМЕТР

И.Р. Нигматулин, В.Н. Гришанов
Самарский университет, г. Самара

Работа посвящена приборной реализации метода люминесцентного анализа - флуориметру, который позволяет обнаруживать флуорофоры по возбуждаемому в них флуоресцентному излучению. На кафедре лазерных и биотехнических систем Самарского университета, разработаны несколько вариантов диагностических флуориметров [1], но они измеряют лишь интенсивность флуоресценции. Применение современной цветной камеры в качестве фотоприёмника (рис. 1) способно существенно повысить диагностические возможности флуориметра.



1 - предметное стекло; 2- источник возбуждения флуоресценции; 3 - УФ излучение; 4 - широкополосный источник белого света; 5 - широкополосное белое излучение; 6 - "очищающий" абсорбционный УФ фильтр; 7 - поляризатор 1; 8 - поляризатор 2; 9 - коллимирующая система; 10 - отрезающий интерференционный фильтр; 11 - фокусирующая система; 12 - матричный фотоприемник; 13 - отрезающий абсорбционный фильтр; 14 - блок управления; 15 - ПК

Рисунок 1 - Схема прибора для измерения аутофлуоресценции диагностируемого участка

Прибор имеет измерительный видеоканал, обладающий широким динамическим диапазоном, способный регистрировать уровень флуоресценции образцов различного типа. Спектроразделение и измерение геометрических размеров позволяет решать многопараметрические диагностические задачи. В представленной системе автофлуоресценция возбуждается мощным ультрафиолетовым светодиодом LEUVA77V20RV00 с пиковой длиной волны 365 нм. Картина флуоресценции регистрируется измерительной камерой TourCam350KPA. Дополнительной функцией прибора является возможность съемки образца в белом свете.

Данным прибором проведен флуоресцентный анализ в пленкообразующих оптических материалах, который позволил определить наличие и локализацию легирующих примесей на поверхности исследуемых образцов. Было показано, что флуоресценция халькогенидов цинка явилась следствием образования в их кристаллической структуре дефектов (центров люминесценции) в виде следов активатора. В качестве активатора выступила паразитная примесь меди со стенок тигля. Люминесценция смесевых препаратов в длинноволновой области видимого участка спектра явилась следствием физико-химических особенностей соединений типа $ZnS_{1-x}Se_x$ [2]. Эксперимент, проведенный с образцами стекла марки К8 из одной партии изготовления, показал существенное различие флуоресцентных свойств данного материала, что не отражается в технических условиях его производителя. Флуориметр позволил зарегистрировать интенсивность вынужденной эндогенной флуоресценции - автофлуоресценции биологических мягких тканей, в частности, кожи. Измерение автофлуоресценции кожи превращается в одно из перспективных методов неинвазивной (*in vivo*) диагностики в медицине. Параллельная с измерением автофлуоресценции фиксация изображения диагностируемого участка даёт дополнительную информацию для врача.

Работа была выполнена при поддержке гранта РФФИ р_а № 17 - 42-630907.

Список использованных источников

1. Kornilin, D.V. Portable fluorescence meter for medical applications [Электронный ресурс]. / D.V. Kornilin, V.N. Grishanov. - Proc. of SPIE Vol. 9887 98871N-1. - doi: 10.1117/12.2227392. – 7 p.

2. Пустоваров, В.А. Люминесценция и релаксационные процессы в диэлектриках. [Текст] / В.А. Пустоваров – Екатеринбург: УрФУ, 2015. – 110 с.

Научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ
И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ: МАТЕРИАЛЫ**

Материалы Всероссийской научно-технической конференции
15-17 мая 2018 г

Научный редактор А.И. Данилин

Редактор Л.К. Маркелова
Техн. редактор С.А. Данилин
Компьютерная верстка У.В. Бояркина

Подписано в печать 10.05.2018.
Бумага офсетная. Формат 60 X 84/16. Печать оперативная.
Усл. печ. л. 11,3. Тираж 100 экз. Заказ 451.

«Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва»
443086 Самара, Московское шоссе, 34

Издательство ООО «Офорт».
443011, г. Самара, ул. Потапова, 78В, оф. 102.
Тел.: 973-70-80, 973-70-55
e-mail: ofort-samara@mail.ru

Отпечатано в типографии ООО «Офорт»