

научно-практический журнал

№3 2015
март

ЭЛЕКТРОНИКА ИНФО

ШИРОКОПОЛОСНАЯ СВЧ-АНТЕННА бегущей волны

СВЧ-ПРИБОРЫ

E-mail: smt@ritak.com
Тел.: +375 17 281 36 57



**РИФТЭК
СМТ**
АВТОМАТИЧЕСКИЙ МОНТАЖ ПЕЧАТНЫХ ПЕЧАТ

ЧУП «РИФТЭК-СМТ»
Республика Беларусь,
220090, г. Минск,
Логойский тракт, 22
УНП 192241841

 **ANALOG
DEVICES**  **Hittite**
Honeywell SICK

 **ТУП «Альфашип ЛТД»**

Поставка электронных компонентов,
средств автоматизации, компонентов для
светодиодного освещения

220012, г. Минск, ул. Сурганова 5а, 1-й этаж
Тел./факс: +375 17 366 76 01, +375 17 366 76 16
факс: +375 17 366 78 15
www.alfa-chip.com
www.alfacomponent.com
УНП 191754457

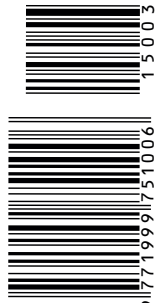
e-mail: info@radioapteka.by
тел./факс: (017) 268-43-34

РАДИОАПТЕКА
ОПЕКТИВНОЕ
КОМПОНОВАНИЕ



УНП 191128875
www.radioapteka.by

ISSN 1999-7515



9 177 1999 751006 15003

Amphenol

Amphenol – один из крупнейших мировых производителей соединительной продукции.

Amphenol производит соединители и соединительные системы для применения в областях: телекоммуникация, аэрокосмическая и военная электроника, автомобильный и железнодорожный транспорт, и другие отрасли промышленности.

В линейку продукции Amphenol входят цилиндрические разъемы, D-Sub разъемы, керамические, оптоволоконные, радиочастотные соединители, прямоугольные соединители, соединители с фильтрами, защищенные RJ разъемы для жестких условий эксплуатации, системы передачи данных для жестких условий применения.

Основные области применения: авионика, радары, средства связи, боеприпасы, ракеты, двигатели, наземные транспортные средства и танки, авиастроение.

Amphenol – это инновационные технологии, которые создают решения для самых требовательных клиентов и их приложений.



Axon Cable – мировой лидер по производству разъемов и кабельных узлов. Компания специализируется на разработке и производстве проводов, кабелей, терминированных жгутов, разъемов и комплексных систем для передовых технологий в области авиационной, космической и оборонной промышленности.

Прочные, надежные, оптимизированные и защищенные от ЭМИ, компактные и легкие – вот те качества кабелей, кабельных сборок и разъемов, предлагаемых Axon Cable для военного применения. Защита от электромагнитных помех (EMI) также является ключевым вопросом для электронной военной техники. Не только кабели, но и соединения должны быть защищены от электромагнитных помех, так как системы связи и навигации играют важную роль на поле боя.

Концерн TE Connectivity является ведущим технологическим лидером быстро растущего рынка электронных компонентов в мире: от автомобильной и аэрокосмической отрасли, широкополосной связи, бытовой энергетики, вплоть до тяжелой промышленности. Основной продукцией TE Connectivity являются пассивные электронные компоненты, включая разъемы и системы подключения, реле, переключатели, сенсорные экраны, датчики и фильтры.



Для аэрокосмической, оборонной промышленности компания TE поставяет широчайший спектр изделий, отличающихся высоким уровнем качества и высокой производительностью, малыми габаритами и весом.



Компания NICOMATIC основана в 1976 году. Сегодня компания является лидером на рынке металлических мембран для пленочных клавиатур, обладает уникальной технологией смешанных соединителей для военной, авиа и космической промышленности, обладает широким спектром решений для межплатных соединений.

Новый тип разъемов для соединения платы с гибким кабелем (card-to-flex) разработан на основе объединения технологий гибкого кабеля и разъемов серии CMM. Технология MICROFLEX™ экономически эффективнее многих других систем соединения, надежна и может быть использована в военной технике. Соединители для печатных плат включают в себя штыревые соединители с шагом 2-2,54 мм в один, два и три ряда, колодки для штыревых соединителей и DIP-корпусов, шунты и тестовые контакты.

Группа компаний Schlemmer – это всемирно известный производитель и разработчик систем защиты кабелей и кабельных жгутов, применяемых как в автомобильной, так и в других областях промышленности. Ассортимент продукции охватывает широкий спектр групп товаров, начиная от гофрированной трубы различных исполнений, гладких трубок и защитных трубок, разветвителей, адаптеров, заглушек, вплоть до индивидуальных решений по кабель-каналам. Кроме вышеперечисленного, компания Schlemmer выпускает хорошо известные разъемы, кабельные вводы в пластиковом и металлическом исполнении.



Компания Raychem с начала своего основания в 1957 году является лидером в технологии радиационной химии и материаловедении, что отражается в имени компании – название образовано от RAY CHEMistry – радиационная химия. С 1999 года и по настоящее время входит в состав концерна TE Connectivity.

Технологии, применяемые в радиационной химии в сочетании со знаниями материалов, которыми обладали создатели компании, позволили разработать новую продукцию, такую, как провода для специального применения и термоусаживаемые компоненты. Позднее, компания Raychem использовала эти базовые технологии для разработки другой продукции, в том числе инновационных устройств защиты цепей, которые автоматически восстанавливаются после устранения сбоев в цепи.

В СНГ компания Raychem известна как поставщик материалов для изоляции кабелей и жгутов, используемых в экстремальных условиях эксплуатации: в авиационной и космической технике, судостроении, транспорте, энергетике, медицинской технике. Продукция компании имеет соответствующие сертификаты для применения в каждой из этих областей, включая сертификаты: UL, MIL, SAE, Defense, DNV, Lloyd's Register и др.

Компания Deutsch имеет почти семидесятилетний опыт работы и зарекомендовала себя как высокотехнологичный производитель соединителей для жестких условий эксплуатации. В линейку поставки соединителей для специального применения входят цилиндрические и прямоугольные соединители в герметичном исполнении и с расширенным температурным диапазоном.



Компания DEUTSCH в 2012 году вошла в корпорацию TE Connectivity. Объединение двух лидеров в производстве электрических соединителей, клемм, клеммных блоков и электромонтажного инструмента позволило значительно увеличить перечень предлагаемой продукции и ее качество.



ESSENTRA

Essentra Components – торговая марка компании Moss Plastics Parts (Великобритания).

Ассортимент включает более 25 тысяч наименований: кабельная оснастка, различные промышленные комплектующие, фурнитура, фиксаторы и крепежные детали. Оснастка для проводов: кабельные стяжки, скобы, зажимы, хомуты для проводов, обмотки для жгутов, короба. Оснастка для прокладки волоконно-оптических систем: трубки для оптического волокна с ограничением радиуса изгиба, защитные приспособления, плоские распределительные коробки, защитные трубки, пылезащитные колпачки, заглушки и др.

Molex Incorporated – мировой лидер в производстве электронных, электромеханических и волоконно-оптических компонентов. Несомненные преимущества Molex – качество, конкурентоспособная цена, огромная номенклатура (более 100 тысяч наименований), возможность изготовления заказных изделий. Компания предлагает решения для эксплуатации в тяжелых условиях систем управления, связи, компьютерных систем, систем наблюдения и контроля, управления пусковыми установками ракет, наземных транспортных средств, беспилотных средств, систем управления воздушными судами и навигации. Все изделия компактны, высокого качества и соответствуют стандартам MIL. Кроме того, компания дополнила портфолио технологиями от FCT Electronics Group и предлагает ориентированные на конкретного клиента решения в авиакосмической и оборонной промышленности.



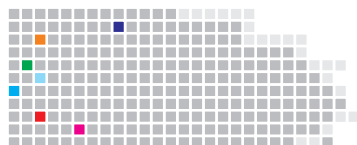
электронные компоненты

FEK

ЭЛЕКТРОННЫЕ
КОМПОНЕНТЫ

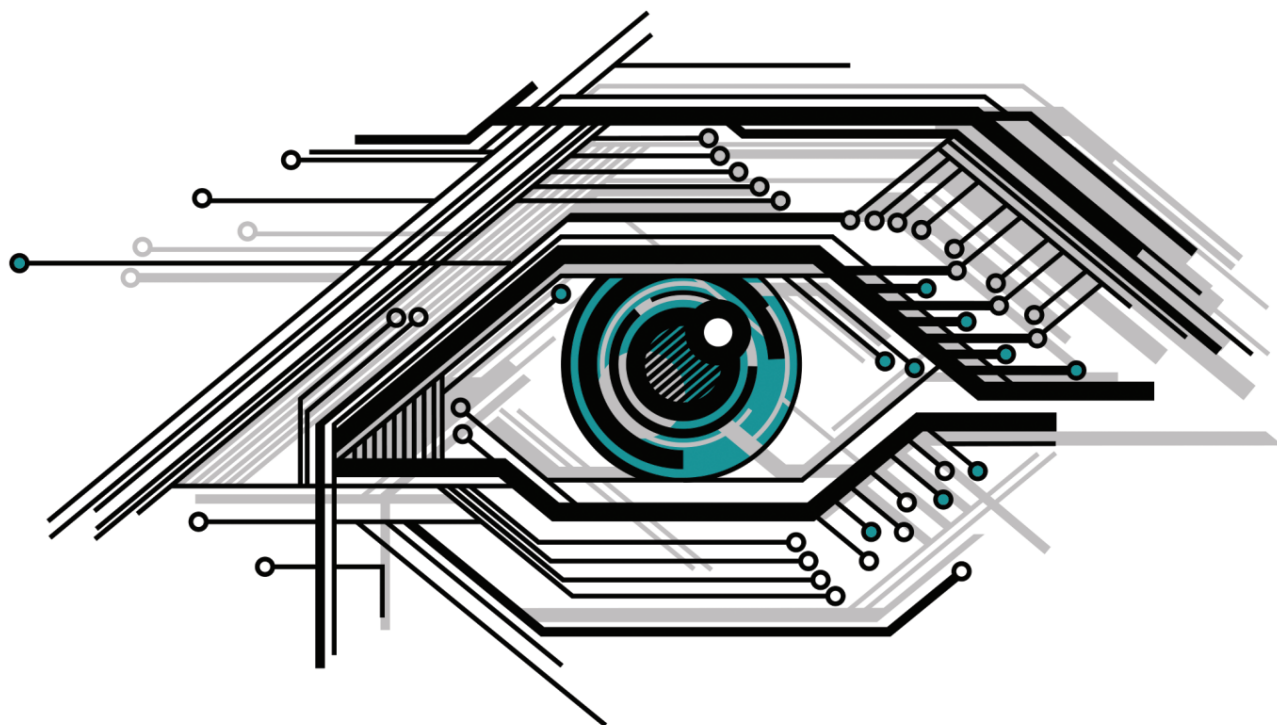


ДОВЕРИЕ КОМАНДА УСПЕХ



220015, РБ, г. Минск, пр-т Пушкина, 29 Б
тел./факс: +375 (17) 210-21-89, тел.: +375 (29) 370-90-92, тел.: +375 (29) 274-17-13
e-mail: info@fek.by, www.fek.by

УНП 100160307



- Светодиоды Cree и Philips Lumileds для систем освещения
- Сертифицированные GSM модули и модемы
- Электронные компоненты мировых производителей
- Помощь в проектировании систем освещения и передачи данных
- Производство электронных плат на современном оборудовании

г. Минск, ул. Плеханова, 72, офис 22
тел. +375 (17) 220 76 92
факс +375 (17) 248 88 12
chip@rainbow.by

www.rainbow.by
www.rtcs.ru
www.ibutton.ru
www.light.rtcs.ru
www.rnbo.ru



ЗАО «Финансово-аналитическое агентство «Эф энд Ка» –
эффективная и качественная бухгалтерская поддержка
ваших достижений

Используя в своей работе современные технологии, совершенные программные продукты, эффективное оборудование и труд высококвалифицированных специалистов, мы стремимся к высокому качественному уровню постановки и ведения бухгалтерского и управленческого учета на вашем предприятии.

Мы предлагаем вам услуги на основе аутсорсинга:

- ведение, постановка бухгалтерского и налогового учета;
- восстановление бухгалтерского учета;
- бухгалтерское обслуживание, сопровождение;
- налоговое планирование, оптимизация;
- управленческий учет;
- расчет зарплаты;
- предоставление статистической отчетности;
- разработка и внедрение иных внутренних нормативно-правовых документов.

У нас индивидуальный подход к каждому клиенту и стоимость услуг определяется исходя из следующих факторов деятельности:

- объема документооборота;
- системы налогообложения;
- видов деятельности;
- количества сотрудников.

Заключив с нами договор на услуги по бухгалтерскому обслуживанию предприятия, вы получаете возможность использования знаний и накопленного опыта специалистов высокого уровня, в котором и заключается преимущество аутсорсинга, а также сможете сэкономить собственные средства за счет:

- сокращения расходов на:
 - курсы и семинары, повышающие квалификацию специалистов финансовых, бухгалтерских и экономических служб;
 - подписку на специализированные журналы;
 - обслуживание различных справочно-правовых систем (Бизнес-Инфо, КонсультантПлюс);
- сокращения расходов на оборудование рабочих мест для специалистов финансово-экономических служб:
 - аренда офисного помещения и его обслуживание;
 - приобретение оргтехники (ПК, принтеры, сканеры, факсы) и техническое обслуживание;
 - приобретение специализированных компьютерных программ для ведения учета (1С:Бухгалтерия 8.2);
 - расходы по обслуживанию компьютерных сетей и офисного программного обеспечения;
 - приобретение канцтоваров.

Стоимость наших услуг в полном объеме учитывается в составе затрат и уменьшает налогооблагаемую прибыль вашего предприятия.

УНП 192263557

Контактная информация:

+375 (17) 388-44-71

Электронная почта: buh@afk-m.com

+375 (29) 661-41-47

220018, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Одоевского, 131-401

Рациональное проектирование

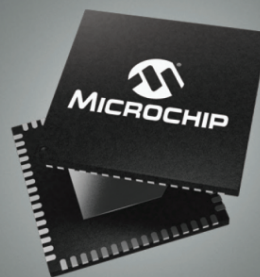
Начинается с интеллектуальных аналоговых модулей микроконтроллеров PIC®



Проектирование аналоговых схем довольно сложный процесс, отнимающий немало времени у разработчика. Интегрированные в МК PIC® аналоговые модули – ЦАП и операционные усилители – позволяют создать простой в использовании интерфейс, что облегчает проектирование аналоговых устройств. Решение на одном кристалле уменьшают электрические шумы в системе, а также сокращают время разработки и стоимость изделия.

Приложения.

- Датчики состояния окружающей среды.
- Портативное медицинское оборудование.
- Промышленное оборудование.
- Преобразование энергии.
- Эффективный электропривод.
- Управление освещением.
- Измерения и контроль параметров силовых устройств.
- Аккумуляция энергии.
- Управление инверторами солнечных панелей.



microchip
DIRECT
www.microchipdirect.com

 **MICROCHIP**

microchip.com/intelligentanalog

**ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ ПРИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКЕ
ФАКУЛЬТЕТА РАДИОФИЗИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БЕЛГОСУНИВЕРСИТЕТА.
ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН В СПИСОК НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ ВАК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

ЭЛЕКТРОНИКА
научно-технический журнал
ИНФО

**International magazine
of amateur and professional electronics**

№3 (117) март 2015

Зарегистрирован
Министерством информации
Республики Беларусь
Регистрационный №71
от 19 августа 2014 года

Главный редактор:
Асмоловская Ирина Михайловна
i.asmalouskaya@electronica.by

Редактор технический:
Бортник Ольга Викторовна

Редакционная коллегия:
Председатель:

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

Секретарь:

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

Члены редакционной коллегии:

Беляев Борис Илларионович, д.ф.-м.н.

Борздов Владимир Михайлович, д.ф.-м.н.

Голенков Владимир Васильевич, д.т.н.

Гончаров Виктор Константинович, д.ф.-м.н.

Есман Александр Константинович, д.ф.-м.н.

Ильин Виктор Николаевич, д.т.н.

Кугейко Михаил Михайлович, д.ф.-м.н.

Кучинский Петр Васильевич, д.ф.-м.н.

Мулярчик Степан Григорьевич, д.т.н.

Петровский Александр Александрович, д.т.н.

Попечиц Владимир Иванович, д.ф.-м.н.

Рудницкий Антон Сергеевич, д.ф.-м.н.

Отдел рекламы и распространения:

Антоневич Светлана Геннадьевна
тел./факс. +375 (17) 388-44-71
e-mail: s.antonevich@electronica.by

Учредитель:

ЗАО «Финансово-аналитическое агентство
«Эф энд Ка»
220018, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. Одоевского,
д. 131, пом. 9, каб. 15,
тел./факс: +375 (17) 388-44-71

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

За содержание рекламных материалов редакция
ответственности не несет

Подписной индекс в Республике Беларусь:
00822 (индивидуальная),
008222 (ведомственная)

Цена свободная

Подготовка, печать:

180 экз. отпечатано
тип. ПДУП «Типография Федерации
Профсоюзам Беларуси»
г. Минск, пл. Свободы, д. 23, офис 90
Лицензия №02330/54

Подписано в печать 26.03.2015 г.
Заказ №

СЛАВНЫЕ ИМЕНА

СТАНОВЛЕНИЕ СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКИ В РОССИИ.....2

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ

СВЧ-РАДАР ДЛЯ КУХОННЫХ НУЖД
В. Тучков.....6

ОБЗОР

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ
ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ СВЧ-РАЗРЯДА
О.Ю. Александрова, С.М. Бондаренко, Э.М. Гутцайт, Р.А. Жидков.....10

СВЧ-ПРИБОРЫ

НЕВЗАИМНЫЕ ДЕЛИТЕЛИ СВЧ-МОЩНОСТИ
Ю. Кирсанов.....14

СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКА

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ПРИМЕНЕНИЙ
С. Кузьмин.....18

БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ШИРОКОПОЛОСНАЯ СВЧ-АНТЕННА БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ
Н. Панин.....20

КОНФЕРЕНЦИИ

ОТЧЕТ О ПРОВЕДЕНИИ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ OSTIS-2015.....25

РАДИОЛОКАЦИЯ

ПРОБЛЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КОМПЕНСАЦИИ МЕШАЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ
А.Н. Сидоревич, И.Н. Давыденко.....30

РЕЦЕНЗИРУЕМЫЕ СТАТЬИ.....37-48

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ, УПРАВЛЯЕМЫХ ЗНАНИЯМИ,
НА ОСНОВЕ БИБЛИОТЕК КОМПОНЕНТОВ
Д.В. Шункевич, И.Т. Давыденко, Д.Н. Корончик, Н.В. Гракова, А.В. Губаревич.....37

РАЗРАБОТКА СЕМАНТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОСТУПА
К ОБЪЕДИНЕННЫМ КОРПОРАТИВНЫМ ИНФОРМАЦИОННЫМ РЕСУРСАМ
М.В. Стержанов.....43

АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЕНСАТОРА АКТИВНЫХ ШУМОВЫХ ПОМЕХ
С ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКИМ КОРРЕКТОРОМ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
А.Н. Сидоревич, И.Н. Давыденко.....46

ДАТЧИКИ

РАЗРАБОТКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ СКОРОСТИ И ПОЛОЖЕНИЯ
С. Сысоева.....49

ПРАЙС-ЛИСТ.....64

СПИСОК РЕКЛАМОДАТЕЛЕЙ

«Алнар».....64
«АльфаЛидер».....64
«БелПлата».....36
«БЭК-эксперт».....63
«ГорнТрейд».....19
«Минский часовой завод».....36
«Полдень Плюс».....13
«Приборостроительная компания».....64
«Промтехсервисснаб».....19
«РИФТЭК-СМТ».....5
«СветЛед решения».....64
«ФЭК».....64
«Чип электроникс».....64
«ЭНЭФ».....62

Обложки, цветные вставки

Microchip..... IV вст.
Schneider Electric Industries S.A.S..... III обл.
«Альфачип ЛТД»..... I обл., VII вст.
«БЭК-эксперт»..... II обл.
«Клинкман»..... V вст.
«Олчип»..... VIII вст.
«Профессиональные сетевые
системы»..... IV обл.
«Радиоаптека»..... I обл.
«Рейнбоу»..... II вст.
«РИФТЭК-СМТ»..... I обл.
«ФЭК»..... I вст.
«Элтикон»..... V вст.
«Экспофорум»..... VI вст.
«Эф энд Ка»..... III вст.

СТАНОВЛЕНИЕ СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКИ В РОССИИ

2 мая 2015 года исполнилось бы 75 лет выдающемуся российскому ученому и организатору, члену-корреспонденту РАН, Владимиру Григорьевичу Мокерову. Он оставил о себе память, которую очень непросто стереть со скрижалей российской научной истории. После Владимира Григорьевича остались не только печатные труды, научные работы и достижения уровня открытий. Он сумел сделать то, что не удавалось почти никому, – в период общего развала начала 2000-х годов создать Институт СВЧ полупроводниковой электроники (ИСВЧПЭ РАН) и за короткий срок вывести его на уровень мировых достижений. Пусть не в серийном, но в опытном производстве. Тем самым, для России было спасено одно из наиболее важных сегодня направлений развития промышленных технологий.



По поводу юбилеев принято публиковать биографии и перечни достижений. Это важно, но, как правило, интересно только родным и знакомым юбиляра. Мы пойдем по другому пути – расскажем о Деле, которому В.Г. Мокеров посвятил свою жизнь, о работах Института СВЧ полупроводниковой электроники, который и без своего создателя продолжает активно работать. Причем речь пойдет о конкретных приборных работах и технологических возможностях, которые уже сегодня могут использовать заинтересованные заказчики.

Но сначала несколько слов самого В.Г. Мокерова о создании и становлении Института и ситуации в СВЧ-электронике в России, сказанных им в сентябре 2006 года.

О создании Института полупроводниковой СВЧ-электроники:

– Наш Институт возник не из воздуха. Он базируется на научной школе, основы которой закладывались еще 30 лет назад, когда я работал в Зеленограде в НИИ молекулярной электроники (НИИМЭ). Все начиналось с исследования фазовых переходов полупроводник-металл (ФППМ) в окисла ванадия, с изучения их оптических и электрических свойств. Нами тогда был впервые обнаружен эффект аномально сильного изменения оптических свойств при ФППМ в двуокиси ванадия, который затем мы применили для голографической памяти. Напомню, в то время, на рубеже 60-х и 70-х годов, научный мир переживал бум в области голографии. Но с начала 80-х годов мы переключились на гетероструктурную электронику, уже тогда осознав чрезвычайную перспективность этого только зарождающегося направления – хотя многие

«маститые профессора» считали его ошибочным. Быстро освоив технологию молекулярно-лучевой эпитаксии гетероструктур AlGaAs/GaAs, мы разработали первые отечественные гетероструктуры с электронной подвижностью выше $106 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ (при $T = 4,2 \text{ К}$), что в то время соответствовало лучшим мировым достижениям. С использованием наших образцов были выполнены первые отечественные исследования квантового эффекта Холла и квантового эффекта Фарадея на модулированно-легированных гетероструктурах с двумерным электронным газом. В этих системах обнаружен новый тип плазмонов – краевые магнитные плазмоны. Также изготовили первый отечественный HEMT (high electron mobility transistor) – транзистор с высокой подвижностью электронов, и логические вентили

с рекордной для того времени (1983 год) задержкой распространения сигнала $t_{\text{BA}} < 30 \text{ пс}$. Нами также была разработана технология первых HEMT-БИС ОЗУ с субнаносекундным быстроедействием (время выборки адреса $t_{\text{BA}} < 0,8 \text{ нс}$). Подчеркну, что наши научные изыскания с самого начала были нацелены на применение в электронике. В эти же годы мне посчастливилось встретиться с будущим Нобелевским лауреатом, нашим выдающимся ученым, академиком Жоресом Ивановичем Алферовым. Я вошел тогда в состав возглавляемой им академической секции «Полупроводниковые гетероструктуры». Через эту секцию Жорес Иванович и осуществлял руководство и координацию фундаментальных и прикладных исследований в этой области по всей стране, возложив на меня, как представителя электронной промышленности, работы в области гетероструктурной электроники.

В начале 1989 года в связи со сменой руководства НИИМЭ и сворачиванием работ по гетероструктурам я по приглашению академика Ю.В. Гуляева перешел в Институт радиотехники и электроники (ИРЭ) Академии наук. Начало моей деятельности в ИРЭ (начало 90-х годов) как раз совпало со стремительным развалом экономики, в том числе и электроники. Эти потрясения, естественно, затронули и Академию наук. Начался массовый отток российских ученых за рубеж, разрушались когда-то знаменитые и, казалось бы, несокрушимые научные коллективы, НИИ и заводы. И на фоне такого развала мы набирали обороты, формировали и укрепляли научный коллектив, оборудовали лаборатории, исследовали физику и технологию гетероструктур, вели приборные разработки, будучи абсолютно уверенными в правильности выбранного направления и веря в подъем страны.

Не получив, к большому нашему сожалению, за весь постсоветский период ни одного цента валютных поступлений, даже на самое необходимое оборудование, нам,

тем не менее, удалось собрать с миру по нитке по всей России и развернуть у себя экспериментальную технологическую линию по изготовлению гетероструктурных приборов с минимальным размером элемента 200 нм (2003 год). Эта уникальная, единственная в стране линия охватывает весь цикл – от выращивания эпитаксиальных наногетероструктур до изготовления транзисторов и микросхем.

О важности проблемы твердотельной СВЧ-электроники:

– Об этом можно говорить долго, назову лишь один аспект. Безопасность государства определяется наличием современных средств вооружения. Сегодня важнейший элемент военной техники – радарные системы на основе активных фазированных антенных решеток (АФАР). В современных АФАР важна высокая плотность приемопередающих ячеек, иначе, не достичь необходимого пространственного разрешения радара при необходимых массогабаритных характеристиках. Каждая такая антенная система включает сотни и тысячи приемопередающих модулей на основе СВЧ монолитных интегральных схем (МИС). И чем выше параметры МИС – граничные частоты и рабочая полоса, динамический диапазон, допустимая мощность, КПД и т.п. – тем выше и тактико-технические характеристики АФАР и военной техники в целом. Причем эти параметры зачастую определяют принципиальную возможность создания того или иного вида вооружения. Например, от КПД транзисторов зависит, сколько тепла нужно отводить от АФАР. И если даже решетки на основе транзисторов с КПД 40 % в ряде случаев требуют сложных систем водяного охлаждения, то при КПД 20 % задача становится конструктивно неразрешимой.

Кроме того, не стоит забывать, что военное применение СВЧ-приборов – это не более 10 % всего их рынка. Целые направления современной индустрии строятся на достижениях твердотельной СВЧ-электроники, например, сотовая и спутниковая связь, телевидение и т.п. Все это – огромные рынки и огромные деньги. А это уже не военная, а экономическая безопасность государства.

Поэтому, столь серьезно внимание к проблеме твердотельной СВЧ-электроники во всем мире. К счастью, в последние годы и в России.

О работе ИСВЧПЭ РАН:

– Еще недавно в России не было ни одного современного СВЧ-транзистора. Но после создания ИСВЧПЭ РАН – и это общепризнанно – ситуация кардинально изменилась. Первые два года мы строились, отлаживали и запускали технологическое оборудование. На третий год стали появляться зримые результаты, которые даже превзошли наши ожидания.

Сейчас можно говорить, что 20-летнее отставание в разработках ликвидировано. На основе GaAs рНЕМТ-транзисторов мы разработали маломощные транзисторы для приемных каналов и мощные усилительные модули. У маломощных транзисторов достигнуто абсолютно рекордное значение коэффициента шума – 0,35 дБ на частоте 10 ГГц. Мощные транзисторы демонстрируют удельную мощность более 1 Вт/мм (по отношению к

ширине затвора) и КПД свыше 45 %. Это соответствует лучшим зарубежным результатам. О таких характеристиках мы и не мечтали, когда закладывали Институт.

И все наши достижения не случайны. В ИСВЧПЭ создан полностью замкнутый технологический цикл производства – от выращивания гетероэпитаксиальных структур до изготовления на них транзисторов. Аналога этой линии в России нет. Она включает участок молекулярно-лучевой эпитаксии, где формируются гетероэпитаксиальные структуры, УФ- и электронную литографию, а также весь необходимый комплект технологических установок – напыления металла, травления, формирования диэлектрических слоев и т.д.

Уникальны и отдельные образцы оборудования. Например, электронный литограф с разрешением 100–150 нм соответствует мировому промышленному уровню. Аналогичная установка в России на сегодняшний день (в 2003 году) есть только на «Истоке». Но там ее купили, наша же фактически создана заново руками сотрудников института на базе электронно-лучевого литографа EBMF-2 (Cambridge Instruments, 1979 год). В результате процесс электронно-лучевой литографии стал полностью воспроизводимым и управляемым.

На установке контактной УФ-литографии мы также получаем элементы с минимальными размерами до 140 нм.

Более того, мы научились формировать грибообразные затворы. Ведь высокочастотные свойства транзисторов связаны с уменьшением емкости и сопротивления затвора. Для этого формируют так называемые грибообразные затворы с малым размером «ножки» и одновременно большой площадью сечения «шляпки». Такие затворы мы уверенно получали посредством как электронно-лучевой, так и оптической УФ-литографии.

Это одно из самых главных достижений Института, еще недавно казавшееся невозможным. Мы решили задачу, применив многослойную систему электронных резистов, что потребовало около шести лет. До нас в России никто так не делал.

Через год-два мы могли бы вообще скачком перейти к наноразмерным в плане структурам, если бы был соответствующий нанолитограф. Это не дорого – порядка 1,6 млн евро. Он позволяет рисовать линии до 10 нм. Тогда мы сразу вышли бы на суперсовременный уровень.

Я занимаюсь гетероэпитаксией уже четверть века. И ответственно заявляю – под каждую задачу нужно разрабатывать уникальную гетероструктуру. Только сейчас, проведя серию научных исследований и экспериментов на собственном производстве, мы понимаем, какие гетероструктуры нужны для того или иного класса задач, и способны формулировать технические условия (ТУ) на подложки. Мы проводим исследования, варьируя параметры транзисторной структуры – буфера, уровни легирования и т.д. И только на основе таких исследований можно формировать прибор. Даже зарубежные компании-разработчики новых схем имеют свою эпитаксию. А вот когда все отработано и есть ТУ на структуры, их можно заказывать внешнему изготовителю.

До нас ничего подобного в России не было. Фактически единственному отечественному производителю GaAs-подложек, компании «Элма-Малахит», параметры гетероструктур задавали «с потолка». Но это полный

абсурд – не может разработчик материала сформулировать требования для приборной гетероструктуры. Нужно изготовить ряд структур, варьируя их многочисленные параметры, сформировать на них приборы, измерить характеристики – только так и можно определить оптимальную конструкцию структуры.

Поэтому не удивительно, например, что подвижность электронов в канале транзисторов, созданных на гетероструктурах «Элмы», составляет $4000 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$, а у нас – $7000 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$, что соответствует лучшим мировым достижениям. И в этом нет чего-то особенного. Просто все нужно делать на научной основе, а не методом тыка. Недаром, у других разработчиков КПД транзисторов – 20 %, а на наших гетероструктурах на «Истоке» получен КПД 45 %!

Если бы у нас не было своей эпитаксии, мы бы не выполнили ни одной приборной темы. «Элма» приходит в упадок, там фактически остановлены работы по арсениду галлия. В России же сейчас уже практически нет своего GaAs, мы начинаем покупать его за рубежом. Это полная катастрофа.

О достижениях и ближайших задачах Института в плане создания новых приборов:

– В качестве перспективы – у нас идет работа по созданию полевых транзисторов с подложкой из InP. Можно было бы заниматься и биполярными транзисторами, но для этого нужно вводить р-легирование, т.е. покупать соответствующее оборудование. Вторая наша тема – GaN. Направление это не бесспорно, но работы в нем вести необходимо.

Занимаемся мы и исследованиями предельных размеров в СВЧ-электронике. Уже показано, что длина затвора 30 нм – это предел. Дальше транзистор перестает работать – нет насыщения, возрастают токи утечки. Поскольку у нас нет нанолитографа, мы исследуем транспорт в канале, создавая гетероэпитаксией вертикальные структуры – а там можно создавать и 10, и 20 нм слои.

Ближайшие же наши задачи – сделать отечественный 10–15 Вт СВЧ-транзистор с КПД 45 %. Такие транзисторы купить на Западе невозможно – полное эмбарго. Чтобы достичь мощности 10 Вт, необходим прибор с суммарной шириной затвора 24 мм. По сложности такой прибор аналогичен цифровой СБИС памяти объемом 1 Мбит. Вопреки распространенному мнению, мы доказываем, что это возможно. Институт уже разработал структуры с четырехмиллиметровыми затворами, ширина одного пальца – 80 мкм, т.е. всего 50 таких пальцев (сентябрь 2006 года). Так что технология у нас самая современная, разработанные приборы фактически не уступают зарубежным аналогам.

Отмечу наше важное достижение – создание технологии выпуска транзисторов. Это готовые приборы, в корпусах, их можно уже в магазине на прилавке выкладывать. Мы производим пластины, передаем их на «Пульсар», там их скрайбируют, кристаллы разваривают в корпуса и производят выходные измерения. Передачи пластин на корпусирование – это достаточно стандартный подход. Причем коэффициент выхода годных (КВГ) по маломощным транзисторам на пластине составил 90 %, что уникально для России. Это означает, что все транзисто-

ры на пластине одинаковы. По данным измерений, они ничем не уступают соответствующим приборам компаний Toshiba, Agilent (HP), Mitsubishi, Eudyna, Fujitsu и др.

Ведь в этом основная сегодня проблема взаимодействия академической науки и промышленности – последней нужны законченные разработки, с ясными воспроизводимыми результатами. Кто в наше время возьмет и заплатит за кота в мешке?

Подчеркну еще раз, наша определяющая особенность – мы фактически все делаем сами. Что и обеспечивает результат. Конечно, мы не будем превращаться в завод. Нас поддерживают разработчики систем, например, НПП «Исток», НИИ им. Тихомирова и др. Разумеется, мы тесно с ними сотрудничаем.

Решение проблемы – в создании мощного межведомственного центра по разработке МИС и технологии их изготовления на базе pHEMT для АФАР. А дальше – нужно передавать технологию на выпускающие предприятия, например, НПП «Исток». Самим же двигаться дальше – осваивать новые частотные диапазоны, новые материалы и т.п.

О предложениях по организации работы в области твердотельной СВЧ-электроники:

– Мы неоднократно подавали свои предложения. Есть список оборудования на 400 млн руб., перечень необходимых работ и результатов. Экономический эффект составит не менее 1 млрд руб.

В результате нашей программы должна быть создана технология суб-50 нм МИС (т.е. тот предел, о котором говорилось выше) на частоты до 200–300 ГГц и выше. Это будет набор МИС для АФАР (X-, Ka-, V-диапазоны) на основе pHEMT. Возможны и гетеробиполярные МИС. Все они подойдут и для систем оптической и беспроводной связи, для автомобильных радаров, для антитеррористического оборудования, для зондирования атмосферы.

Я полностью уверен в своих словах. С созданием Института мы просто фантастически продвинулись.

Резюмируя, отметим, что современное состояние ИС-ВЧПЭ РАН, достигнутый им уровень технологии и разработок СВЧ-приборов – это во многом результат деятельности Владимира Григорьевича Мокерова. Он сумел собрать коллектив, выработать стратегию – научную и производственную, и главное – в очень непростое время создать работоспособное научное предприятие. Уникальное в современной России. Сегодня В.Г. Мокерова нет с нами, но его Дело успешно развивается и расширяется. Наверное, лучшего памятника Владимиру Григорьевичу Мокерову придумать невозможно.

Владимир Григорьевич Мокеров (02.05.1940–23.09.2008) – выдающийся ученый и организатор, член-корреспондент Российской академии наук, доктор физико-математических наук, профессор. Являлся крупнейшим специалистом по физике твердого тела и технологии полупроводниковой электроники, основателем отечественного направления наногетероструктурной сверхвысокочастотной (СВЧ) электроники и создателем известной научной школы в этой области науки и техники.

Владимир Григорьевич родился в 1940 году в селе Даровское Кировской области в семье учителей. Выс-



шее образование получил на физическом факультете Ленинградского государственного университета, в научной группе выдающегося физика Е.Ф. Гросса. Свой трудовой путь он прошел от инженера в Зеленоградском НИИ Микроприборов до основателя и директора нового Института Российской академии наук. В 1990 году В.Г. Мокеров был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР.

Владимир Григорьевич блестяще сочетал разносторонние для ученого области знаний — он глубоко понимал и современную физику, и особенности технологии создания наноструктур и интегральных схем на их основе. В 1980-х годах В.Г. Мокеров стал главным технологом Министерства электронной промышленности СССР по операционному контролю технологии больших интегральных схем. Его работы в этот период внесли значительный вклад в повышение качества и уровня отечественного производства микросхем. А в 1985–1990 годах В.Г. Мокеров в сотрудничестве с другими ведущими научными группами проводит первые отечественные исследования в области фундаментальной физики низкоразмерных систем. Это были одни из первых исследований в области нанотехнологий в электронике. Сейчас эти технологии определяют уровень развития электроники, широко используются как в военной, так и в гражданской аппаратуре — сотовой и спутниковой связи, радиолокации, GPS. В 1988–2002 годах для разработок в этой новой области В.Г. Мокеров создал и руководил работой Центра Микро- и нанoeлектроники ИРЭ РАН, являлся заместителем директора ИРЭ РАН. Им созданы научные основы физики и технологии транзисторных наногетероструктур, включая нанотехнологию легирования (дельта-легирования) и транзисторов на их основе, что обеспечило становление наногетероструктурной электроники в стране.

Активно настаивая на важности освоения новых технологий для страны, он сумел в 2002 году создать новый профильный институт Академии наук — Институт сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники РАН для решения этих задач. В результате этих исследований создана современная отечественная 150-нанометровая P-HEMT технология гетероструктурных СВЧ-приборов, не уступающая мировому уровню и ликвидировано 15-ти лет-

нее отставание нашей страны от ведущих мировых держав в этой области. Развитие под его руководством передовые технологии легли в основу создания новой базы электроники для радиолокаторов истребителя пятого поколения И-21, нового поколения наземных зенитно-ракетных комплексов ПВО сухопутных войск, электроники для нужд Росатома, беспроводных высокоточных систем управления ядерным оружием, а также электронных устройств по борьбе с терроризмом.

Владимир Григорьевич создал кафедры в двух ведущих ВУЗах — Московском институте радиоэлектроники и автоматики и Московском инженерно-физическом институте, активно поддерживал молодежь. Он участвовал в редколлегиях журналов «Микроэлектроника», «Радиотехника и электроника» и «Микросистемная техника», являлся действительным членом — академиком Академии электро-технических наук РФ и членом Международного института инженеров-электриков и электронщиков (IEEE, Нью-Йорк, США).

В.Г. Мокеров — лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники, награжден Орденом Дружбы народов, Орденом Почета и двумя медалями, является автором 350 научных работ и 12 изобретений.

Владимир Григорьевич был многосторонне одаренным человеком, интересовался живописью, классической музыкой. Для своих коллег, учеников и многих специалистов отрасли он являлся чутким и отзывчивым руководителем, другом, готовым прийти на помощь в непростой жизненной ситуации. Он подал пример настоящего научного энтузиазма и патриотизма, вдохновляющего на новые достижения. Его творческое наследие, намеченные программы исследований, созданный задел служат основательной базой для дальнейшего развития направления наногетероструктурной электроники.

electronics.ru

SMT-монтаж любой сложности
Профессиональное современное оборудование
Установка компонентов с использованием новейших автоматов JUKI
Пайка компонентов в конвекционной печи
Современная линия ручного монтажа
Подбор и поставка компонентов



РИФТЭК СМТ
АВТОМАТИЧЕСКИЙ МОНТАЖ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

УНП 192241841

E-mail: smt@riftek.com
Тел.: +375 17 281 36 57

ЧУП «РИФТЭК-СМТ»
 Республика Беларусь,
 220090, г. Минск,
 Логойский тракт, 22, 103

СВЧ-РАДАР ДЛЯ КУХОННЫХ НУЖД

Владимир Тучков

Благодаря своевременной конверсии военной промышленности у домохозяек второй половины XX века появился дополнительный досуг.



Лоуренс Маршалл, беспокоясь о будущем своей компании, не стал полностью переводить ее на мирные рельсы. Производимые Raytheon и снабженные радаром зенитные установки Phalanx используются на универсальном десантном корабле «Бомм Ричард» и на многих других кораблях ВМС США. Фото: US Navy/Mass Communication Specialist 2nd Class Emmanuel Rios

Как всем прекрасно «известно», если бы яблоко не обрушилось на голову Ньютона, то мы не подозревали бы о существовании Закона всемирного тяготения.

Точно так же не было бы никакой периодической таблицы химических элементов, и мы до сих пор жили бы впотьмах, если бы она не приснилась Менделееву, отдыхавшему от напряженной работы по изучению свойств растворов, и, прежде всего, спиртовых. В конце концов, человечество получило теорию относительности исключительно благодаря тому, что Эйнштейн был двоечником.

К такому роду научно-технических мифов относится и апокриф, в высокохудожественной форме описывающий процесс изобретения микроволновой печи.

Дело было в США в далеком 1945 году. Инженер компании Raytheon, специализировавшейся на производстве военной техники, Перси Спенсер (Percy Lebaron Spencer, 1894–1970) испытывал сконструированный им излучатель сверхвысокочастотных волн, предназначавшийся для радара ПВО.

День клонился к вечеру, и Спенсер решил подкрепиться. Опустив руку в карман, он с изумлением обнаружил вместо шоколадного батончика некую пастообразную массу. Выходило, что волны разогрели батончик. Кукурузные зерна, расположенные исследователем перед излучающей антенной, мгновенно превратились в попкорн.

А яйцо, подвергнутое облучению мощностью 10 кВт, так и вовсе взорвалось. Правда, его содержимое не забрызгало Спенсера, поскольку он ловко спрятался за спины коллег, которых он пригласил на демонстрацию чудесных свойств микроволн.

И 8 октября 1945 года Перси Спенсер зарегистрировал патент № 2 495 429 на аппарат для приготовления еды при помощи электромагнитных волн. А через два года, когда конструкция была доведена до ума, компания Raytheon начала выпускать первые в мире СВЧ-печи. В действительности, дело обстоит по-иному, а история с озарением была предъявлена газетчикам из рекламных соображений. Действительно, испорченные брюки и обжаренные яичным желтком инженеры – разве это не заинтересует потенциального потребителя новой продукции?



Перси Спенсер в 1950 году. Фото: Raytheon Company

Роль озарения сыграла непростая для компании ситуация, из которой необходимо было найти оптимальный выход. Германия была повержена, то же самое в самом ближайшем будущем ожидало и Японию. Победоносное завершение войны – это, конечно, было прекрасно. Однако конкретно для компании Raytheon, работавшей исключительно на победу, окончание войны означало резкое сокращение заказов министерства обороны. И это могло привести к ее финансовому краху.

Примерно такие горькие слова произнес основатель компании Лоуренс Маршалл (Laurence K. Marshall), пригласив к себе на уик-энд шестерых ведущих специалистов. И поставил вопрос ребром: либо мы в кратчайшие

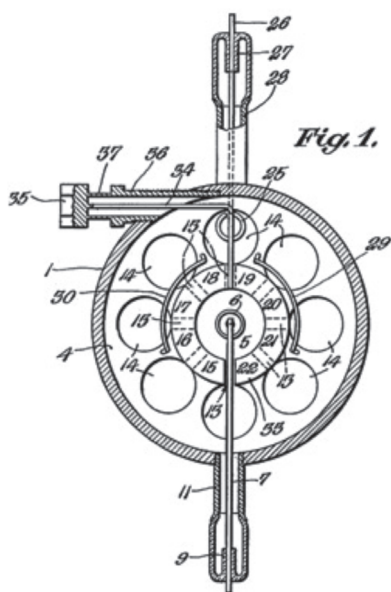
сроки осваиваем какую-либо конкурентоспособную продукцию для народа-победителя, либо...

Начался мозговой штурм, главную роль в котором, несомненно, играл Перси Спенсер – инженер-самоучка, не имевший высшего образования, но компенсировавший его отсутствием гибким умом и способностью к парадоксальному мышлению. Именно он и предложил производить микроволновые печи, что и зафиксировано в патенте, выданном на его имя. Кстати, самородок из Массачусетса собрал за свою долгую и плодотворную деятельность более ста патентов в сфере волновой техники.

Знание о способности излучателей радиоволн СВЧ-спектра разогревать электропроводящие предметы не могло быть явлено ему как откровение в виде расплавленной шоколадки. Он, активно работавший с магнетронами – микроволновыми излучателями, знал об этом на практике. К тому же, он не мог ни читать публикации на эту тему в журналах по радиоэлектронике. Так что это было не открытие, а изобретение нового прибора, основанное на хорошо известных физических принципах.

Так что же это за принципы? Или, иными словами, что именно и каким образом разогревает внутри микроволновки сэндвичи и приготавливает бифштексы?

Электромагнитные волны СВЧ-диапазона действуют на тело совсем не так, как видимый свет или инфракрасные лучи, которые по большей части просто отражаются от поверхностей. Но для СВЧ-излучения поверхность оказывается почти прозрачной, и электромагнитная волна проникает внутрь тела на относительно большую глубину – порядка нескольких миллиметров. И там происходит два разных физических процесса, обеспечивающих нагревание облучаемых предметов.



Магнетрон в поперечном сечении.
Иллюстрация из патента № 2 408 235 от 24 сентября 1946 года. Уже получив 8 октября 1945 года патент на микроволновые печи, Перси Спенсер продолжал совершенствовать наиболее важную их деталь

Во-первых, энергия одного кванта такого излучения близка энергии валентной связи молекулы воды. Из-за этого молекула воды под действием лучей начинает быстро вибрировать, расталкивая соседей. В конце концов, эти осцилляции превращаются в кинетическую энергию молекул, то есть в тепло.

Во-вторых, меняющееся электромагнитное поле индуцирует внутри готовящейся еды вихревые токи, их называют еще токами Фуко. А поскольку пища по большей части хотя и проводит ток, но обладает большим электрическим сопротивлением, то и токи Фуко внутри нее быстро превращаются в тепло. Пропорция этих двух факторов сильно зависит от того, что именно в печи приготавливается.

В частности, именно из-за этого металлические предметы помещать в камеру микроволновки категорически запрещается. Токи Фуко в них будут порождать сильно вторичное электромагнитное поле, вследствие чего в камере начнется искрение, и мы сможем наблюдать миниатюрную грозу. Это, конечно, красивое зрелище, но электрические разряды способны вывести из строя не только электронику, но и силовой агрегат.

«Сердцем» микроволновки является магнетрон – устройство, генерирующее электромагнитные волны частотой 2450 МГц. Данная частота в 1945 году была выделена компании Raytheon Федеральной комиссией по связи США для использования в бытовых приборах из таких соображений, чтобы она, с одной стороны, не пересекалась с частотами, применяющимися в радиолокации, с другой, не залезала на «территорию» телевидения и FM-радио.

Но с технической точки зрения, в микроволновой печи точно так же работали бы любые электромагнитные волны, находящиеся в диапазоне от инфракрасного излучения до верхней границы частот длинноволновых радиостанций. В принципе, обед можно разогреть и несущим сигналом мобильного телефона, работающего в стандарте GSM, частота которого равна 1800 МГц. Если, конечно, он будет иметь значительно большую мощность.

Магнетрон представляет собой герметичную металлическую камеру, в которой размещается катод – тонкая нить, испускающая при нагревании электроны. Анодом,



Над разрезанной надвое виноградиной в микроволновой печи появляется светящееся облако плазмы

положительным электродом, являются стенки магнетрона. Внутри магнетрона формируется сильное магнитное поле, которое закручивает электроны, движущиеся от катода к аноду. Есть и специальные полости, являющиеся резонансными камерами. Их размер и форма задают частоту генерируемых волн.

Если с магнетроном Спенсеру было все ясно, то оптимальную конструкцию камеры, в которой должны размещаться продукты, он разрабатывал и доводил до ума вместе с молодым инженером Марвином Боксом почти два года. Выделенная федеральной комиссией частота имела существенный недостаток: длина ее волны составляла 12 см и была соизмерима с размерами камеры. Это могло приводить и к образованию стоячих волн, и к фрагментарному прогреву продуктов за счет неравномерности поля.

Эту проблему вначале попытались решить при помощи того, что одну из стенок ящика сделали подвижной, перемещающейся при помощи электромоторчика. Однако такая конструкция оказалась слишком сложной и ненадежной.

И тогда Марвин Бок подвесил к потолку камеры несколько металлических стержней, которые вращались с частотой три оборота в секунду и, тем самым, как бы «размешивали» поле, делая его более равномерным. Еще больших успехов добились, присовокупив к стержням вращающийся стол, на котором располагается контейнер с едой. Это конструктивное решение стало классическим и применяется во всех без исключения микроволновках уже полвека.

Еще одна проблема, с которой столкнулись инженеры, заключалась в том, что мощность, выделяемая магнетроном, не поддается регулированию. При снижении подаваемого на магнетрон напряжения прекращается термоэлектронная эмиссия, нарушаются условия резонанса, и происходит срыв генерации волны. И, следовательно, микроволновка не способна работать в режиме размораживания и разогрева небольших объемов пищи, с одной и той же прытью она обрабатывает и горстку зеленого горошка, и рождественскую индейку.

Но не зря Спенсеру выдали более сотни патентов. Он предложил регулировать подачу мощности за счет периодического отключения магнетрона на «малых оборотах». Если регулятор печи включен на 50-процентную мощность, то это означает, что половину времени магнетрон «отдыхает». При 10-процентной нагрузке паузы соответственно занимают 90 % времени работы печи. Этот метод регулировки не претерпел никаких изменений до настоящего времени.

В 1947 году микроволновая печь Raytheon была выпущена на рынок. Ее презентацию проводила очаровательная блондинка, рост которой существенно превышал среднестатистические 165 см. Это объяснялось желанием производителей несколько замаскировать истинные размеры своего могучего детища. Печь при выходной мощности 3 кВт весила 340 кг, а в высоту достигала 170 см.

К ней была подведена труба для водяного охлаждения, а запитывалась она от нестандартной для США сети с напряжением 220 В. Впечатляла и стартовая цена – 3000 долл. США. В общем, продукт получился явно не массовый, на кухню его не поместишь. Однако рестора-



ны начали с большим энтузиазмом закупать СВЧ-печи, поскольку они обладали неоспоримым достоинством: незамысловатые американские блюда типа сэндвичей и хот-догов приготавливались в них молниеносно.

Два десятилетия компания Raytheon постепенно снижала габариты микроволновки и уменьшала себестоимость ее изготовления. В конце концов, появились доступные для среднего американца печи по цене 400–500 долл. США. Однако в начале 1970-х годов их выпуск на всю необъятную страну составлял лишь 40 тысяч штук в год.



Без микроволновой печи невозможно себе представить современную кухню. Хотя теперь ее размеры, вес и цена значительно уменьшились по сравнению с 1947 годом

Что объяснялось не только мифами о вреде СВЧ для здоровья, но и тем, что американцы еще не распробовали достоинства нового товара. Оживление продаж началось в 1972 году с приходом на американский рынок дешевых 300-долларовых японских печей. А бум разразился в середине 1980-х, когда 90 % американских и европейских семей имели микроволновые печи.

Этот скачок в последнюю очередь объясняется снижением цен. Дело в том, что с появлением микропроцессоров, которые начали встраивать в микроволновки, печи приобрели новое качество. Прежде, в них было наиболее рационально размораживать продукты и разогревать приготовленное накануне на электрической или газовой плите.

С появлением же программируемых печей максимально упростился, облегчился и ускорился процесс приготовления пищи. Достал продукт из холодильника, загрузил в камеру микроволновки, выбрал нужную программу, установил таймер и отправился по делам. А, вернувшись, достал из печи свежеприготовленное блюдо, которое будет еще и с румяной корочкой, поскольку теперь в СВЧ-печи встраивают гриль.

Как говорилось в былые времена, правда, по другому поводу – жить стало лучше, жить стало веселее. У урбанизированных граждан, в связи с уменьшением бытовых проблем, появилось дополнительное время, которое можно проводить с большой пользой для души и тела, занимаясь самообразованием и спортом. Однако, как показывает весь ход истории человечества, для большинства людей комфорт является самоцелью, возможностью не нагружать мускулатуру и нейронные цепи. И в этом случае дополнительное свободное время посвящается телевизору. И это единственный вред, который микроволновая печь способна причинить человеческому организму. Все прочие слухи и домыслы относятся к области ненаучной фантастики.

Вокруг света

СССР против

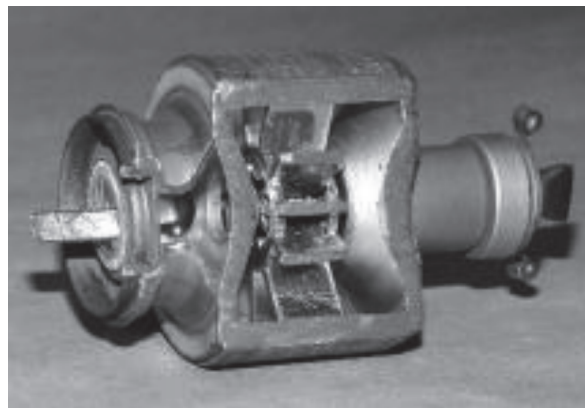
В Советском Союзе проект СВЧ-печи тоже был готов в конце 1940 года. На эту тему даже появилась статья в газете «Труд». «В лаборатории Всесоюзного научно-исследовательского института мясной промышленности разработана специальная установка, которая даст возможность использовать токи ультравысокой частоты для обработки мясных продуктов. В этом агрегате можно перетапливать жиры, варить колбасные продукты, размораживать мясо», – гласила заметка за 13 июня 1941 года.

Дальше следовали впечатляющие сравнения. Свиной окорок в новом агрегате варится 15–20 минут вместо 7 часов, перетапливание жиров занимает 2–3 минуты вместо 4 часов, а размораживание мяса – полчаса вместо 18–20 часов.

Понятно, что внедрение этого изобретения в СССР остановила война. Но что помешало вернуться к нему позже? Точно не лицензия, полученная в США Спенсером. Вероятно, просто не разглядели большое будущее такого прибора.

Но есть и другое предположение. В 1945 году в советской зоне оккупации оказался малозначительный институт немцев, который как раз и занимался исследованиями

воздействия ультракоротких волн на биологические объекты, в том числе на еду. Самое время остановиться на принципе работы СВЧ-печей. Микроволны обстреливают молекулы воды в пище, заставляя их вращаться с огромной частотой и создавая молекулярное трение, которое и нагревает еду.



Магнетрон в разрезе

Оказывается, это трение наносит значительный ущерб молекулам пищи, разрывая или деформируя их. Например, швейцарские ученые утверждают, что СВЧ-воздействие на биологические объекты создает соединения, неизвестные в природе и называемые радиолитическими. Те, в свою очередь, создают так называемую радиоактивную гниль, исключительно вредную для организма. Подтверждаются эти выводы и учеными из других стран, но такие результаты были получены только в 1990-х годах, когда микроволновки прочно завоевали весь мир.

Однако в СССР о вреде таких печей говорили сразу после войны. Когда японцы купили лицензию на производство микроволновок в бытовом исполнении, советские официальные органы объявили через Всемирную организацию здравоохранения о вреде таких приборов. Но сначала они не пользовались особым спросом из-за дороговизны, потом долго оставались диковинкой, а к концу 1970-х годов предупреждения позабылись.

В итоге, американцы убедили весь мир в безопасности изобретения Спенсера. СССР и страны советского блока же до самого конца относились к микроволновкам с большим подозрением, и даже немногие образцы, запущенные в серию на опытных заводах, подвергались постоянному строгому тестированию.

А с американскими военными эксперименты с магнетронами еще сыграли злую шутку. Сербская армия использовала микроволновки во время натовских бомбежек. Привычный бытовой прибор, включенный в сеть и с открытой крышкой, фиксировался военными США как работающий радар. Это заставило американских летчиков угрожать тучу дорогих боеприпасов, охотясь за обычными микроволновками.

bagira.nl

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ СВЧ-РАЗРЯДА

О.Ю. Александрова, С.М. Бондаренко, Э.М. Гутцайт, Р.А. Жидков

Представлен краткий обзор разработок различных плазменных осветительных устройств на основе безэлектродного сверхвысокочастотного (СВЧ) разряда. Показаны примеры реализованных и разрабатываемых светильников. Обсуждаются вопросы развития плазменных ламп в настоящем и будущем.

Развитие источников электромагнитных колебаний в сторону повышения мощности и генерируемых частот, в частности, способствовало расширению исследований и применений безэлектродных парогазовых разрядов в ВЧ, а затем и в СВЧ электромагнитных полях.



Рисунок 1

В сентябре 1992 года на VI Международном симпозиуме по науке и технологии источников света в Будапеште было сделано первое впечатляющее сообщение о создании нового высокоэффективного осветительного устройства (ОУ) квазисолнечного света на базе безэлектродной разрядной лампы СВД с аргоново-серным наполнением шаровой кварцевой колбы и с СВЧ-накачкой на частоте 2,45 ГГц (иногда называемой серной лампой) [1].

При поддержке Минэнерго США работы по разработке этих ОУ продолжались в компании Fusion System Corporation и затем в выделившейся из нее компании Fusion Lighting, занявшейся разработкой ультрафиолетовых ОУ для фотоотверждения покрытий в радиоэлектронике и полиграфии. В 1994 году в Вашингтоне состоялась презентация ОУ «Solar 1000»™, а в 1997 году – ее

модификации «Light-drive 1000»™. К сожалению, первые опыты оказались неудачными с точки зрения маркетинга. Fusion Lighting в 1998 году свернула производство УФ СВЧ-ламп, а в 2002 году вообще закрылась. Ее патенты перешли в собственность компании LG [2], и в дальнейшем в серийном производстве появились два ОУ с серной лампой: потолочное ОУ PSH0731B, мощностью 730 Вт со световой отдачей 80 лм/Вт (рисунок 1) и ОУ-уличный прожектор PSF1032A, мощностью 1050 Вт со световой отдачей 82 лм/Вт (рисунок 2).



Рисунок 2

Параллельно в 1990-х исследования по рассматриваемым ОУ велись в Китайской инженерно-физической академии. Их результаты были реализованы на практике компанией Ningbo Yourne New Lighting Source, которая в 2001 году начала выпуск ОУ с серной лампой [2].

В последние годы создана европейская группа по исследованию СВЧ-разряда в серных лампах – Plasma International Group. Она стремится определить максимальную возможность по световой отдаче ОУ с серной лампой η_{oy} (η_{oy} – отношение светового потока серной лампы с резонатором к входной мощности всего ОУ) и обеспечить пути внедрения данной техники в освещение.

ОУ AS1300, разработанное Plasma International Group (рисунок 3), состоит из двух блоков – питания СВЧ-генератора (магнетрона) и светоизлучающего – и имеет η_{oy} до 120 лм/Вт [3].



Рисунок 3



Рисунок 4



Рисунок 5

В нашей стране экспериментальные и теоретические НИР по ОУ с серными и им подобными (вращающимися шаровыми) лампами проводились тремя основными группами исследователей. Первую группу составили сотрудники ОАО «Плутон», ФГУП «ВЭИ», МЭИ (ТУ), НИИЯФ МГУ, ИЗМИРАН и ООО «ВНИСИ» [4–10], вторую – ИОФ РАН и МИФИ [11–13] и третью – ОАО «Лисма-ВНИИИС» [14].

Во ФГУП «ВЭИ» и ныне продолжаются исследования СВЧ-разрядов в парогазовых смесях и накоплен большой опыт по созданию ОУ на их основе.

Совместно с РАСХН во ФГУП «ВЭИ» проводятся работы по созданию ОУ с равноэнергетическим спектром (основные участники – академик РАСХН Д.С. Стребков, канд. техн. наук В.В. Малышев и инженер Р.А. Жидков). В результате этих работ было создано ОУ, при разработке которого было уделено внимание непосредственно источнику питания магнетрона. В мировой практике для уменьшения массы и габаритов и повышения энергоэффективности используются ВЧ инверторные источники питания СВЧ-генераторов. В ходе многих экспериментов во ФГУП «ВЭИ» удалось установить возможность светорегулирования этих ОУ путем модуляции светового потока. В итоге был разработан принципиально новый источник питания (ВЧ-инвертор с обратной связью), в тракт обратной связи которого встроены процессорный блок, изменяющий по специальному алгоритму ток анода магнетрона. Привлекательность такого источника питания – в его небольших габаритах и массе. Этот источник питания имеет предварительный накал катода магнетрона, что может продлевать срок службы самого магнетрона до 20–25 тыс. ч. На базе такого источника питания во ФГУП «ВЭИ» было разработано ОУ для продукционного облучения растений в теплицах, содержащее светоизлучающий блок и сопряженную с ним секцию полого световода длиной 2,7 м (рисунок 4).

Разработанное ОУ позволяет повысить эффективность роста зеленых культур, что было под-

тверждено результатами исследований, проведенных в лаборатории аэропонных технологий НИИ сельскохозяйственной биотехнологии РАСХН (руководитель Ю.Ц. Мартиросян).

В настоящее время ФГУП «ВЭИ» и ФГУП «Приборостроительный завод» (г. Трехгорный) ведется ОКР по серийному выпуску и внедрению ОУ с серными лампами. При этом каждый элемент ОУ должен быть легко сменяем, а сами ОУ должны быть легко разборны и содержать систему защиты с интеллектуальным управлением.

В последние годы все больше зарубежных компаний включаются в борьбу за рынок ОУ с безэлектродными лампами, идя разными путями. В частности, Компания Ceravision (Великобритания) разрабатывает ОУ серии «Alvara» (рисунок 5) с $\eta_{\text{oy}} \geq 90$ лм/Вт мощностью 400–800 Вт, с СВЧ безэлектродной металлогалогенной лампой, кварцевым резонатором и магнетронным генератором (рабочие частоты 2,45 или 5,8 ГГц) [16]. ОУ «Alvara» предназначены для освещения коммерческих и высоких производственных помещений, для уличного освещения. Компания также предлагает соответствующие решения для фар автомобилей [17] (рисунок 6).

Относительно маломощные световые модули с полупроводниковым СВЧ-генератором разработала компания Luxim (США) [18]. Компания предлагает целую серию таких модулей мощностью от 160 Вт и более. Сама (невозвратная) кварцевая металлогалогенная лампа торговой марки «LEP» в каждом модуле помещена в объемный резонатор из диоксида алюминия (рисунок 7). На базе этих модулей тоже американская компания Alphalite [19] освоила крупносерийный выпуск ОУ мощностью 300–400 Вт (рисунок 8) для архитектурного и уличного освещения.

По результатам патентных исследований, проведенных во ФГУП «ВЭИ», к 2010 году число патентов только по мощным ОУ с вращаемой безэлектродной лампой, составляло около 140. Теперь же число патентов по данной тематике в целом почти удвоилось. Такая динамика позволяет считать, что интерес к ОУ с безэлектродными СВЧ-лампами растет, и с развитием полупроводниковых СВЧ-генераторов за такими изделиями большое будущее.

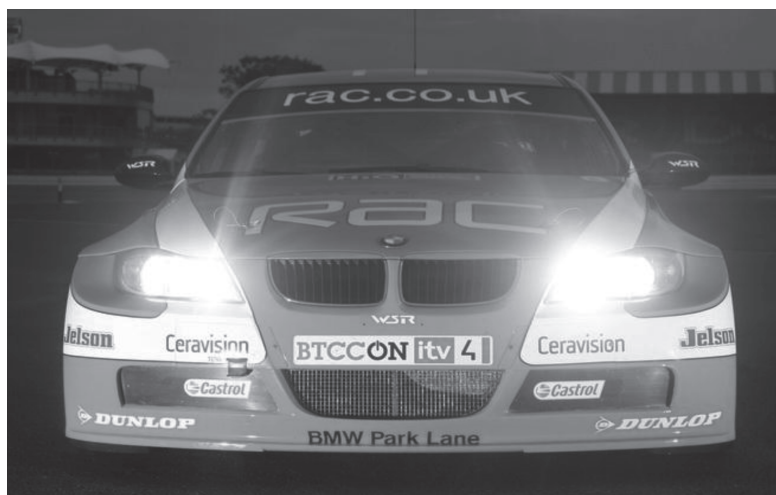


Рисунок 6

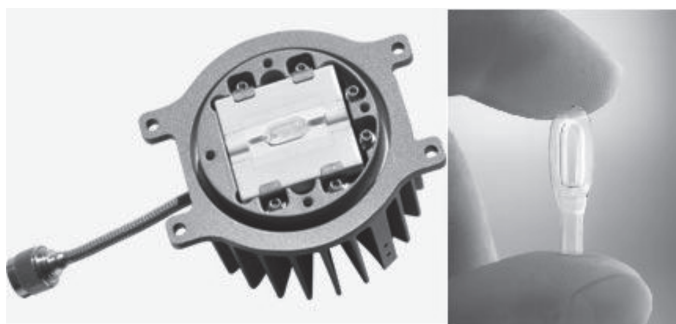


Рисунок 7

И еще на одно обстоятельство нам хотелось бы обратить внимание.

В настоящее время бурно развивается светодиодная промышленность. Светодиоды, с их высокой световой отдачей (компания Cree уже получила более 250 лм Вт [20, 21]) и большие сроки службы (I_j – 50 тыс. ч), активно вытесняют традиционные источники света и



Рисунок 8

успешно используются в освещении, включая уличное и дорожное. Но светодиодные источники света (модули и лампы) – не конкуренты мощным серным и им подобным безэлектродным лампам, и ОУ с ними могут занять разные ниши применения.

В отличие от светодиодов, разрядные СВЧ-лампы наиболее эффективны при высоких температурах и обеспечивают световые потоки более 100 клм, т.е. на три порядка мощнее светодиодов. При этом серные лампы обладают уникальным квазисолнечным спектром излучения и даже более экологичным, чем солнечный свет, поскольку имеют пониженные интенсивности ультрафиолетового и инфракрасного излучения [4, 8].

При этом безэлектродные СВЧ-лампы (серные или МГЛ) хорошо подходят для создания ОУ с большими световыми потоками. В частности, они перспективнее светодиодов для использования на входе протяженных полых световодов для освещения больших пространств, и к тому же, например, серные лампы обладают уникальным квазисолнечным спектром, в чем-то даже более экологичном, чем солнечный (из-за практического отсутствия в нем УФ и ИК составляющих).

Литература:

1. Dolan I.T., Ury M.G., Wood C.H. A Novel High Efficacy Microwave Powered Light Source. Presented as a Land-mark Paper on September 2, 1992 Sixth International Symposium on the Science and Technology of Light Sources Technical University of Budapest. – Budapest, 1992.
2. Фролов, А. Плазменные светильники: экологичность и сплошной спектр / А. Фролов // Магазин свет: электронный журнал [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа : www.magazine-svet.ru/review/63804. – Дата доступа : 17.12.2012.
3. Plasma International [Электронный ресурс]. – Режим доступа : plasma-i.com. – Дата доступа : 17.12.2012.
4. Шлифер, Э.Д. Безэлектродные сверхвысокочастотные газоразрядные лампы / Э.Д. Шлифер ; под ред. Ю.Б. Айзенберга. – М. : Дом Света, 1999. – 24 с.
5. Шлифер, Э.Д. Некоторые особенности и проблемы создания осветительных и облучательных устройств на базе безэлектродных газоразрядных ламп с СВЧ-накачкой / Э.Д. Шлифер // Светотехника. – 1999. – № 1. – С. 6–9.
6. СВЧ и ВЧ возбуждение разряда в парах серы с неоном / А.Н. Козлов [и др.] // Письма в ЖТФ. – 1999. – Т. 25, вып. 3. – С. 27–33.
7. Шлифер, Э.Д. Настоящее и будущее безэлектродных СВЧ-разрядных источников света / Э.Д. Шлифер // Электроника, наука, технология, бизнес. – 2002. – № 3. – С. 52–55.
8. Гутцайт, Э.М. Безэлектродные источники света, использующие электромагнитную энергию высоких и сверхвысоких частот / Э.М. Гутцайт // Радиотехника и электроника. – 2003. – Т. 48, № 1. – С. 5–38.
9. Александрова, О.Ю. Создание осветительных и облучательных установок на базе безэлектродных СВЧ разрядных ламп / О.Ю. Александрова, Р.А. Жидков, Э.Д. Шлифер // Светотехника. – 2006. – № 3. – С. 21–27.
10. Гутцайт, Э.М. Анализ квазипараболических отражателей с микроволновыми лампами на входе призмати-ческих световодов / Э.М. Гутцайт, О.К. Куш // Радиотехника и Электроника. – 2006. – № 12. – С. 1488–1495.
11. Высокоэффективный безэлектродный источник света с квазисолнечным спектром на основе тлеющего СВЧ-разряда / А.Н. Диденко [и др.] // Докл. РАН. – 1995. – Т. 334, № 2. – С. 182–183.
12. Диденко, А.Н. СВЧ-энергетика / А.Н. Диденко, Б.В. Зверев. – М. : Наука, 2000. – 264 с.
13. Диденко, А.Н. Высокоэффективная серная лампа малой мощности / А.Н. Диденко, А.В. Прокопенко, А.Ю. Щукин // Светотехника. – 2009. – № 5. – С. 22–24.
14. Вдовин, В.Г. Проблемы и перспективы создания высокоэффективных безэлектродных разрядных ламп СВЧ возбуждения / В.Г. Вдовин, Ю.А. Корочков // Светотехника. – 2006. – № 3. – С. 28–32.
15. Жидков, Р.А. Устройство возбуждения магнетрона безэлектродной сверхвысокочастотной газоразрядной лампы прожектора / Р.А. Жидков, А.В. Щербаков // Патент России на полезную модель № 115605. – 2012. – Бюл. № 12.
16. Ceravision [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.ceravision.com. – Дата доступа : 17.12.2012.
17. Science 2.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.science20.com/newswire/bmw. – Дата доступа : 17.12.2012.
18. Luxim [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.luxim.com. – Дата доступа : 17.12.2012.
19. Alhalite [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.alhalite.com. – Дата доступа : 17.12.2012.
20. Cree [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.cree.com. – Дата обращения : 17.12.2012.
21. Туркин, А. Новое поколение мощных светодиодов CREE: особенности, преимущества, перспективы / А. Туркин, Ю. Дорожкин // Полупроводниковая светотехника. – 2012. – № 5. – С. 36–41.
22. Моделирование светодиодных устройств с высоким индексом цветопередачи / Э.М. Гутцайт [и др.] // Материалы 22-й Международной научно-технической конференции «СВЧ техника и телекоммуникационные технологии, «КрыМиКо-2012». Севастополь, Крым, Украина. 10–14 сентября 2012. – Т. 2. – Севастополь : СевНТУ. – С. 595–596.



НЕВЗАИМНЫЕ ДЕЛИТЕЛИ СВЧ-МОЩНОСТИ

Ю. Кирсанов,

к.ф.-м.н., изобретатель СССР, нач. лаб. в ОКБ ПО «Радий», г. Москва

От редакции:

Все описанные в этой статье приборы были внедрены автором в производство и использовались в изделиях ПО «Радий», г. Москва. После развала СССР, предприятие перешло в частную собственность, изменился его профиль и новые разработки стали никому не нужны. Может быть, кто-либо в настоящее время заинтересуется ими. Ведь по истине «все новое – это хорошо забытое старое». Всем заинтересованным автор готов оказывать безвозмездную консультацию и помощь при внедрении.

Аннотация

В работе приводятся конструктивные схемы и результаты экспериментального исследования невзаимных делителей СВЧ-мощности. Устройства выполнены на волноводной, коаксиальной и микрополосковой линиях передачи. Развязки между всеми каналами обусловлены однонаправленными свойствами передающих линий с намагниченной ферритовой средой и составляют 30÷45 дБ. Исследования проводились в 2-хсантиметровом диапазоне длин волн.

Введение

К недостаткам известных делителей СВЧ-мощности [1] можно отнести их взаимность и, следовательно, зависимость коэффициента отражения со входа устройства от согласования подключаемых к выходам нагрузок. В настоящей работе приводятся конструктивные схемы и результаты экспериментального исследования невзаимных делителей СВЧ-мощности, в которых устранен указанный недостаток. В устройствах коэффициент отражения со входа не зависит от согласования подключаемых к выходам нагрузок. Приборы работают на поверхностной ферритовой волне (ПФВ). Развязки между каналами обусловлены однонаправленным распространением ПФВ в линиях передачи с поперечно намагниченным ферритом [2]. Делители выполнены на волноводной, коаксиальной и микрополосковой линиях передачи. Исследования проводились в 2-хсантиметровом диапазоне длин волн. Величина развязки между каналами составляет 30÷45 дБ в полосе частот не менее 15 %.

1. Невзаимные трехканальные делители мощности СВЧ

Волноводный делитель

На рисунке 1 приведена конструктивная схема волноводного делителя мощности.

Устройство состоит из предельного отрезка волновода (п. 1), вдоль узких стенок которого расположены поперечно намагниченные полем H_e в противоположных направлениях прямоугольные ферритовые вкладыши (п. 2). В предельном отрезке волновода (п. 1) по его оси между ферритовыми вкладышами (п. 2) в Е-плоскости расположена металлическая стенка (п. 3). Пластина гальванически связана с противоположными широкими стенками волновода. Со стороны входного канала делителя концы

ферритовых вкладышей выступают из-за металлической стенки (п. 3) на величину не менее $\lambda_0 / 16$ и не более $\lambda_0 / 4$. К входному I и выходным каналам II и III подключаются волноводы нормального (для волны H_{10}) сечения. При возбуждении канала I волноводный тип волны H_{10} на выступающих концах ферритовых вкладышей преобразуется в ПФВ. Для регулировки эффективности преобразования волны H_{10} в ПФВ введены преобразователи типов волн [3], выполненные в виде резонансных винтов (п. 4). Для ПФВ предельный отрезок волновода с двумя ферритовыми вкладышами и металлической стенкой (п. 3) представляет собой две параллельно включенные линии передачи одинакового сопротивления. Антисимметричное распределение амплитуды электрической компоненты СВЧ-поля ПФВ в поперечном сечении волновода с намагниченными двумя ферритовыми слоями [4] позволяет металлической стенке (п. 3) делить сигнал, практически без отражения, на две равные части. В выходных каналах ПФВ трансформируется в волноводный тип (H_{10}). В обратных направлениях II→I, III→I из-за наличия электрических стенок вдоль внешних границ ферритовых вкладышей, а также предельности волновода для волны H_{10} сигнал не распространяется. Большая величина обратного затухания обуславливает постоянство коэффициента отражения со стороны входного канала при изменении коэффициента отражения нагрузок в выходных каналах.

Волноводно-микрополосковый (коаксиальный) делитель

Выходные каналы II и III волноводного делителя (рисунк 1) могут быть выполнены в виде микрополосковых линий (рисунк 2) [5].

У этого делителя верхняя широкая стенка (п. 3) отрезка прямоугольного волновода (п. 1) со стороны выхода снята на длине $\lambda_g / 4$ (п. 4), где λ_g – длина волны в волноводе. На открытые части стенок (п. 4) ферритовых вкладышей (п. 2) нанесены микрополосковые проводники (п. 5), (п. 6). Укороченная широкая стенка (п. 3) отрезка волновода (п. 1) гальванически соединена с микрополосковыми про-

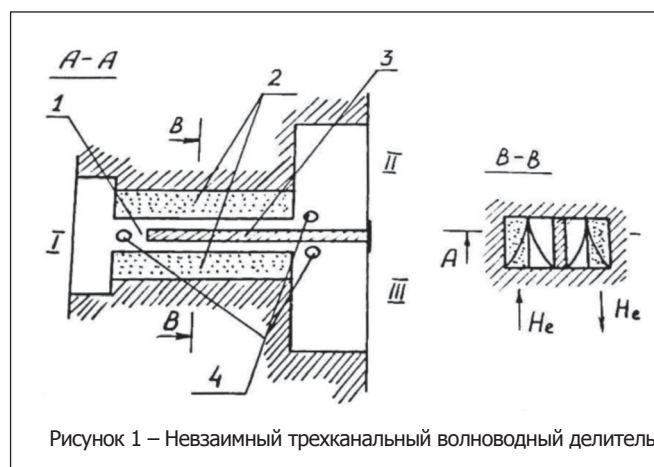
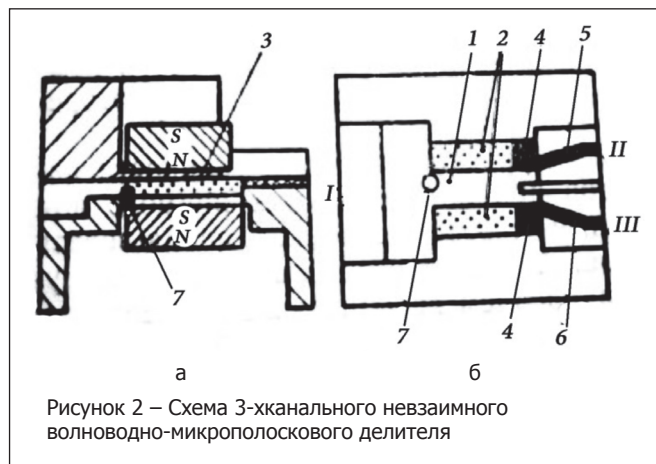


Рисунок 1 – Невзаимный трехканальный волноводный делитель

водниками (п. 5), (п. 6). Если между выходными каналами требуется неравномерное распределение мощности, то вблизи торца одного из ферритовых вкладышей вводится реактивный элемент (п. 7), выполненный в виде металлического штыря. Штырь устанавливается с возможностью продольного перемещения. Диаметр штыря равен $\lambda_g / 8$, величина зазора между торцом штыря и противоположной широкой стенкой отрезка волновода (п. 1) выбирается из условия обеспечения на центральной рабочей частоте прибора последовательного резонанса.

Принцип работы делителя заключается в следующем. При возбуждении входного канала I волна типа H_{10} преобразуется в ПФВ и распространяется по двум внутренним поверхностям ферритовых вкладышей в направлении выходных каналов II, III и возбуждает микрополосковые линии (п. 5, п. 6). Малый коэффициент отражения на стыке волноводной и микрополосковой линий передачи обусловлен одинаковым типом волны, распространяющейся в этих линиях, одинаковым их волновым сопротивлением и непрерывностью продольной составляющей СВЧ-тока. Металлический штырь (п. 7) выполняет роль преобразователя волны H_{10} в ПФВ и работает следующим образом [3]. При возбуждении волноводного входа энергия электромагнитной волны H_{10} из-за последовательного резонанса в контуре, образованном металлическим штырем и зазором, концентрируется в контуре. Близость штыря к ферритовому вкладышу обеспечивает сильную связь волновода с вкладышем и преобразовывает волну H_{10} в ПФВ с большим коэффициентом передачи. Согласование структуры поля в контуре с полем ПФВ в ферритовом вкладыше обуславливает расширение рабочей полосы частот и уменьшение потерь преобразования волны H_{10} в ПФВ. Возможность регулировки перераспределения мощности СВЧ между выходными каналами делителя расширяет эксплуатационные возможности прибора. В обратном направлении (от выходных каналов к входному) сигнал не распространяется, что связано с наличием электрических стенок вдоль внешних границ ферритовых вкладышей.

Величина намагниченности насыщения ферритового материала, величина подмагничивающего поля и ширина ферритового вкладыша выбираются в соответствии с работой [2], и для 2-хсантиметрового диапазона длин волн соответственно составляют: $4\pi M_s = 4800$ Гс (марка феррита 1С4-4), $H_e = 2500$ Э (магнит марки КС-37), $W_\phi = 3$ мм.



Длина и толщина ферритового вкладыша составляют: $L_\phi = 10$ мм, $t_\phi = 1$ мм. Расстояние от выходных концов ферритовых вкладышей до края укороченной широкой стенки волновода – 1,5 мм. Прибор собран на волноводе сечением $13 \times 3,2$ мм².

Полоса рабочих частот делителя составляет 15 %, КСВн каждого плеча – не более 1,2; прямое затухание – не более 0,5 дБ; развязка между выходными каналами, а также между каждым выходным и входным каналами – не менее 40 дБ. При равномерном делении мощности между выходными каналами величина неравномерности составляет не более 0,15 дБ. Неравномерность деления мощности в небольших пределах (0,15...1,5 дБ) корректируется путем подмагничивания ферритовых вкладышей разной величиной магнитного поля (H_e).

Применение металлического штыря вблизи одного из входных торцов ферритового вкладыша позволяет обеспечивать любую неравномерность деления мощности при малых потерях в устройстве. Электрические параметры устройства сохраняются в интервале температур $-60^\circ\text{C} \dots +80^\circ\text{C}$. Для обеспечения термостабилизации электрических параметров в приборе используются термошунты из материала 32Н6ХЮ. Пластины термошунтов толщиной 2 мм устанавливаются на внешние боковые поверхности прямоугольных магнитов. Габаритные размеры делителя составляют $30 \times 30 \times 25$ мм³. Внешний вид делителя с коаксиальными выходами изображен на рисунке 3.



Волноводно-микрополосковый делитель с одной ферритовой пластиной

На рисунке 4 приведена схема 3-канального невзаимного волноводно-микрополоскового делителя с одной ферритовой пластиной [6]. Целью этой разработки является упрощение конструкции и уменьшение габаритов. Этот делитель содержит отрезок (п. 1) предельного прямоугольного волновода, вдоль узкой стенки которого расположена одна прямоугольная поперечно намагниченная ферритовая пластина (п. 2), два полосковых проводника (п. 3), размещенных на диэлектрических подложках (п. 4), которые расположены в прямоугольном отверстии короткозамыкателя (п. 5). П-образный проводник (п. 6), выполненный по тонкопленочной технологии на поверхности прямоугольного ферритового вкладыша (п. 2), подключен к полосковым проводникам (п. 3). Каждый из этих

проводников образует, совместно с внутренними поверхностями прямоугольного отверстия, желобковую линию. В широких стенках отрезка волновода (п. 1) установлены штыри (п. 7) с возможностью перемещения в прямоугольном отверстии между торцом прямоугольного вкладыша (п. 2) и соответствующей диэлектрической подложкой (п. 4). Энергия входного сигнала распределяется между двумя желобковыми линиями, а в обратном направлении не распространяется из-за наличия электрической стенки на внешней границе ферритовой пластины (п. 2). Металлические штыри (п. 7) дополнительно трансформируют волновое сопротивление отрезка (п. 1) и структуру СВЧ-поля, что повышает коэффициент передачи.

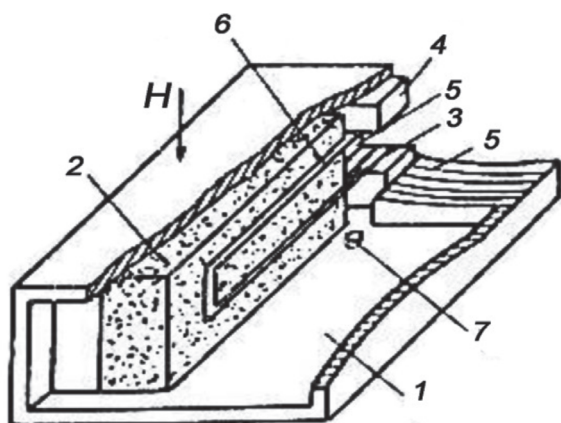


Рисунок 4 – Схема 3-канального невзаимного волноводно-микрополоскового делителя с одной ферритовой пластиной

Электрические параметры волноводно-микрополосковых делителей близки электрическим параметрам волноводно-микрополосковых делителей, но по массе и габаритным размерам волноводно-микрополосковые делители меньше последнего.

Приложение:

Расчленяя волноводно-микрополосковый делитель (рисунок 2) вдоль оси предельного волновода и выполняя Г-образный микрополосковый проводник делителя с одним ферритом (рисунок 4) в виде Г-образного микрополоскового проводника, рассматриваемые типы делителей преобразуются в невзаимные волноводно-микрополосковые

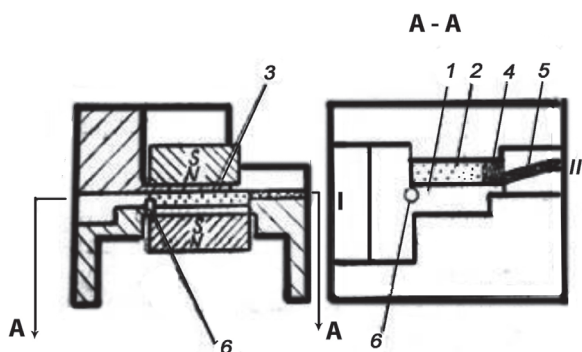


Рисунок 5 – Невзаимный волноводно-микрополосковый переход

СВЧ-переходы (рисунки 5, 6). Этот тип переходов, как и невзаимные делители, совмещают в одной конструкции функции двух различных устройств, в данном случае ферритового вентиля и СВЧ-перехода. СВЧ-переход, изображенный на рисунке 6, по сравнению с СВЧ-переходом на рисунке 5, более технологичен, т.к. в нем отсутствует гальваническая связь между микрополосковым проводником и экранной плоскостью. По электрическим параметрам (полосе частот, уровню развязки, величине КСВн, а также вносимому прямому затуханию) невзаимные переходы не уступают вышеописанным невзаимным делителям.

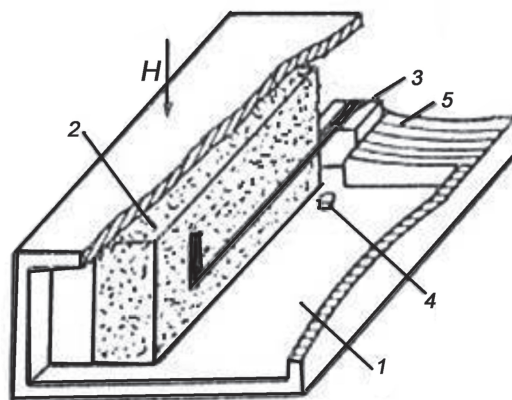


Рисунок 6 – Невзаимный волноводно-микрополосковый переход (более технологичный)

Габаритные размеры невзаимного волноводно-коаксиального перехода (КВП) 2-хсантиметрового диапазона длин волн составляют: диаметр – 20 мм, длина – 25 мм. На рисунке 7 показан внешний вид такого перехода.

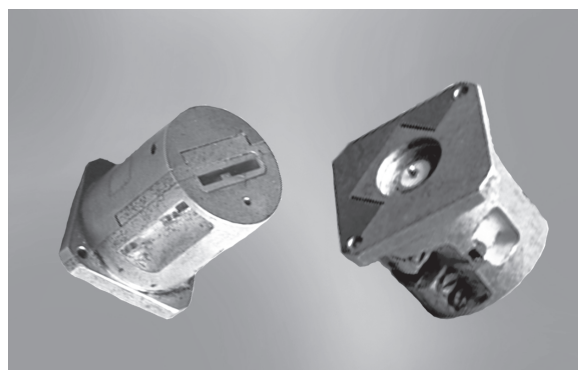


Рисунок 7 – Невзаимный КВП

2. Невзаимный многоканальный делитель

На рисунке 8 приведена схема невзаимного семи-канального коаксиально-микрополоскового делителя (изображено без магнитов) [7]. Устройство содержит шесть микрополосковых линий передачи (п. 7), выполненных по тонкопленочной технологии на поперечно намагниченных ферритовых вкладышах (п. 4), располо-

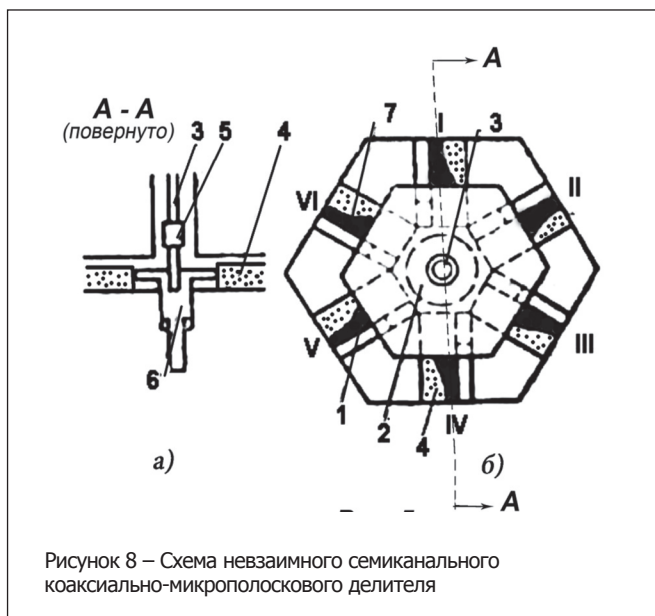


Рисунок 8 – Схема невзаимного семиканального коаксиально-микрополоскового делителя

женных вплотную к узким стенкам предельных отрезков волноводов. Металлизация всех ферритовых вкладышей гальванически связана с краем верхней экранной плоскости делителя. Указанные ферритовые вкладыши (п. 4) по торцам имеют электромагнитную связь через радиальную линию (п. 2) с коаксиальным входным каналом (п. 3). Ориентация внешнего подмагничивающего поля выбирается так, чтобы микрополосковые линии были выходными каналами.

Принцип действия делителя аналогичен вышеописанному волноводному устройству и сводится к следующему. При возбуждении входа (коаксиального канала, п. 3) волна типа ТЕМ с помощью настроечного элемента (п. 6) преобразуется в ПФВ.

ПФВ, распространяясь по внешним краям ферритовых вкладышей (п. 1), поступает на микрополосковые выходные каналы I, II, III, IV, V, VI. Для равного деления мощности между выходными каналами величина связи ферритовых вкладышей с коаксиальной линией делается одинаковой. Благодаря однонаправленным свойствам предельных отрезков волноводов, частично заполненных намагниченными ферритами, все выходные микрополосковые каналы развязаны как между собой, так и с коаксиальным входным каналом.

Согласование входного коаксиального канала с суммарным сопротивлением выходных каналов осуществляется с помощью радиальной линии (п. 2) и четвертьволнового трансформатора (п. 5).

Для делителя в 2-хсантиметровом диапазоне длин волн величина намагниченности насыщения ферритового материала ($4\pi M_s$), величина внешнего подмагничивающего поля и ширина ферритовых вкладышей выбирались в соответствии с рекомендациями работы [2] и соответственно равны: 3500 Гс (марка феррита 2СЧ-7), 2500 Э (марка магнита КС-37) и 5 мм. Толщина ферритовых вкладышей составляет 2 мм. Семиканальный коаксиальный невзаимный делитель 2-хсантиметрового диапазона длин волн с одним входным и шестью выходными каналами в полосе частот 15 % имеет КСВн каждого плеча

не более 1,2; прямые потери (без учета деления) – не более 0,5 дБ; неравномерность деления мощности по каналам – не более 0,15 дБ; обратное затухание между каждым выходным и входным каналами – не менее 45 дБ; развязки между выходными каналами составляют не менее 30 дБ; интервал рабочих температур: $-60^{\circ}\text{C} \dots +80^{\circ}\text{C}$. Прибор имеет габаритные размеры: $40 \times 40 \times 35$ мм³. На рисунке 9 приведен внешний вид делителя.

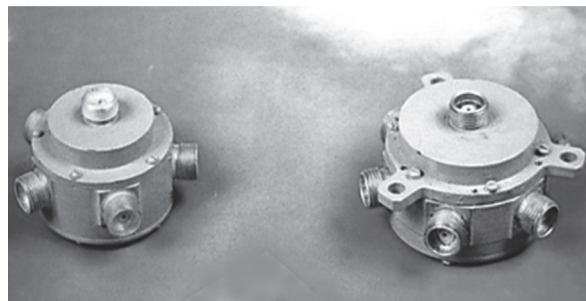


Рисунок 9 – Внешний вид делителя

Заключение

Все вышерассмотренные невзаимные делители имеют хорошие электрические параметры и, по сравнению с известными, имеют ряд преимуществ: большая величина развязки как между выходными каналами, так и между каждым выходным и входным каналами; широкие эксплуатационные возможности, т.к. совмещают функции вентилей СВЧ и делителя мощности в одном приборе, а 3-хканальные делители могут быть использованы в распределительных и передающих системах, выполненных по гибридной интегральной технологии, без подключения громоздких волноводно-коаксиальных (микрополосковых) СВЧ-переходов. В конструкциях делителей предусмотрен механизм неравномерного распределения мощности (при необходимости) между выходными каналами.

Литература:

1. Антенны и устройства СВЧ / под ред. Д.И. Воскресенского. – М. : Радио и связь. – 1981. – С. 408–418.
2. Кирсанов, Ю.А. Экспериментальное исследование волноводных развязывающих СВЧ-устройств, работающих на поверхностной ферритовой волне / Ю.А. Кирсанов [и др.] // Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ. – 1977. – Вып. 3. – С. 30–36.
3. Кирсанов, Ю.А. и др. «Развязывающее устройство». Патент Р.Ф. № 1371323, М. Кл.Н 01 Р 1/36. – 1993.
4. Микаэлян, А.Л. Теория и применение ферритов на сверхвысоких частотах / А.Л. Микаэлян. – М.-Л. : ГЭИ, 1963. – С. 521. – Ил. 9–24.
5. Кирсанов, Ю.А. и др. «Делитель СВЧ мощности». Патент Р.Ф. № 1145873, кл.Н 01 Р 1/38. – 1993.
6. Кирсанов Ю.А. и др. «Невзаимный делитель мощности». А.С. СССР № 1567050, кл.Н 01 Р 5/16. – 1990.
7. Кирсанов, Ю.А. и др. «Невзаимный делитель СВЧ мощности». Патент Р.Ф. № 1786558, кл. Н 01 Р 5/12, 1/32. – 1993.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ПРИМЕНЕНИЙ

В статье рассказывается о современных тенденциях развития электронной компонентной базы СВЧ, а именно о состоянии GaN технологии и технологии монолитных интегральных схем СВЧ. Приведено несколько конкретных примеров.

На сегодняшний день сохраняются две основные тенденции развития электронной компонентной базы СВЧ – повышение интеграции схем СВЧ и развитие технологии. Причем, если говорить о технологическом развитии, то имеет смысл сделать ударение именно на развитие GaN технологии, поскольку все остальные могут рассматриваться как пути улучшения достигнутых характеристик, а технологии, основанные на производстве GaN-элементов, позволяют достичь поистине революционных результатов.

Основные особенности GaN технологии и прогнозы развития, практически все из которых сбылись, очень хорошо показаны в статье [1]. В частности, там говорится про алмазный транзистор, и вот фирма Raytheon (подразделение IDS) в рамках одной из программ DARPA произвела успешную замену подложки из SiC на алмаз, который является более теплопроводящим материалом, что позволило в три раза увеличить плотность мощности транзисторов за счет сорока процентного уменьшения температуры канала [2].

В таблице 1 сравниваются электрические и тепловые свойства алмаза по сравнению с другими подложками, обычно используемыми как основа GaN.

Как видно из таблицы, теплопроводность алмаза почти в пять раз больше, чем у SiC. Еще алмаз – превосходный электроизолятор, что очень полезно при создании мощных СВЧ-усилителей.

Соответственно, устройства, сделанные по технологии GaN-on-Diamond, могут работать при более высоких температурах окружающей среды благодаря уменьшению теплового сопротивления между GaN каналом и подложкой или корпусом (до 40 %), что приводит к существенной экономии стоимости приборов за счет упрощения и удешевления системы охлаждения. При этом общий КПД системы и ее надежность возрастают.

Тепловое сопротивление полупроводника – очень важный параметр при разработке изделий, поскольку он определяет устойчивость системы к воздействию высокой температуры

окружающей среды. В качестве примера рассмотрим два устройства (таблица 2), имеющих одну и ту же температуру канала – 200°C. При этом, предположим, что рассеиваемая мощность – 5 Вт. Также в таблице 2 указано, какими будут перепад температуры и температура основания при работе устройств. Другими словами, при работе первого изделия температура окружающей среды может быть на 50°C больше.

Существенной разницей является то, что во втором случае система обеспечения тепловых режимов должна поддерживать температуру не более 100°C, а в первом – не более 150°C. В большинстве систем эта разница может стать определяющей. Возможно, что в первом случае хватит воздушного охлаждения, а во втором потребуется громоздкое и сложное жидкостное. Не стоит забывать и о параметрах, характеризующих надежность. Энергия активации, среднее время наработки на отказ и срок службы экспоненциально зависят от рабочей температуры.

Применение технологии GaN-on-Diamond приведет к уменьшению соотношения затрат на излучаемую мощность (\$/Вт), снижению затрат на охлаждение и выигрыш в габаритных размерах и массы, как непосредственно усилителей, так и систем в целом.

С учетом развивающихся технологий и высокого спроса интегральные схемы СВЧ развиваются очень динамично. Появляется все больше и больше монолитных интегральных усилителей, переключателей, ограничителей, аттенуаторов... Причем указанные микросхемы содержат не только РЧ часть, но и элементы питания и управления. Сегодня некоторые производители серийно выпускают готовые приемо-передающие модули для АФАР и ЦАФАР, правда, пока не для широкополосных применений.

Это отлично иллюстрируют несколько наглядных примеров.

Компания MACOM в феврале 2014 года поглотила производителя широкополосных GaN транзисторов – фирму NITRONEX [3], хотя и до этого у MACOM были хорошие собственные наработки в указанной области, что еще раз подчеркивает большую перспективность развития данного направления. После поглощения вниманию разработчиков были представлены некоторые новинки, среди которых результат совершенствования GaN технологий – транзистор NPT2019. Новинка

Таблица 1 – Сравнение электрических и тепловых свойств

Физическое свойство	Si	GaAs	SiC	Сапфир	ХОПФ-алмаз*
Теплопроводность, [Вт/(м*К)]	135–150	35–50	390–450	35	1000, 1500, 2000
Удельное сопротивление, Ом*см	~2,3x10 ⁵	~10 ⁴ –10 ⁸	~10 ⁴ –10 ⁶	~10 ¹⁷	~10 ¹³ –10 ¹⁶

* ХОПФ-алмаз (CVD diamond) – алмаз, полученный химическим осаждением из паровой фазы.

Таблица 2 – Параметры устройств

№	Технология	Тепловое сопротивление, [°C/Вт]	Перепад температуры, [°C]	Температура основания, [°C]
1	GaN-on-Diamond	10	50	150
2	GaN-on-SiC	20	100	100

обладает характеристиками, недостижимыми ранее – имеет выходную мощность 25 Вт при 16 дБ усиления, работает в полосе DC-6 ГГц. Транзисторы выпускаются, как в керамических, так и в пластиковых корпусах для печатного монтажа.

Компания Microsemi в мае 2014 года анонсировала выпуск на рынок своего нового продукта – монолитных интегральных схем СВЧ [4]. Основанная на богатой истории создания СВЧ-устройств, новая линейка первоначально включает 16 продуктов, охватывающих диапазон DC-40 ГГц, и широкополосные усилители, МШУ и коммутаторы, разработанные для коммуникационной и измерительной аппаратуры, оборонной и авиакосмической промышленности. Microsemi разрабатывает микросхемы, используя, как общепризнанную GaAs, так и находящуюся на стадии становления GaN полупроводниковую технологию. В частности, новые MMIC Microsemi включают в себя широкополосный усилитель MMA001AA, работающий в диапазоне DC-20 ГГц с коэффициентом усиления 17 дБ и SPDТ переключатель MMS002AA с развязкой 45 дБ в полосе частот DC-20 ГГц.

В апреле 2014 года компания Aeroflex выпустила на рынок новый интегральный переключатель-ограничитель MSWLM2420-242 с превосходными характеристиками, учитывая размеры 8x5x2,5 мм [5]. Новый интегральный переключатель-ограничитель работает в диапазоне частот 2–4 ГГц при средней мощности до 125 Вт и ослаблении до 0,85 дБ.

Электрическая схема этого усилителя приведена на рисунке 1.

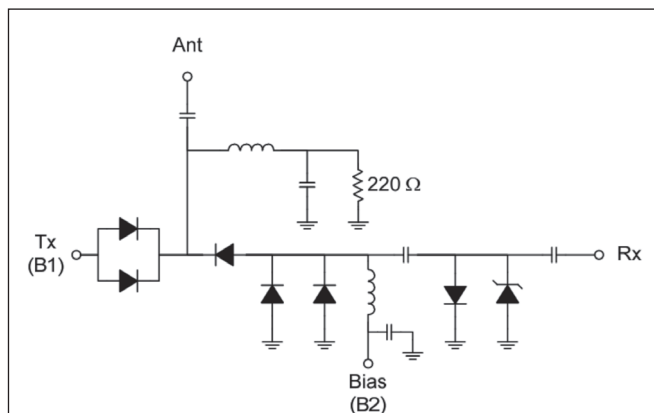


Рисунок 1 – Схема электрическая функциональная переключателя-ограничителя MSWLM2420-242

В заключении хотелось бы отметить, что владение информацией о новинках, тенденциях, текущем состоянии и перспективах развития технологий является необходимым условием успешности новой разработки. Современные разработки в области элементной базы СВЧ позволяют по-другому строить сложные радиотехнические системы. К сожалению, иногда приходится наблюдать как в спешном порядке меняется вся идеология новой системы и заново разрабатываются целые блоки по причине того, что на этапе проектирования были заложены морально устаревшие и зачастую снятые с производства компоненты. Напротив, можно привести достаточно много примеров, когда разработчики ориентировались на новейшие достижения, выбирая перспективную компонентную базу, и в результате оказывались в выигрыше. И дело не только в опыте и интуиции, но и в умении увидеть в потоке

информации вектор развивающейся технологии. Зачастую подобная аналитическая информация позволяет реализовать задуманное и решить техническую задачу, осуществить технический прорыв в разработке перспективных устройств, а владелец этой информации, безусловно, имеет необходимые конкурентные преимущества.

Литература:

1. Кишинский, А. Широкополосные транзисторные усилители СВЧ-диапазона: смена поколений / А. Кишинский // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2010. – № 2.
2. <http://raytheon.mediaroom.com/index.php?s=43&item;=2543>.
3. <http://www.macom.com/about/news-and-events/news-archive/row-col1/news-archive/macom-news-list-archive/macom-acquires-nitronex-llc>.
4. <http://investor.microsemi.com/2014-05-29-Microsemi-Complements-its-Extensive-RF-Product-Portfolio-with-New-Line-of-Monolithic-Microwave-Integrated-Circuit-Devices>.
5. http://ams.aeroflex.com/metelics/pdfs/AeroflexMetelics_April2014_Article.pdf.
6. <http://www.elec.ru/articles/tendentsii-razvitiya-svch-elektroniki-dlja-shiroko>.

Сергей Кузьмин,

статья предоставлена PT Electronics



поставка электронных компонентов

контрактное производство

тел.: +375 17 290 0082

факс: +375 17 290 0084

e-mail: info@horntrade.net

УНП 190491237

ПТСС ЗАО «Промтехсервиснаб»

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

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

Контрактное производство РЭА:

- ✓ Автоматизированный монтаж SMD-компонентов любой сложности.
- ✓ Комбинированный монтаж с использованием компонентов DIP (выводных), а также SMD (планарных).
- ✓ Сборка корпусных деталей и узлов.
- ✓ Ультразвуковая отмывка печатных плат и узлов высококачественными импортными растворами.
- ✓ Нанесение влагозащитных покрытий.

*Высокотехническое импортное оборудование обеспечивает высокое качество производимой продукции.

Продажа неликвидов ПКИ для РЭА:

- ✓ Резисторы, конденсаторы, транзисторы, микросхемы и т.д.

УНН 690277564

ШИРОКОПОЛОСНАЯ СВЧ-АНТЕННА БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ

Николай Панин,
инженер

В статье описана мощная СВЧ-антенна бегущей волны. От антенн с аналогичными характеристиками она отличается простотой изготовления.

В последнее время со стороны научных институтов и промышленных компаний возрос интерес к СВЧ-источникам и излучательным элементам высокой мощности, в частности, рассматривается возможность их использования в военных и гражданских системах.

Излучательные элементы являются важнейшей частью СВЧ-систем, поэтому к их разработке следует относиться очень серьезно. Основную сложность представляет воздействие излучаемой энергии на саму систему. Поскольку излучение имеет высокую мощность, то оно может вызвать неисправности в работе расположенного близко к антенне оборудования, если излучение направлено на него.

Чтобы обеспечить высокую эффективность при излучении мощных импульсов, следует учесть несколько аспектов.

1. Широкая полоса частот. Излучаемые импульсы очень короткие, поэтому занимают широкую полосу. Антенна должна работать в соответствующем диапазоне частот.

2. Направленность. Антенна должна быть направленной, чтобы энергия не попадала на персонал или оборудование, которые находятся в непосредственной близости.

3. Высокая эффективность. Излучательный элемент и облучатель должны работать согласованно, чтобы не возникало стоячих волн, которые могут привести к электрическому пробоям.

4. Рассеяние мощности. Антенны должны быть достаточно массивными, чтобы обеспечить должное рассеяние энергии и не допустить электрического пробоя.

5. Дисперсия. В некоторых приложениях, таких как широкополосные радары, необходимо учитывать дисперсию излучения, поскольку эти системы основаны на корреляции между переданным и принятым сигналом.

Дисперсия излучения характеризует степень расползания импульса вследствие отклонений фазового центра антенны в широкой полосе частот.

Конструкция

Рассматриваемая антенна состоит из двух параллельных пластин, которые при излучении отгибаются друг от друга (рисунок 1). Эта антенна представляет собой модифицированную версию антенны, состоящей из двух копланарных серповидных вибраторов (valentine antenna) и являющейся, в свою очередь, вариацией ТЕМ-рупура.

На рынке представлены антенны, отвечающие требованиям по HPP, однако, они сложны в изготовлении и требуют использования численного программного управления (ЧПУ). Разработка легкой в изготовлении антенны – это приоритетный критерий, на втором месте стоят характеристики работы. Они могут быть неоптимальными и требовать модернизации, однако, должны отвечать предъявляемым требованиям.

Механизм излучения

Механизм излучения аналогичен применяемому в антенне бегущей волны. Сначала на входе антенны между двумя параллельными пластинами создается электрическое поле. Когда пластины начинают отклоняться, волновое сопротивление изменяется и начинается излучение. Излучение формируется по мере того, как импульс проходит между двумя отклоняющимися пластинами. Каждая спектральная компонента излучается тогда, когда расстояние между пластинами равно половине длины ее волны. В этой области волновое сопротивление такое же, как в случае открытого пространства, т.е. 120 п Ом. По этой причине высокие частоты излучаются в начале, а низкие – в конце антенны, как показано на рисунке 2.

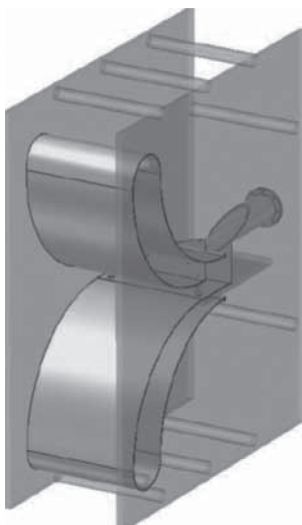


Рисунок 1 – Трехмерная модель антенны

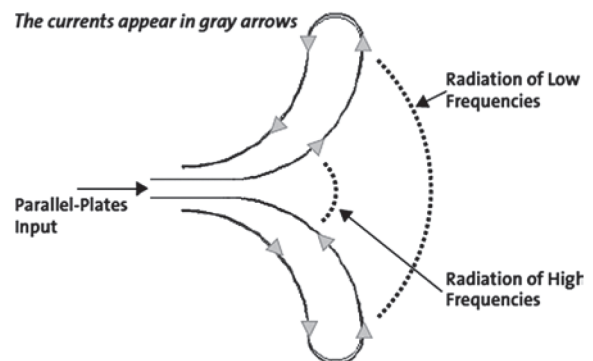


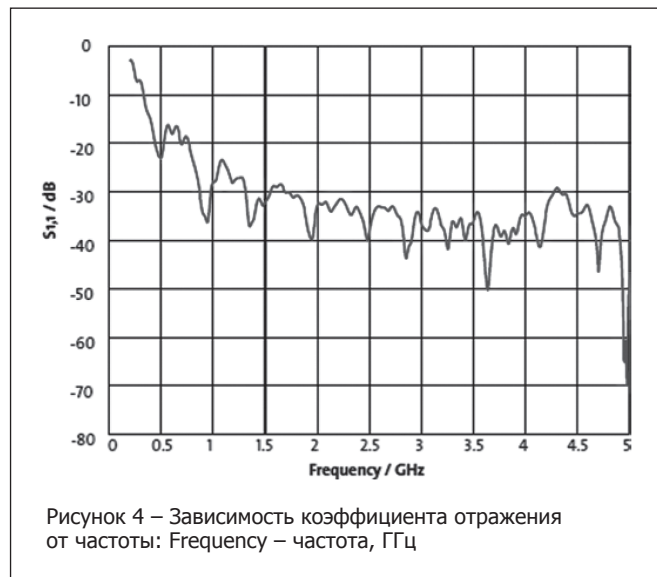
Рисунок 2 – Распределение токов (направление токов показано серыми стрелками):
Parallel-plates input – вход со стороны расположенных параллельно пластин;
Radiation of low frequencies – излучение низких частот;
Radiation of high frequencies – излучение высоких частот

Диаметр закругленной части был увеличен в целях ослабления тока, отраженного от конца антенны, и повышения эффективности излучения низких частот. Антенна изготовлена из алюминия и имеет конечное сопротивление. Неизлученные токи рассеиваются омическим сопротивлением металла, в противном случае, они возвращаются в генератор и, если не предусмотрено должной терминции, может возникнуть второй паразитный импульс.

На рисунке 3 показано распределение электрической энергии по излучательному элементу, полученное с помощью инструмента T-solver среды CST Studio Suite. Среда CST была запущена на рабочей станции HP с ядром i7-3820 Intel 3,6 ГГц и графическим процессором Tesla C2075. Импульсы низкой частоты генерируются на дальнем конце излучательного элемента, а высокие – в его начале.



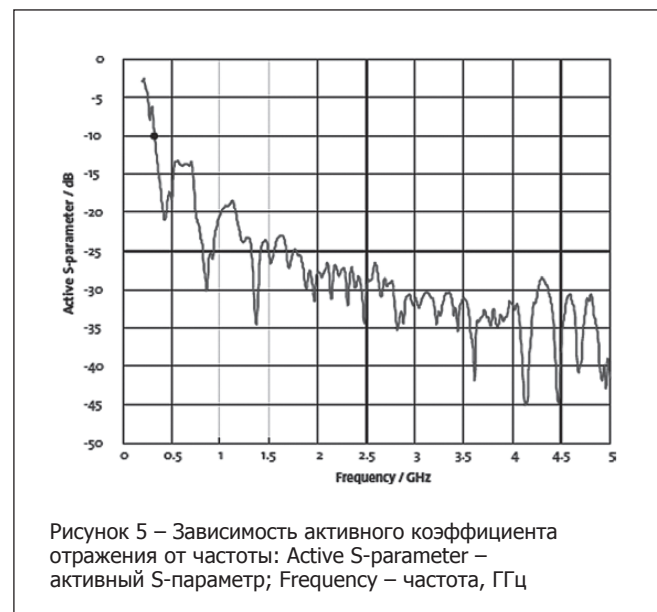
Во избежание рассеяния мод внутри волновода он спроектирован так, чтобы приводился в возбужденное состояние только ТЕМ-модами, а моды более высоких порядков очень слабы. Поляризация антенны вертикальная, антенна крепится вертикально.



Моделирование

На рисунке 4 приведены полученные S_{1,1} параметры излучательного элемента. Моделирование проводилось на полосе 0,2...5 ГГц. В верхней полосе (примерно выше 2,5 ГГц) чистая ТЕМ-мода не может быть получена, по-

скольку одновременно возбуждаются моды более высокого порядка. По этой причине моделирование было проведено иначе. На этот раз возбуждаемое поле являлось суперпозицией полей, порожденных первой, второй и третьей модами, испущенными одновременно. Коэффициент отражения в этом случае называется активным S-параметром (рисунок 5). Параметры моделирования дальнего поля показаны на рисунках 6–8.



В E-плоскости $\theta = \pi/2$, $\phi = [0, 2\pi]$; в H-плоскости $\phi = \pi/2$, $\theta = [0, 2\pi]$. На рисунке 9 показана диаграмма направленности (в дБи) как функция частоты. Как и следовало ожидать, направленность увеличивается с ростом частоты.

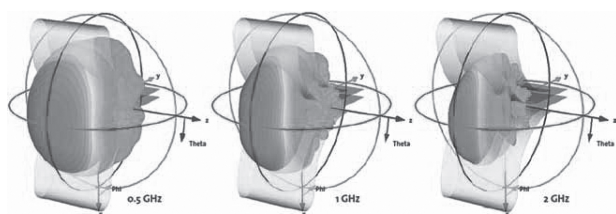


Рисунок 8 – Объемная диаграмма направленности

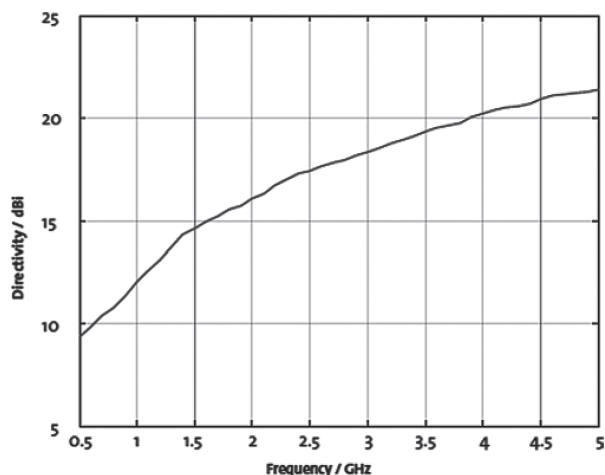


Рисунок 9 – Зависимость степени направленности от частоты: Frequency – частота, ГГц; Directivity – направленность

Переход между волноводами

В месте соединения коаксиального волновода с параллельными пластинами внешняя часть коаксиального волновода отрезана, а центральный проводник имеет конусообразную форму (рисунок 10). Излучение обеспечивает дифференциальная мода. Она создает разность потенциалов между пластинами ТЕМ-рупора. Синфазные

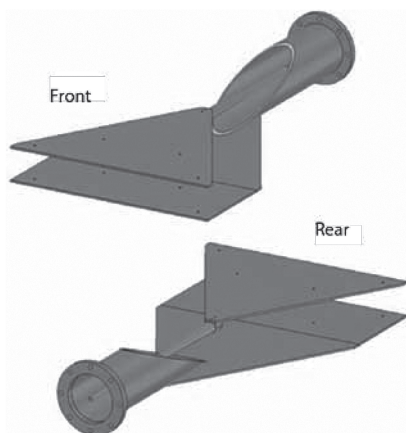


Рисунок 10 – Схематичное изображение области перехода между волноводами: Front – передний конец; Rear – задний конец

моды излучаются в ненужном направлении и вызывают только потребление энергии. Необходимо уменьшать энергию синфазных мод путем подбора оптимального угла сечения. На рисунках 11 а, б показано распределение заряда для синфазной и дифференциальной мод.

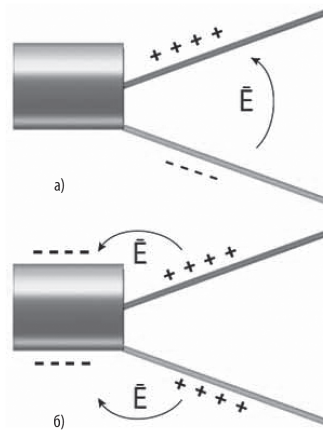


Рисунок 11 а – дифференциальные моды; б – синфазные моды

Проектирование и тестирование

В отличие от предыдущих разработок, предлагаемая конфигурация переходного соединения намного проще в изготовлении и не требует использования дорогого ЧПУ. Для определения степени согласования энергии в зависимости от угла сечения был проведен параметрический анализ. Угол сечения менялся в пределах 15...25°. Найденное оптимальное значение составляет 21°. Выше этого значения появляются синфазные моды, ниже – увеличивается коэффициент отражения. Следующим, подлежащим анализу параметром, является радиус внутреннего проводника на его толстом конце.

По мере того, как внешний проводник становится более гладким, толщина центрального провода увеличивается (рисунок 12). Это сделано для компенсации уменьшения емкости, вызванного изменением формы внешнего проводника.

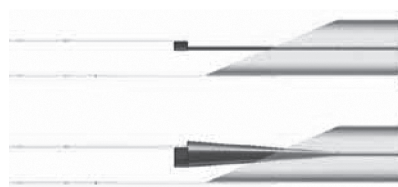


Рисунок 12 – Варианты конфигурации внутреннего проводника

На рисунке 13 видно, что по мере увеличения радиуса внутреннего проводника согласование становится более точным. Увеличение на 2 мм (с 3,5 до 5,5 мм) дает значительное улучшение, особенно в верхней полосе частот.

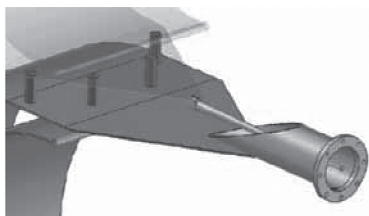


Рисунок 13 – Коэффициент отражения при различных значениях радиуса большего сечения центрального проводника: Frequency – частота, ГГц

Структура в целом

Построение антенны завершается электрическим и механическим соединением области перехода с коаксиального волновода на отклоняющиеся пластины (рисунок 14). Внутренний конусообразный проводник подсоединяется к параллельным пластинам с помощью небольшого сокетa. Он привинчен к верхней пластине двумя винтами. Заметим, что параллельные пластины в этой точке узкие и адиабатически расширяются до значения, полученного во время моделирования. Чтобы обеспечить зазор между пластинами, между ними вставлены и прикреплены винтами четыре разделителя из оргстекла. Они расположены по линии фиксированного волнового сопротивления.

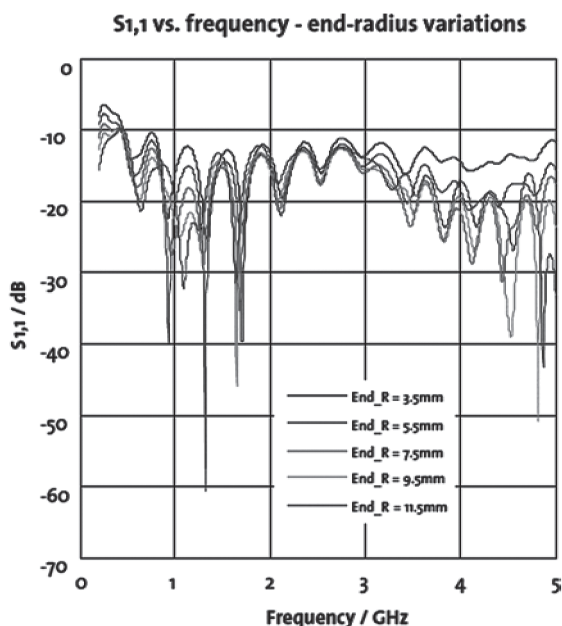


Рисунок 14 – Соединение между коаксиальным волноводом и параллельными пластинами

На рисунке 15 представлен коэффициент отражения антенны. На центральной частоте $f_c = 1$ ГГц, что соответствует ширине импульса 1 нс, достигается точное согласование. Вполне достаточно, чтобы согласование было обеспечено в частотном диапазоне 0,3...3 ГГц, однако, заметим, что область перехода сохраняет согласование и на более высоких частотах. В этом верхнем диапазоне моды

более высоких порядков будут возбуждаться не только в волноводе из параллельных пластин, но и в коаксиальном волноводе. Речь идет о модах TE₁₁ и вырожденной TE₁₁. Их угловая частота $f_{\text{cutoff, TE10}} = 2,25$ ГГц, что намного выше используемого диапазона.

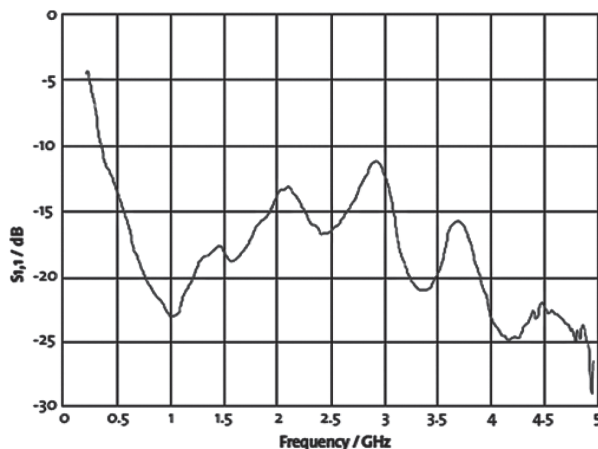


Рисунок 15 – Коэффициент отражения готовой антенны: Frequency – частота, ГГц

Корпус антенны

Корпус антенны, изготовленный из оргстекла, показан на рисунках 16 и 20. На рисунках 17-19 показана диаграмма направленности излучения антенны с корпусом.

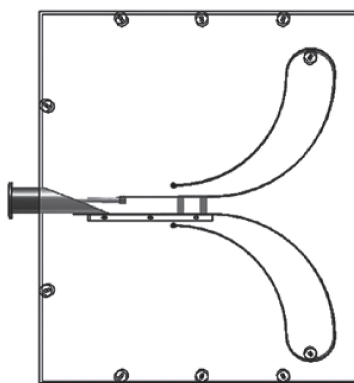


Рисунок 16 – Корпус антенны (вид сбоку)

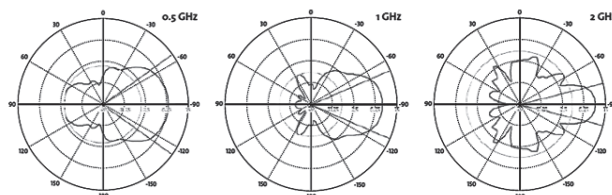


Рисунок 17 – Диаграмма направленности готовой антенны в H-плоскости

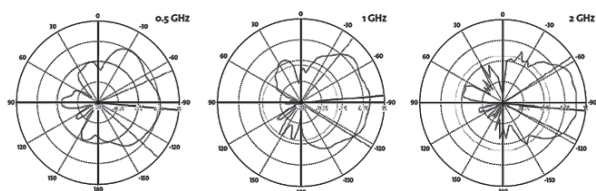


Рисунок 18 – Диаграмма направленности готовой антенны в Е-плоскости

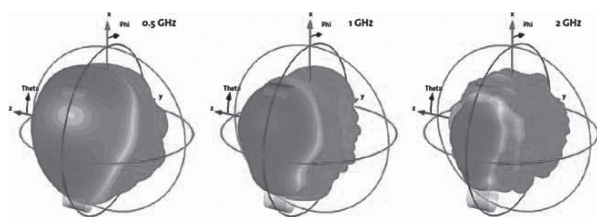


Рисунок 19 – Трехмерная диаграмма направленности готовой антенны

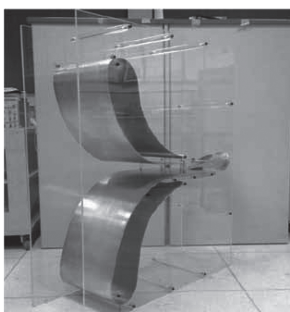


Рисунок 20 – Внешний вид антенны в корпусе

Видно, что синфазная составляющая незначительно возбуждается на нижней полосе, однако, это не оказывает заметного влияния на диаграмму направленности, особенно вблизи центральной частоты. Сам по себе корпус не отражает энергии и не провоцирует возникновения поверхностных волн.

Измерения

Для передачи мощных сигналов следует обратить внимание на поглощение энергии, чтобы не повредить расположенного поблизости оборудования. Измерения должны быть проведены в изолированной от внешних электромагнитных воздействий экранированной среде. На диаграмму направленности не влияет энергия, отраженная от окружающих объектов, особенно, если они изготовлены из металла.

Антенна была протестирована двумя способами: с помощью емкостного делителя напряжения и D-Dot-датчика. Чтобы оценить переданный сигнал, емкостный делитель напряжения был добавлен в точку, где коаксиальный волновод полностью заканчивается и начинаются параллельные пластины. Емкостный делитель напряжения сформирован из тонкой диэлектрической прослойки, которая прикреплена к нижней пластине антенны с одной стороны и к медной пластине – с другой. Получается

конденсатор, напряжение с которого снимается с помощью щупа осциллографа, подключенного напрямую.

Осциллограмма напряжения на делителе показана на рисунке 21. Время нарастания импульса составляет около 1,2 нс. Измерения проводились в точке окончания переходной области между волноводами. Сигнал не искажается и область перехода не ухудшает качества работы.

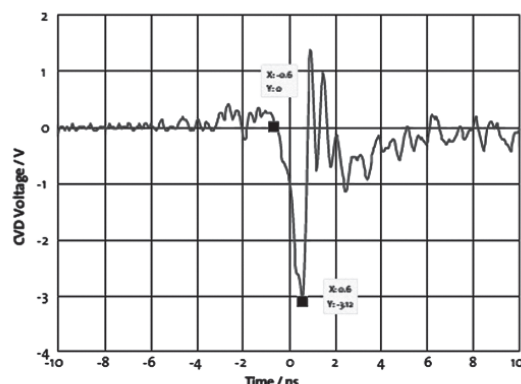


Рисунок 21 – Измеренное напряжение на емкостном делителе: Voltage – напряжение, Time – время

Для измерения электрического поля на разных расстояниях антенна была расположена в безэховой камере с датчиком D-Dot. Расстояние между ними – 270 см. Интенсивность электрического поля на этом расстоянии – 156,87 кВ/м², мощность принятого сигнала пропорциональна 1/r⁴. Измерения показывают, что изготовленная антенна отвечает всем требованиям.

Заключение

Мы рассмотрели антенну со сверхширокой полосой частот, обеспечивающую передачу и прием импульсов высокой мощности (длительность импульса – 1 нс, пиковое напряжение – 100 кВ). Характеристики антенны исследованы в среде CST Studio Suite. Испытания готового образца подтвердили соответствие характеристик антенны предъявляемым требованиям.

Литература:

1. MATLAB, Ver. R2011a // The MathWorks Inc.
2. CST Studio Suite 2011, Ver. 2011 // CST – Computer Simulation Technology, AG.
3. Cadilhon, B. High pulsed power sources for broadband radiation / B. Cadilhon, L. Pécastaing, T. Reess, A. Silvestre de Ferron, P. Pignolet, S. Vauchamp, J. Andrieu, M. Lalande // Plasma Science, IEEE Transactions on. – Plasma Science, IEEE Transactions on. – Vol. 38, № 10.
4. Baum, C.E. Radiation of impulse-like transient fields / C.E. Baum // Sensor and simulation notes. – 1989. – Note 321.
5. Farr, E.G. Design Considerations for ultra-wideband, high-voltage baluns / E.G. Farr, G.D Sower, C.J. Buchenaur // Sensor and Simulation notes. – 1994. – Note 371.
6. Cadilhon, B. Improvement of an ultra-wideband antenna for highpower transient applications / B. Cadilhon, L. Pecastaing, S. Vauchamp, J. Andrieu, V. Bertrand, M. Lalande // Microwaves, Antennas&Propagation, IET. – 2009. – Vol. 3, № 7.
7. EG&G, Division of URS Corporation // ADC D-Dot (Free field).

Журнал «Электронные компоненты», №8, 2014

ОТЧЕТ О ПРОВЕДЕНИИ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ OSTIS-2015 (OPEN SEMANTIC TECHNOLOGY FOR INTELLIGENT SYSTEMS – ОТКРЫТЫЕ СЕМАНТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ)

19-21 февраля 2015 года в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники прошла V-я Международная научно-техническая конференция «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2015), которая была посвящена 20-летию открытия специальности «Искусственный интеллект» в Республике Беларусь, а также 20-летию начала обучения студентов по этой специальности на созданной для этого кафедре Интеллектуальных информационных технологий БГУИР.

Основной целью ежегодных конференций OSTIS (Open Semantic Technology for Intelligent Systems) является создание условий для расширения сотрудничества различных научных школ, вузов и коммерческих организаций, направленных на разработку и применение комплексной массовой и постоянно совершенствуемой технологии компонентного проектирования интеллектуальных систем.

Организаторы конференции:

- Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»;
- Российская ассоциация искусственного интеллекта;
- Государственное учреждение «Администрация Парка высоких технологий» (Республика Беларусь);
- Научно-технологическая ассоциация «Инфопарк»;
- Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси;
- Научно-исследовательский институт «Прикладная семантика» АН РТ;
- Институт информатизации образования Российской академии образования;
- Компании: Международная ИТ-компания «Itransition», Компания «Melesta», Компания «Qulix Systems», Digital-агентство «ARTOX media», Компания «ВирусБлокАда», Компания «LogicNow», ЧУП «Андерсансофт», ООО «Прикладные системы», ООО «АйтиРекс Групп», ЧУП «Айтиминт», ЧП «Нейролаб», ИООО «Седон БЛР», СООО «Интетикс Бел».

По результатам рецензирования представленных статей Программным комитетом были сформированы Сборник материалов конференции и программа конференции. В соответствии с программой был определен формат проведения конференции OSTIS-2015.

Участники конференции могли познакомиться с текстами докладов, опубликованными на сайте конференции до ее начала. Благодаря этому, докладчикам не было необходимости озвучивать этот текст, а акцентировать внимание на ключевые его положения. Кроме того, это позволило задать докладчикам большее число вопросов и больше времени посвятить обсуждению вопросов, затронутых в докладах.

Каждому докладу по желанию докладчиков было предоставлено место и время для выставочной презентации, где докладчики могли во время проведения выставки обсудить свои научные результаты и продемонстрировать разработанные ими системы.

Всего было опубликовано 94 статьи, прошедшие рецензирование Программным комитетом, из которых было заслушано 49 докладов. Среди них: 12 докладов докторов и 11 докладов кандидатов наук, а также 26 докладов молодых ученых.

Всего же в работе конференции приняли участие 24 доктора наук, 26 кандидатов наук и более 100 студентов, магистрантов и аспирантов различных вузов и различных городов.

География участников конференции OSTIS-2015 весьма обширна и охватывает 24 города России, Беларуси, Украины, Казахстана и Узбекистана: Москва, Санкт-Петербург, Владивосток, Новосибирск, Иркутск, Волгоград, Казань, Самара, Ульяновск, Тверь, Пермь, Апатиты, Томск, Тюмень, Йошкар-Ола, Минск, Сморгонь, Барановичи, Брест, Гродно, Киев, Кременчуг, Астана, Ташкент.

В рамках конференции OSTIS-2015 Программным комитетом конференции был проведен конкурс докладов молодых ученых. Наивысшую оценку жюри получили следующие доклады:

- «Средства поддержки компонентного проектирования систем, управляемых знаниями» Шункевич Д.В., Давыденко И.Т., Корончик Д.Н., Жуков И.И., Паркалов А.В., БГУИР, г. Минск;
- «Реализация платформы для web-ориентированных систем, управляемых знаниями» Корончик Д.Н., БГУИР, г. Минск;
- «Методика компонентного проектирования систем, управляемых знаниями» Шункевич Д.В., Давыденко И.Т., Корончик Д.Н., Губаревич А.В., Борискин А.С., БГУИР, г. Минск.

По итогам конкурса докладов молодых ученых 26 докладов получили дипломы, подтверждающие участие в конференции OSTIS-2015 и конкурсе, а также рекомендацию для их издания в различных научных журналах, оказывающих информационную поддержку конференции, а также в журнале «Доклады БГУИР».

В рамках конференции OSTIS-2015 был также проведен конкурс студенческих проектов интеллектуальных систем.

По всем этапам конкурса независимое жюри выставило балл от 0 до 10 за каждую презентацию проекта. В жюри конкурса вошли члены Программного комитета конференции, представители различных коммерческих структур, являющиеся резидентами Парка высоких технологий и не только.

По результатам голосования жюри конкурса проекты-участники были распределены по 3 местам следующим образом:

I место: Интеллектуальная справочная система по истории г. Минска. Разработчики – Губаревич Анастасия, Наташкин Александр, Черных Ольга, Карпач Владимир, Ковалев Евгений. Научно-технический консультант – аспирант кафедры ИИТ БГУИР Русецкий К.В.

II место: Программный комплекс для обработки и структурной детализации цветных эндоскопических изображений. Разработчик – Головатая Екатерина, Научный консультант – доцент кафедры интеллектуальных систем БГУ Калацкая Л.В.

III место: Система тестирования «Реакция на движущиеся объекты». Разработчик – Михайлов Артем. Научно-технический консультант – профессор Сидоркина И.Г., эксперт предметной области – профессор Роженцов В.В., Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола, РФ.

II место: Система тестирования «Скорость реакции». Разработчик – Порядин Антон. Научно-технический консультант – профессор Сидоркина И.Г., эксперт предметной области – профессор Роженцов В.В., Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола, РФ.

III место: Интеллектуальная справочная система по правилам дорожного движения. Разработчики – Лебедин-

ский Роман, Нищеретов Павел, Шабатько Виталий. Научно-технический консультант – Корончик Д.Н., БГУИР.

III место: Интеллектуальная справочная система по географии Республики Беларусь. Разработчики – Гадуцкий Антон, Мещаненко Никита, Хвалько Алексей, Каранец Екатерина, Радюкевич Галина, Седельник Артем, Дударенко Мария, Малашкевич Станислав, Шагойко Михаил, Мелкумов Артем, Рудник Александр. Научно-технический консультант – Самодумкин С.А., эксперт предметной области доцент Мельниченко Д.А., БГУИР.

В рамках конференции был проведен круглый стол, посвященный проблемам развития рынка систем, основанных на знаниях. В нем приняли участие представители науки, образования и бизнеса, а также студенты, магистранты и аспиранты БГУИР.

Решения конференции:

- провести VI Международную научно-техническую конференцию OSTIS 18–21 февраля 2016 года;
- расширить географию участников конкурса студенческих проектов интеллектуальных систем и конкурса докладов и проектов молодых ученых;
- в рамках конференции OSTIS-2016 провести конкурс докладов и проектов молодых ученых;
- в рамках конференции OSTIS-2016 провести круглый стол, посвященный проблемам развития рынка систем, основанных на знаниях.

Регистрация участников конференции



Торжественное открытие конференции



Голенков Владимир Васильевич – заведующий кафедрой интеллектуальных информационных технологий БГУИР



Живицкая Елена Николаевна – проректор по учебной работе и менеджменту качества БГУИР

Зал был полон заинтересованными лицами представителей различных структур.





Как люди принимают решения поведал председатель конференции Кузнецов Олег Петрович – Председатель Совета РАИИ, заведующий лабораторией, Институт проблем управления РАН, г. Москва, Россия



Шункевич Данила Вячеславович – «Средства поддержки компонентного проектирования систем, управляемых знаниями»

Представленные доклады бурно обсуждались среди слушателей.



Стендовые доклады и выставочная презентация конкурсных проектов молодых ученых и студентов



ПРОБЛЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КОМПЕНСАЦИИ МЕШАЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

А.Н. Сидоревич, ОАО «КБ Радар»;
И.Н. Давыденко, НПО «ОКБ ТСП», г. Минск

Аннотация

В статье делается обзор вопросов, связанных с повышением помехозащищенности РЛС, когерентной компенсации мешающих излучений, технической реализации автокомпенсаторов мешающих излучений, а также приведены факторы с оценкой их влияния на эффективность подавления помех.

Введение

Радиолокация – это обнаружение и распознавание объектов с помощью радиоволн, а также определение их местоположения и параметров движения в пространстве. В радиолокации обычно используются отраженные от цели сигналы или сигналы, излучаемые самой целью и радиоустройствами, установленными на ней.

Обнаружение отраженного сигнала, как правило, осуществляется на фоне шумов и помех. Помехи – мешающие отражения или мешающие излучения, которые по происхождению могут быть естественными и искусственными, создаваемыми преднамеренно для нарушения или полного подавления нормального функционирования радиолокационной станции (РЛС).

Выделение полезного сигнала из помех осуществляется на основе их детерминированных и статистических различий, которые могут быть энергетическими, частотными, временными, спектральными, пространственными и поляризационными [1].

В основе автокомпенсации мешающих излучений лежат пространственные различия полезного сигнала и помехи [2], т.к. полезный сигнал принимается по основному лепестку диаграммы направленности антенны, а помеховый – по боковым лепесткам этой же антенны.

Воздействие помех, принятых по боковым лепесткам, ухудшает соотношение сигнала и шума и, тем самым, резко сокращает зону обнаружения РЛС. Это приводит к появлению в пространстве радиолокационного поля неконтролируемых участков и уменьшению вероятности обнаружения цели.

Необходимость повышения помехозащищенности РЛС обусловлена постоянным развитием технических средств радиоэлектронного подавления и совершенствованием тактики их применения. Наиболее действенным средством защиты от радиоэлектронного подавления для РЛС, использующих активный способ локации, является применение автокомпенсаторов мешающих излучений [3]. Повышение эффективности компенсации помех напрямую повышает способности РЛС по своевременному обнаружению радиолокационных целей и точности определения координат и параметров движения целей.

1 Принцип когерентной компенсации активных шумовых помех

Когерентная компенсация мешающих излучений (ККМИ) заключается в выравнивании амплитуды и фазы сигнала мешающих излучений в основном и компенсационном каналах и

их последующем межканальном вычитании [4]. На рисунке 1 приведен когерентный компенсатор мешающих излучений.

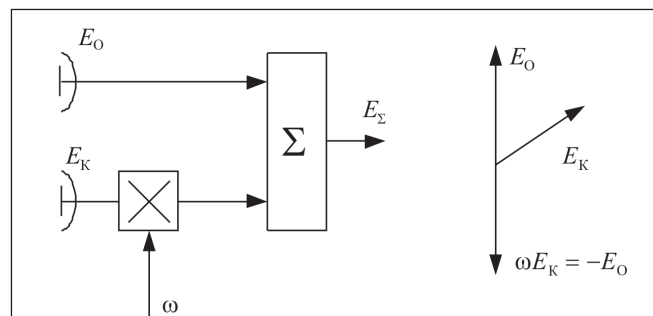


Рисунок 1 – Когерентный компенсатор мешающих излучений:
 E_K – комплексная амплитуда сигнала помехи в компенсационном канале; E_O – комплексная амплитуда сигнала помехи в основном канале;
 E_Z – комплексная амплитуда сигнала помехи на выходе автокомпенсатора; ω – комплексный весовой коэффициент

В результате обеспечивается компенсация мешающих излучений на выходе сумматора устройства ККМИ. С точки зрения диаграммы направленности устройства обработки, это означает, что результирующая диаграмма направленности формирует провал в направлении на источник мешающих излучений, что показано на рисунке 2.

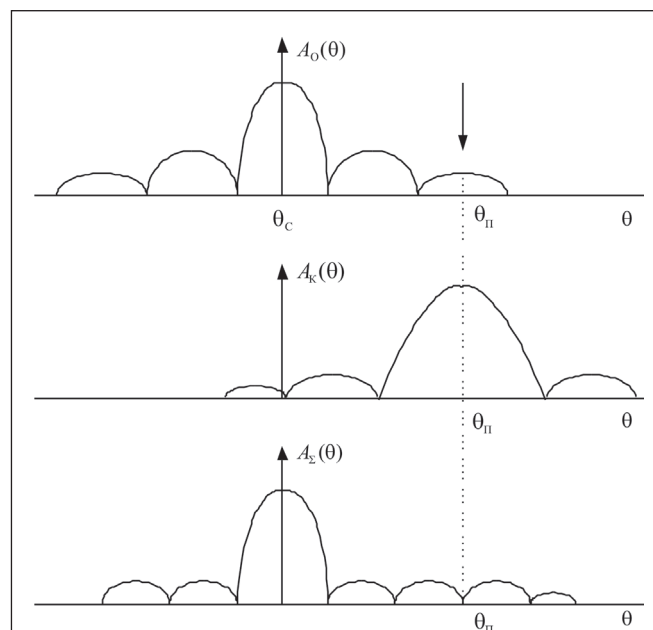


Рисунок 2 – Диаграмма направленности антенн:
 $A_O(\theta)$ – диаграмма направленности основной антенны;
 $A_K(\theta)$ – диаграмма направленности компенсационной антенны;
 $A_Z(\theta)$ – диаграмма направленности по выходу автокомпенсатора;
 θ_n – угловая координата постановщика помехи

Из-за быстрого перемещения луча основной антенны за счет ее сканирования и изменения не только амплитуды, но и фазы требуемого весового коэффициента, а также необходимости одновременной компенсации сигналов нескольких источников помех ручная регулировка весового коэффициента ω в устройстве ККМИ не представляется возможной.

В этой связи, устройство когерентной компенсации мешающих помех должно обеспечивать автоматическую регулировку весового коэффициента ω без участия оператора, что реализуется в автокомпенсаторах мешающих излучений.

Автокомпенсатор мешающих излучений (АКМИ) представляет собой следящий измеритель весового коэффициента ω , принцип работы которого заключается в интегрировании (сглаживании) сигнала ошибки измерения [1]. Автокомпенсатор предназначен для подавления активных шумовых помех, принимаемых по боковым лепесткам диаграммы направленности основной антенны.

Обобщенная структурная схема АКМИ представлена на рисунке 3.

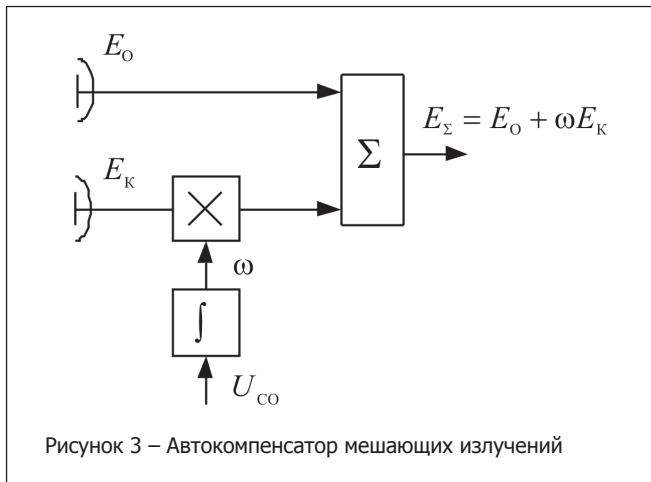


Рисунок 3 – Автокомпенсатор мешающих излучений

В качестве сигнала ошибки используют производную критерия качества устройства обработки по измеряемому параметру [2]:

$$U_{CO} = \pm \frac{dF(\omega)}{d\omega}, \quad (1)$$

где $F(\omega)$ – критерий качества работы устройства.

Производная $dF(\omega) / d\omega$ берется со знаком «-», если критерий качества необходимо минимизировать, и со знаком «+», если критерий качества необходимо максимизировать.

В качестве критерия работы АКМИ используется критерий минимума мощности выходного сигнала $P_{\text{ВЫХ}}(\omega)$ [5]:

$$F_{\text{АКМИ}}(\omega) = P_{\text{ВЫХ}}(\omega) = |E_{\Sigma}|^2 = E_{\Sigma} \cdot E_{\Sigma}^*. \quad (2)$$

Графики, поясняющие принцип работы следящего измерителя весового коэффициента АКМИ, приведены на рисунке 4.

Из рисунков видно, что при подаче на интегратор сигнала ошибки происходит автоматическая подстройка весового коэффициента до своего оптимального значения независимо от величины и знака расстройки.

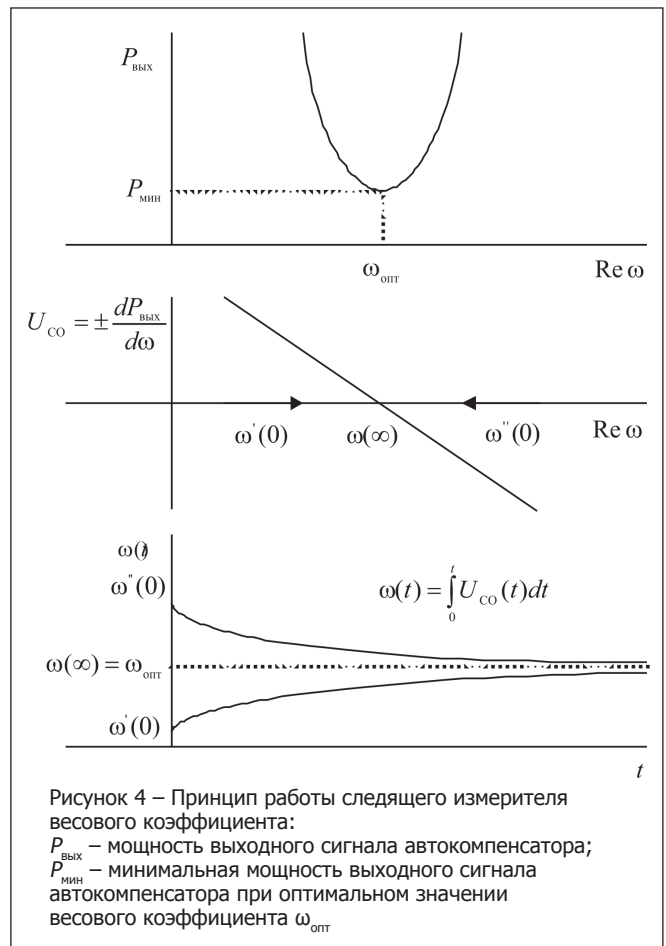


Рисунок 4 – Принцип работы следящего измерителя весового коэффициента:
 $P_{\text{ВЫХ}}$ – мощность выходного сигнала автокомпенсатора;
 $P_{\text{МИН}}$ – минимальная мощность выходного сигнала автокомпенсатора при оптимальном значении весового коэффициента $\omega_{\text{ОПТ}}$

Алгоритм работы АКМИ определяется алгоритмом работы дискриминатора сигнала ошибки измерителя весового коэффициента [3]:

$$U_{CO} = \frac{dP_{\text{ВЫХ}}}{d\omega} = \frac{d|E_O + \omega E_K|^2}{d\omega} = -2E_{\Sigma} \cdot E_K^*. \quad (3)$$

С учетом выражения (3) алгоритм работы АКМИ можно пояснить с помощью рисунка 5. Сигнал ошибки измерения весового коэффициента в частном случае с точностью до несущественного постоянного множителя равен производной мощности выходного сигнала устройства обработки по измеряемому весовому коэффициенту и реализуется за счет корреляционной обратной связи.

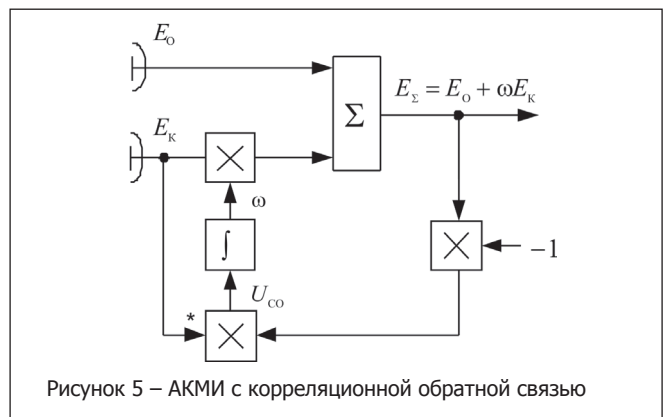


Рисунок 5 – АКМИ с корреляционной обратной связью

2 Техническая реализация АКМИ

Алгоритм работы АКМИ предполагает умножение принятого сигнала (его комплексной амплитуды) на комплексный весовой коэффициент.

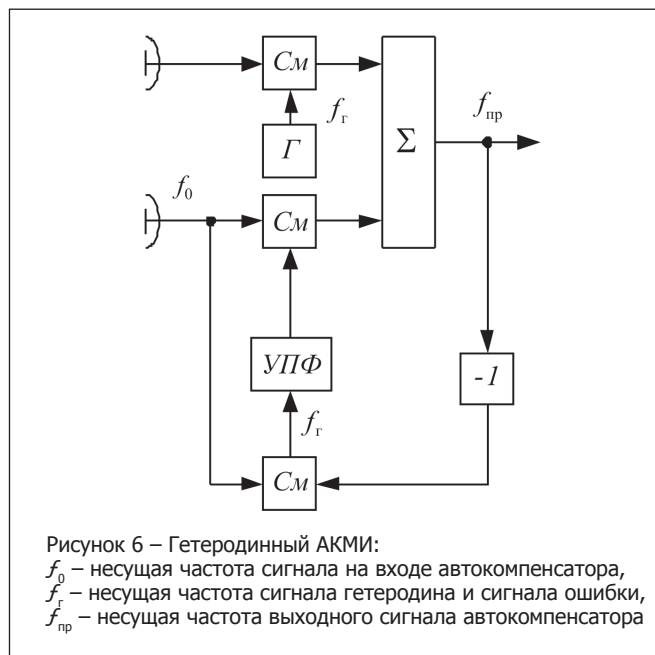
В зависимости от способа реализации операции умножения принятого сигнала на комплексный весовой коэффициент различают гетеродинный и квадратурный автокомпенсаторы [6].

В гетеродинном АКМИ в качестве перемножителя используется смеситель, выходной сигнал которого описывается выражением:

$$U_{\text{вых}} = |U_{\text{вх1}}| \cdot |U_{\text{вх2}}| \cdot \cos((\omega_1 - \omega_2)t + \phi_1 + \phi_2), \quad (4)$$

где $|U_{\text{вх1}}|$, ω_1 , ϕ_1 – амплитуда, частота и фаза сигнала первого входа, $|U_{\text{вх2}}|$, ω_2 , ϕ_2 – амплитуда, частота и фаза сигнала второго входа смесителя.

Заметим, что в этом случае операция перемножения комплексных амплитуд входных сигналов также сопровождается переходом на промежуточную (разностную) частоту. Схема гетеродинного АКМИ приведена на рисунке 6.

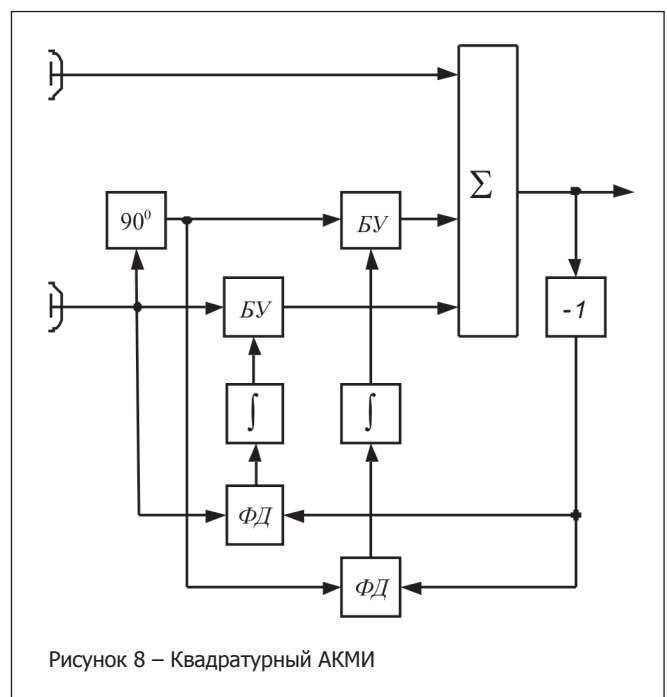
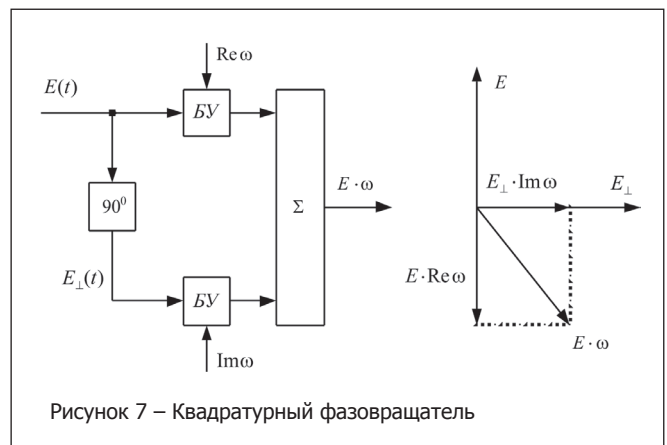


В гетеродинном АКМИ сигнал ошибки вырабатывается на радиочастоте (частоте гетеродина f_r), роль интегратора сигнала ошибки выполняет узкополосный фильтр (УПФ), роль перемножителя играет смеситель (СМ).

В квадратурном АКМИ умножение на комплексный весовой коэффициент обеспечивается за счет суммирования с различными амплитудами сдвинутых по фазе на исходных колебаний. Это показано на рисунке 7.

Регулирование амплитуды исходных колебаний осуществляется в балансных усилителях (БУ), которые обеспечивают инвертирование входных сигналов при изменении полярности управляющих напряжений. Схема квадратурного АКМИ приведена на рисунке 8.

В квадратурных АКМИ роль перемножителей в цепи корреляционной обратной связи играют фазовые детекторы (ФД), а формирование сигналов ошибки и весовых коэффициентов производится на видеочастоте. Роль интеграторов



сигнала ошибки выполняют либо RC-цепочки, либо интеграторы на операционных усилителях [6].

По типу используемой элементной базы можно выделить аналоговые (напряжение и ток могут изменяться непрерывно во времени) и цифровые схемы (сигнал может принимать только несколько различных дискретных состояний).

По числу каналов обработки можно выделить одноканальные и многоканальные автокомпенсаторы. Одноканальный автокомпенсатор имеет один вспомогательный канал и способен подавлять активную помеху, действующую лишь с одного направления. При одновременном действии в зоне обнаружения РЛС нескольких источников помех с разных направлений используется многоканальный автокомпенсатор.

В зависимости от места реализации перемножителей различают автокомпенсаторы на радиочастоте, на промежуточной частоте, на видеочастоте. В автокомпенсаторах на радиочастоте умножение на комплексные весовые коэффициенты осуществляется непосредственно на частоте принимаемых сигналов.

В автокомпенсаторах на промежуточной частоте умножение на комплексные весовые коэффициенты осуществляется после перевода принятых сигналов на промежуточную частоту.

В автокомпенсаторах на видеочастоте умножение на комплексные весовые коэффициенты осуществляется после перевода принятых сигналов на видеочастоту. Автокомпенсатор на видеочастоте может быть реализован как в аналоговом, так и цифровом виде. Перевод принятых сигналов на видеочастоту предполагает формирование двух квадратурных составляющих (x , y) каждого принятого сигнала, характеризующих реальную и мнимую части его комплексной амплитуды.

Квадратурные составляющие формируются в результате фильтрации в фильтрах нижних частот (ФНЧ) выходных сигналов пары фазовых детекторов (ФД), на вторые входы поступают гетеродинные напряжения на частоте принимаемых сигналов. На второй фазовый детектор, формирующий мнимую часть комплексной амплитуды, опорное напряжение поступает со сдвигом по фазе на $\pi/2$, что изображено на рисунке 9.

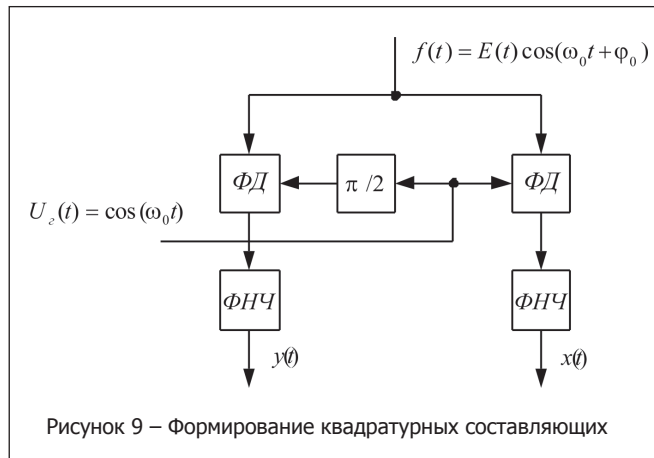


Рисунок 9 – Формирование квадратурных составляющих

3 Эффективность компенсации активных шумовых помех

Основной проблемой при компенсации помех является увеличение эффективности. Основным показателем эффективности компенсации является потенциально возможный коэффициент подавления помехи.

Под эффективностью автокомпенсатора будем понимать отношение мощности сигнала помехи на входе автокомпенсатора к мощности остатков сигнала помехи на выходе автокомпенсатора [4]:

$$v_{\text{ми}} = \frac{|E_o(t)|^2}{|E_o(t) + \omega \cdot E_k(t)|^2}, \quad (5)$$

где $E_o(t)$ – комплексная амплитуда сигнала основного канала; $E_k(t)$ – комплексная амплитуда сигнала компенсационного канала.

Оптимальное значение весового коэффициента $\omega_{\text{опт}}$, при котором обеспечивается минимум мощности мешающих излучений на выходе устройства обработки, можно получить из условия:

$$\frac{d|E_o + \omega E_k|^2}{d\omega} = \frac{E_o^* (E_o + \omega E_k)}{\omega} \Big|_{\omega=\omega_{\text{опт}}} = 0. \quad (6)$$

Откуда:

$$\omega_{\text{опт}} = \frac{E_o E_k^*}{E_k E_k^*} = -\frac{\sigma_o \sigma_k}{\sigma_k^2} r e^{i\Delta\phi} = -\frac{\sigma_o}{\sigma_k} r e^{i\Delta\phi}, \quad (7)$$

где r – модуль коэффициента межканальной корреляции сигнала МИ; $\Delta\phi = \frac{2\pi\Delta R}{\lambda}$ – межканальный набег фазы сигнала МИ; ΔR – разность хода сигнала помехи, принятого основным и компенсационным каналами; σ_o^2, σ_k^2 – мощность сигнала МИ в основном и компенсационном каналах соответственно.

В этом случае можно показать, что мощность остатков МИ на выходе АКМИ с учетом ошибок самонастройки ($\omega = \omega_{\text{опт}} + \Delta\omega$) описывается выражением [1]:

$$\begin{aligned} |E_{\Sigma}(t)|^2 &= [E_o + (\omega_{\text{опт}} + \Delta\omega) E_k] [E_o + (\omega_{\text{опт}} + \Delta\omega) E_k]^* = \\ &= 2\sigma_o^2 (1 - r^2) + 2\sigma_o^2 |\Delta\omega|^2 \frac{\sigma_k^2}{\sigma_o^2} = 2\sigma_o^2 (1 - r^2 + \frac{\sigma_k^2}{\sigma_o^2} |\Delta\omega|^2). \end{aligned} \quad (8)$$

С учетом полученного выражения для мощности остатков МИ можно получить следующее выражение для эффективности АКМИ:

$$v_{\text{ми}} = \frac{|E_o|^2}{|E_o + \omega E_k|^2} = \frac{1}{1 - r^2 + \frac{\sigma_k^2}{\sigma_o^2} |\Delta\omega|^2} \approx \frac{1}{1 - r^2 + \left| \frac{\Delta\omega}{\omega_{\text{опт}}} \right|^2}. \quad (9)$$

Потенциальная эффективность автокомпенсатора имеет место при отсутствии ошибок самонастройки весового коэффициента и описывается известным выражением [1]:

$$v_{\text{ми макс}} = \frac{1}{1 - r^2}. \quad (10)$$

Потенциальная эффективность автокомпенсатора зависит только от модуля коэффициента межканальной корреляции сигнала помехи. Чем ближе коэффициент межканальной корреляции к единице, тем выше эффективность компенсации. Коэффициент межканальной корреляции обусловлен следующими факторами:

- конечным радиусом пространственной корреляции сигнала помехи;
 - влиянием собственных шумов каналов приема;
 - межканальной временной задержкой сигнала;
 - нелинейными искажениями в трактах обработки;
 - неидентичностью частотных характеристик каналов приема;
 - влиянием ошибок самонастройки автокомпенсатора.
- Ниже рассматривается влияние на эффективность подавления каждого из перечисленных факторов.

3.1 Влияние конечного радиуса пространственной корреляции поля

Относительно составляющей эффективности ККМИ, обусловленной неполной пространственной корреляцией мешающих излучений, следует заметить следующее. Во-первых,

интервал пространственной корреляции сигнала помех δl_r , обусловленный конечными размерами антенны передатчика помех и турбулентностью атмосферы, существенно превышает разнос основной и компенсационной антенн. Кроме того, при оценке этой составляющей необходимо учитывать тот факт, что АКМИ, являясь следящим измерителем весового коэффициента и обладая сравнительно высоким быстродействием, успевает отслеживать значительную долю флуктуаций задающего воздействия, обусловленных неполной пространственной корреляцией сигнала помехи.

Влияние конечного радиуса пространственной корреляции поля помехи достаточно подробно рассмотрено в работе [7], по результатам которой видно, что при различных аппроксимациях пространственной корреляционной функции поля помехи потенциальная эффективность компенсации не опускается ниже 50 дБ. Таким образом, данную составляющую можно практически не учитывать при анализе потенциальной эффективности компенсации в реальных условиях.

3.2 Влияние собственных шумов приемных каналов

Составляющая эффективности ККМИ, обусловленная декоррелирующим влиянием собственных шумов каналов приема [1]:

$$v_\gamma = \frac{1}{1 - r_\gamma^2} \approx \frac{\gamma_h}{2}, \quad (11)$$

где $\gamma_h = \frac{\sigma_h^2}{\sigma_{h0}^2}$ – отношение помехо-некоррелированного фона; σ_h^2 , σ_{h0}^2 – мощность помехи и внутренних шумов соответственно. Выражение (11) означает, что при отсутствии остальных декоррелирующих факторов обеспечивается практически полное подавление внешней помехи и на выходе автокомпенсатора остается только сумма внутренних шумов основного σ_{h00}^2 и компенсационного σ_{h01}^2 каналов:

$$P_{\text{вых}} = \sigma_{h00}^2 + \sigma_{h01}^2 = 2\sigma_{h0}^2, \quad (12)$$

$$v_\gamma = \frac{\sigma_h^2 + \sigma_{h0}^2}{2\sigma_{h0}^2} \approx \frac{\sigma_h^2}{2\sigma_{h0}^2} = \frac{\gamma_h}{2}. \quad (13)$$

Выражение (13) получено в предположении, что уровень внутренних шумов основного и компенсационного каналов на входе сумматора одинаков. То есть, при отсутствии ошибок самонастройки весового коэффициента внутренние шумы не приведут к ухудшению подавления внешней коррелированной помехи, однако, происходит ухудшение сигнал/помеха на выходе автокомпенсатора за счет добавления внутренних шумов дополнительного (компенсационного) канала приема. Следует заметить, что внутренние шумы влияют на флуктуационные ошибки самонастройки весового коэффициента за счет некомпенсированной части выходного сигнала АКМИ.

На практике собственные шумы приемных каналов ограничивают эффективность на уровне 60–70 дБ [8].

3.3 Влияние задержки принятых сигналов

Частная эффективность ККМИ, обусловленная временной задержкой сигнала МИ, определяется выражением:

$$v_\tau = \frac{1}{1 - r_H^2 \left(\frac{\Delta R}{c} \right)}, \quad (14)$$

где $r_H(\tau)$ – нормированная корреляционная функция временных флуктуаций сигнала МИ; ΔR – разность электрических длин основного и компенсационного каналов приема.

Как правило, ширина энергетического спектра сигнала МИ превышает полосу пропускания приемных устройств. В этом случае нормированная корреляционная функция сигнала МИ на выходе канала обработки определяется амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) канала обработки.

Для одиночного резонансного контура можно получить [2]:

$$\begin{aligned} r_H(\Delta\tau) &= \exp\left(-\frac{|\Delta\tau|}{\tau_\Pi}\right) = \\ &= \exp\left(-2\Delta f_{np} |\Delta\tau|\right) \approx 1 - 4\Delta f_{np} |\Delta\tau|, \end{aligned} \quad (15)$$

где Δf_{np} – полоса пропускания приемного устройства.

Соответственно, частная эффективность ККМИ:

$$\begin{aligned} v_\tau &= \frac{1}{1 - r_H^2(\Delta\tau)} = \frac{1}{1 - \exp(-4\Delta f_{np} |\Delta\tau|)} \\ &\approx \frac{1}{4\Delta f_{np} |\Delta\tau|}. \end{aligned} \quad (16)$$

Для канала с гауссовой частотной характеристикой (число последовательно включенных резонансных контуров стремится к бесконечности) [3]:

$$\begin{aligned} r_H(\Delta\tau) &= \exp\left(-\frac{\pi\Delta\tau^2}{4\tau_\Pi}\right) \approx 1 - \frac{\pi\Delta\tau^2}{4\tau_\Pi^2} = \\ &= 1 - \pi(\Delta f_{np} \Delta\tau)^2, \end{aligned} \quad (17)$$

$$v_\tau = \frac{1}{2\pi \left(\frac{1}{\Delta f_{np} \Delta\tau} \right)^2}. \quad (18)$$

Для канала с прямоугольной частотной характеристикой [3]:

$$\begin{aligned} r_H(\Delta\tau) &= \frac{\sin\left(\frac{\pi\Delta\tau}{2\tau_\Pi}\right)}{\left(\frac{\pi\Delta\tau}{2\tau_\Pi}\right)} \approx 1 - \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \frac{\Delta\tau^2}{6\tau_\Pi^2} = \\ &= 1 - \frac{\pi^2}{6} (\Delta f_{np} \Delta\tau)^2, \end{aligned} \quad (19)$$

$$v_\tau = \frac{3}{\pi^2} \left(\frac{1}{\Delta f_{np} \Delta\tau} \right)^2. \quad (20)$$

Таким образом, по мере увеличения прямоугольности частотных характеристик каналов приема снижается критичность работы компенсатора мешающих излучений к разности электрических длин каналов приема, что объясняется уменьшением доли внеполосного излучения в суммарной мощности сигнала.

3.4 Влияние нелинейных искажений

Частная эффективность компенсации, обусловленная нелинейными искажениями, определяется выражением [3]:

$$v_{нз} = \frac{1}{1 - r_{нз}^2}. \quad (21)$$

Процесс нахождения временной корреляции сигналов на выходах нелинейных каналов сложен и громоздок. В качестве примера можно привести результаты расчета прохождения гауссовской помехи через каналы с ограничением. Результаты расчета [9] показывают, что получение частной эффективности автокомпенсации $v_{нз}$ более 25÷30 дБ предполагает обеспечение запаса динамического диапазона приемника: уровень ограничения должен превышать максимальные эффективные значения помехи не менее чем в 3 раза (10 дБ). Для реализации этого требования необходимо предусмотреть в каждом канале приема схему автоматической регулировки усиления (АРУ), не допускающую превышения сигналом уровня ограничения и запаса разрядной сетки аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Современная элементная база позволяет получить частную эффективность компенсации $v_{нз}$ на уровне 45÷55 дБ [8].

3.5 Влияние неидентичности частотных характеристик каналов

Влияние неидентичностей частотных характеристик на эффективность компенсации рассмотрено в работах [1], [2]. Основное влияние неидентичностей частотных характеристик сводится к уменьшению коэффициента междуканальной корреляции помехи.

При гауссовских частотных характеристиках и при небольших расстройках можно получить [3]:

$$\frac{1}{v_{нчх}} = \frac{1}{v_{\xi}} + \frac{1}{v_{\eta}} + \frac{1}{v_{\sigma a}} + \frac{1}{v_{\sigma \phi}}, \quad (22)$$

где $v_{\eta} = 2 \left(\frac{\Delta f_{пр}}{\delta f_{пр}} \right)^2$ – частная эффективность автокомпенсатора, обусловленная расстройкой полос пропускания каналов приема; $\Delta f_{пр}$ – ширина полосы пропускания основного канала приема; $\delta f_{пр}$ – расстройка полос пропускания

каналов приема; $v_{\xi} = \left(\frac{\Delta f_{пр}}{\delta f_0} \right)^2$ – частная эффективность

автокомпенсатора, обусловленная расстройкой центральных частот каналов приема; δf_0 – расстройка центральных

частот каналов приема; $v_{\sigma a} = \frac{1}{2\sigma_a^2}$ – частная эффектив-

ность автокомпенсатора, обусловленная нерегулярными искажениями АЧХ каналов приема; σ_a^2 – дисперсия случай-

ных искажений АЧХ; $v_{\sigma \phi} = \frac{1}{2\sigma_{\phi}^2}$ – частная эффективность

автокомпенсатора, обусловленная нерегулярными искажениями ФЧХ каналов приема; σ_{ϕ}^2 – дисперсия случайных искажений ФЧХ.

Неидентичности частотных характеристик приемных каналов зачастую делают решающий вклад в снижение эффективности компенсации [8]. Так, для получения эффективности подавления помехи не менее 30 дБ относительная расстройка параметров частотных характеристик каналов приема не должна превышать, по меньшей мере, 3 %, что на практике является достаточно жестким требованием, особенно при достаточно значительной ширине полосы пропускания каналов [4].

3.6 Влияние ошибок самонастройки

Эффективность работы АКМИ зависит от ошибок самонастройки. В реальных условиях эффективность будет снижаться из-за влияния ошибок самонастройки весового коэффициента [1]:

$$v_{МИ} = \frac{1}{1 - r^2 + \left| \frac{\Delta w}{w} \right|^2} \quad (23)$$

или

$$\frac{1}{v_{МИ}} = \frac{1}{v_{МИ\max}} + \frac{1}{v_{\Delta w}}, \quad (24)$$

где $v_{\Delta w} = \left| \frac{w}{\Delta w} \right|^2$ – частная эффективность АКМИ, обусловленная ошибками самонастройки весового коэффициента; w , Δw – модули весового коэффициента и ошибок его вычисления соответственно.

Ошибки самонастройки содержат три основные составляющие [3]: ошибки переходного периода, динамические ошибки слежения и флуктуационные ошибки.

Динамические ошибки обусловлены изменением задающего воздействия автокомпенсатора и его ограниченным быстродействием. Флуктуационные ошибки обусловлены возмущающим воздействием остатков компенсации помехи. Ошибки переходного процесса обусловлены начальными условиями и ограниченным быстродействием автокомпенсатора. После окончания переходных процессов в установившемся режиме наблюдаются только динамические и флуктуационные ошибки.

Дисперсия ошибки измерения весового коэффициента:

$$\begin{aligned} \sigma_{\phi w}^2 &= (1 - r^2) |w|^2 \frac{\Delta f_w}{2\Delta f_{ш}} = \\ &= (1 - r^2) \frac{|w|^2}{4\Delta f_{ш} T_{эжв}} = \frac{1}{v_{МИ}} \frac{|w|^2}{4\Delta f_{ш} T_{эжв}}, \end{aligned} \quad (25)$$

где r – коэффициент междуканальной корреляции сигнала МИ;

$\Delta f_w = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} K_0^2(\omega) d\omega$ – эффективная ширина полосы

пропускания замкнутого измерителя весового коэффициента; $\Delta f_{\text{ш}}$ – ширина энергетического спектра возмущающего воздействия; $T_{\text{экв}}$ – эквивалентная постоянная времени измерителя весового коэффициента.

Для минимизации влияния динамических ошибок самонастройки АКМИ в РЛС с быстрым сканированием могут использоваться системы самонастройки со вторым порядком астатизма [2]. Параметры цепей самонастройки должны выбираться таким образом, чтобы суммарные ошибки фильтрации были минимальны.

Заключение

Рассмотрены основные проблемы повышения эффективности когерентной компенсации мешающих излучений. Отмечено, что основными проблемами для повышения эффективности компенсации помех являются конечный радиус пространственной корреляции поля, внутренние шумы приемных каналов, задержка распространения мешающих излучений на раскрытие, неидентичности частотных характеристик и нелинейности приемных каналов.

На основе полученных выражений и обзора литературы сделан вывод о том, что наибольшую проблему на сегодняшний день представляют неидентичности частотных характеристик приемных каналов.

Литература:

1. Монзинго, Р.А. Адаптивные антенные решетки / Р.А. Монзинго, Т.У. Миллер. – М. : Радио и связь, 1986. – 448 с.

2. Адаптивная компенсация помех в каналах связи / Ю.И. Лосев [и др.] ; под ред. Ю.И. Лосева. – М. : Радио и связь, 1988. – 208 с.

3. Пистолькорс, А.А. Введение в теорию адаптивных антенн / А.А. Пистолькорс, О.С. Литвинов. – М. : Наука, 1991. – 200 с.

4. Ширман, Я.Д. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех / Я.Д. Ширман. – М. : Радио и связь, 1981. – 416 с.

5. Гоноровский, И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник для вузов / И.С. Гоноровский. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 1986. – 512 с.

6. Баскаков, В.И. Радиотехнические цепи и сигналы / В.И. Баскаков. – 3-е изд. – М. : Высшая школа, 2000. – 462 с.

7. Черняк, В.С. Многопозиционные обнаружители флуктуирующих сигналов на фоне пространственно-коррелированных помех / В.С. Черняк // Радиотехника и электроника. – Т. 32, № 2. – 1987. – С. 334–346.

8. Ефименко, В.С. Потенциальные характеристики адаптации пространственно-временной обработки для СРНС / В.С. Ефименко, В.Н. Харисов // Радиотехника. – Т. 7. – 2002. – С. 82–87.

9. Марчук, Л.А. Потенциальная эффективность адаптивной пространственной обработки при наличии нелинейностей / Л.А. Марчук // Изв. вузов. Радиоэлектроника. – № 10. – 1995. – С. 46–52.


БелПлата

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

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

Поставка фотошаблонов

Поставка трафаретов:
из нержавеющей стали и латуни.

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

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

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

www.belplata.by

УНП 190533632


ОАО «Минский часовой завод»

Качество и компетентность в мире печатных плат

ВАШ НАДЕЖНЫЙ ИЗГОТОВИТЕЛЬ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

220095, г. Минск,
пр. Независимости, 95,
т./ф. +375 (17) 280-49-55
моб. +375 (29) 750-45-50
bogdashich@mail.ru



Срок изготовления от 2 дней до двух недель

Типы плат

- ДПП, МПП (до 24 слоев) любого класса точности
- Гибкие печатные платы
- Платы для ВЧ/СВЧ
- Платы на алюминиевой подложке
- Платы для смарт-карт

Возможности

- Проектирование плат
- Технологическая поддержка
- Покрытия: HASL, иммерсионное золото, иммерсионное олово, ПОС, Ni-B
- Формирование контура любой формы
- Материалы: FR-4, Rogers, Duroid, алюминий, лавсан

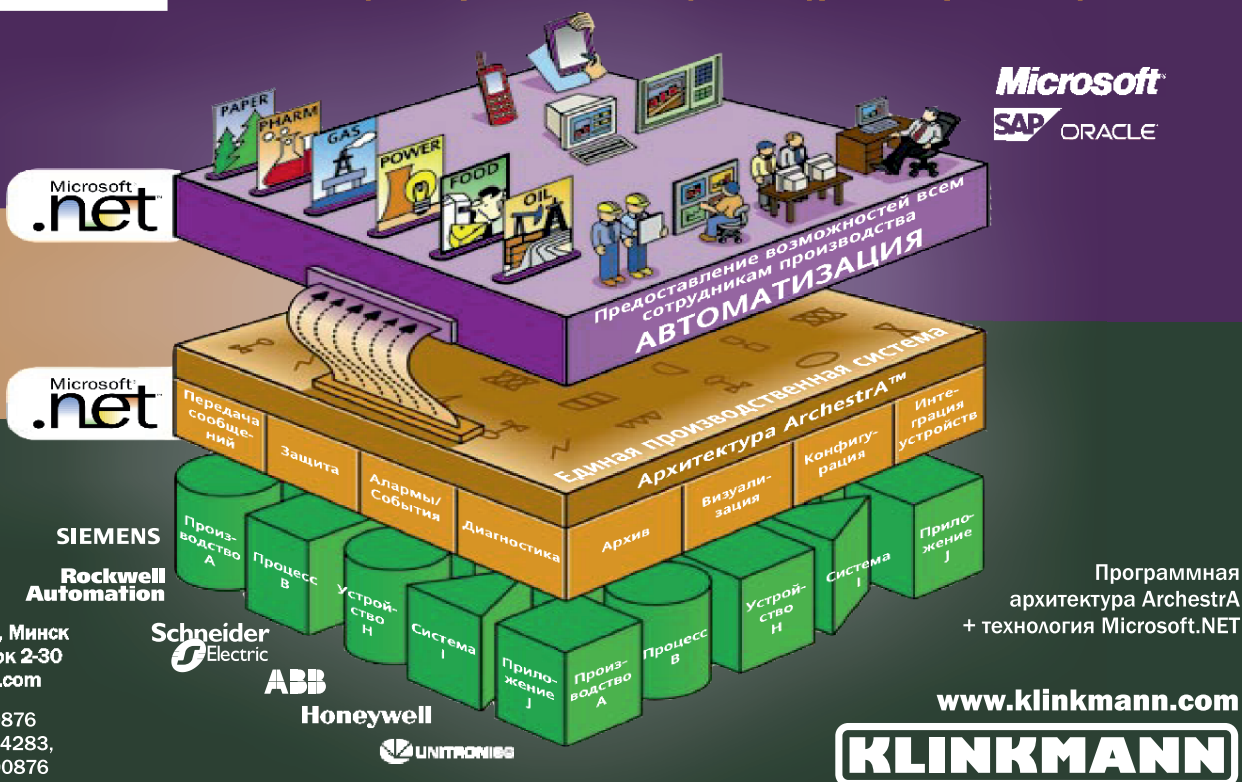
Качество

- Сертификат соответствия ВУ/112 05.01.0030030

УНП 100230391

Интеграция промышленного интеллекта

- Уменьшение затрат на разработку и внедрение
- Увеличение эффективности и срока службы уже существующих систем
- Поддержка мультисистемного режима функционирования производства



220140, Беларусь, Минск
Тучинский переулок 2-30
minsk@klinkmann.com

тел. +375 17 2000876
моб. +375 29 3544283,
факс +375 17 2000876

УНП 102315703

Программная
архитектура Archestra
+ технология Microsoft.NET

www.klinkmann.com

KLINKMANN



ВСЁ НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ

Группа компаний **ЭЛТИКОН**

- Промышленные компьютеры, серверы, центры обработки и хранения данных;
- Встраиваемые и бортовые вычислительные системы, в т.ч. для жестких условий эксплуатации;
- ПЛК и микроконтроллеры, распределенные системы управления и сбора данных;
- Средства операторского интерфейса: мониторы, панели оператора, консоли управления, клавиатуры, трекболы, указательные устройства, информационные табло и мониторы для уличных применений;
- Устройства локального и удаленного ввода-вывода сигналов, АЦП, ЦАП, решения для управления движением, нормализаторы сигналов;
- Сетевое и коммуникационное оборудование для различных сетей, шлюзы данных, коммутаторы Ethernet, медиа-конвертеры, сетевые контроллеры, модемы, удлинители сетей, преобразователи интерфейсов, протоколов и т.п.;
- Датчики для различных применений;
- Источники вторичного электропитания для промышленных, медицинских, бортовых и специальных применений, инверторы электропитания, программируемые источники питания;
- Решения на основе полупроводниковых источников света для уличного освещения и архитектурной подсветки;
- Специализированные датчики, контроллеры и устройства для «умного дома»
- Корпуса, конструктивы, субблоки в стандарте евромеханика, шкафы, стойки, компьютерные корпуса;
- Крепежные элементы, клеммы, монтажный инструмент, провода и кабели, кабельные вводы, соединители;
- Программное обеспечение всех уровней АСУТП, SCADA-система Genesis, OPC-серверы и средства их разработки



- ✓ Более 50 вендоров в программе поставок
- ✓ Широкий диапазон продукции "из одних рук"
- ✓ Сервисный центр и послегарантийное обслуживание продукции

- ✓ Компетентный анализ технических решений с гарантией совместимости и работоспособности конфигурации
- ✓ Наличие сертификатов и ГТД

- ✓ Развитая система логистики, нестандартные схемы поставок, склады в Минске, Москве и Гамбурге
- ✓ Производство промышленных компьютеров, шкафов автоматизации, сборка телекоммуникационных шкафов



Белорусский промышленный форум

Международный выставочный проект

Проводится под патронажем
Правительства Республики Беларусь

в рамках интеграционного мероприятия
«Евразийская неделя» в Беларуси - 2015»

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ

ПРОМЭКСПО – СОВРЕМЕННЫЙ ЗАВОД

оборудование, инструменты и материалы для технологической
оснастки предприятий основных отраслей промышленности

ПРОМЭНЕРГО

энергетическое и электротехническое оборудование для
промышленности

ЭНЕРГОРЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ

энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии,
оборудование, материалы и технологии охраны окружающей
среды в промышленности, энергетике, строительстве,
городском и жилищно-коммунальном хозяйстве

НАУКА И ИННОВАЦИИ

научно-исследовательские и конструкторские разработки,
инновационные проекты для промышленности

Международный симпозиум «Технологии. Оборудование. Качество»

Международный конкурс энергоэффективных и
ресурсосберегающих технологий и оборудования

Конкурс сварщиков Беларуси с международным участием

12–15.05.2015

ФУТБОЛЬНЫЙ МАНЕЖ
пр. Победителей, 20/2
Минск, Беларусь



ЭКСПОФОРУМ
www.expoforum.by

тел./факс: (+375 17) 314 34 30, 314 34 35
e-mail: pva@expoforum.by, rel@expoforum.by

Унитарное предприятие Экспофорум, УНН 100702781

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ, УПРАВЛЯЕМЫХ ЗНАНИЯМИ, НА ОСНОВЕ БИБЛИОТЕК КОМПОНЕНТОВ

УДК 004.822:514

Д.В. Шункевич, И.Т. Давыденко, Д.Н. Корончик, Н.В. Гракова, А.В. Губаревич, БГУИР, г. Минск

Аннотация

Данная работа посвящена принципам проектирования систем, управляемых знаниями, по технологии OSTIS. Указанная технология является открытой технологией, ориентированной на разработку систем, управляемых знаниями, самого различного назначения. В работе подробно рассматривается процесс разработки систем на примере справочной системы по геометрии, описаны процессы расширения базы знаний, машины обработки знаний и пользовательского интерфейса системы.

Введение

В настоящее время особенно актуальной становится проблема отсутствия хорошо продуманной методики конструктивного использования опыта завершенных разработок компьютерных систем, что порождает высокую степень дублирования разработок различных компонентов этих систем [1]. Многократная повторная разработка уже имеющихся технических решений обусловлена либо тем, что известные технические решения плохо интегрируются в разрабатываемую систему, либо тем, что эти технические решения трудно найти [2]. Данная проблема актуальна как в целом в сфере разработки компьютерных систем, так и в сфере разработки систем, основанных на знаниях, поскольку в системах такого рода степень согласованности различных видов знаний влияет на возможность системы решать нетривиальные задачи. Одной из основных задач Технологии OSTIS [3] является решение проблемы совместимости различных компонентов и разработка средств компонентного проектирования систем, управляемых знаниями.

Для решения проблемы совместимости различных видов знаний предложены унифицированные семантические сети с теоретико-множественной интерпретацией.

При проектировании систем, управляемых знаниями, применяется методика компонентного проектирования, которая основывается на постоянно расширяемых библиотеках многократно используемых компонентов (типовых технических решений). В качестве примера использования такой методики в данной работе мы рассмотрим подробно процесс проектирования справочной системы по геометрии.

1 Подсистема IMS для поддержки компонентного проектирования дочерних sc-систем

В рамках интеллектуальной метасистемы IMS, ориентированной на консультационное обслуживание и поддержку разработчиков систем по Технологии OSTIS, а также накопление библиотек многократно используемых компонентов OSTIS, выделяется подсистема для поддержки проектирования различных компонентов и

различных классов интеллектуальных систем. Основными ее задачами являются:

- обеспечение возможности поиска нужного компонента или набора компонентов в Библиотеке многократно используемых компонентов Технологии OSTIS;
- формирование, при необходимости, sc-структур, соответствующих выбранным многократно используемым компонентам;
- обеспечение возможности транспортировки выбранных многократно используемых компонентов в дочернюю sc-систему;
- в случае развертывания стартовой версии дочерней sc-системы – обеспечение возможности установки первой базовой версии sc-системы, которая впоследствии может наращиваться дополнительными компонентами.

2 Этапы проектирования дочерних sc-систем

При создании стартовой версии дочерней sc-системы по Технологии OSTIS можно выделить четыре основных этапа:

- выбор и установка платформы реализации дочерней sc-системы;
- установка Ядра sc-моделей баз знаний, то есть набора базовых многократно используемых компонентов sc-моделей баз знаний, необходимых для работы даже первого прототипа sc-системы;
- установка Ядра sc-машин, то есть набора базовых многократно используемых компонентов sc-машин, необходимых для работы даже первого прототипа sc-системы;
- установка Ядра sc-моделей интерфейсов, то есть набора базовых многократно используемых компонентов sc-моделей интерфейсов, необходимых для работы даже первого прототипа sc-системы;
- установка ядра подсистемы поддержки проектирования дочерней системы в составе проектируемой дочерней sc-системы.

После того, как собрана самая базовая конфигурация дочерней sc-системы, можно начинать постепенное ее наполнение либо с использованием Библиотеки многократно используемых компонентов Технологии OSTIS, либо путем создания своих собственных компонентов, которые, в свою очередь, могут в дальнейшем быть включены в состав указанной библиотеки.

3 Выбор и установка платформы реализации дочерней sc-системы

3.1 Выбор и установка sc-хранилища

В качестве платформы для разработки справочной системы по геометрии в данной работе выбрана Web-ориентированная платформа реализации sc-систем, основанная на специальном формате кодирования

sc-текстов, входящая в состав Библиотеки платформ реализации sc-систем [3]. Согласно документации по данному платформенно-зависимому многократно используемому компоненту OSTIS [4], данный вариант реализации платформы ориентирован на операционные системы семейства Linux и сопровождается скриптами, позволяющими собрать и установить выбранную платформу на нужном сервере.

Данный вариант реализации платформы включает в себя собственно sc-хранилище, а также набор трансляторов.

3.2 Установка scr-машины

После того, как на сервер была установлена выбранная реализация sc-памяти, разработчик может установить также совместимую с выбранной реализацией платформы реализацию абстрактной scr-машины. На семантическом уровне совместимость задается при помощи отношения совместимый компонент. Таким образом, для выбранной реализации sc-памяти подойдет реализация абстрактной scr-машины на базе Web-ориентированной платформы реализации sc-систем. Исходные коды и инструкцию по установке данного платформенно-зависимого многократно используемого компонента OSTIS, согласно его описанию в Библиотеке платформ реализации sc-моделей, можно найти в [5]. В данном варианте компонента для реализации sc-агентов используются языки C и C++.

Для корректной работы какого-либо варианта реализации абстрактной scr-машины необходимо наличие в системе соответствующего многократно используемого компонента sc-моделей баз знаний, описывающего Предметную область программ базового языка программирования, ориентированного на обработку sc-моделей баз знаний.

После того, как были установлены необходимые части платформы реализации sc-моделей, можно приступить к установке необходимых платформенно-независимых многократно используемых компонентов OSTIS.

4 Установка ядра базы знаний дочерней sc-системы

Ядро sc-моделей баз знаний рассматривается как один неатомарный многократно используемый компонент OSTIS и содержит в себе все фрагменты базы знаний, необходимые для корректной работы платформы реализации sc-моделей интеллектуальных систем, а также базовых sc-агентов, использование которых целесообразно в любой дочерней sc-системе.

Для понятности кратко перечислим фрагменты базы знаний, входящие в Ядро sc-моделей баз знаний:

- Раздел. Предметная область семантических окрестностей;
- Раздел. Предметная область ситуативно-событийных моделей изменения состояний баз знаний;
- Раздел. Предметная область моделей действий, направленных на изменение состояния баз знаний;
- Раздел. Предметная область чисел;
- Раздел. Предметная область сообщений, принимаемых и передаваемых интеллектуальной системой;

- Раздел. SC-код;
- Раздел. Предметная область sc-элементов;
- Раздел. Предметная область sc-множеств;
- Раздел. Предметная область sc-отношений;
- Раздел. Предметная область библиографических источников;
- Раздел. Предметная область sc-структур;
- Раздел. Предметная область sc-ссылок;
- Раздел. Предметная область внешних sc-идентификаторов;
- Раздел. Предметная область физических лиц и коллективов;
- Раздел. SCs-код;
- Раздел. SCn-код;
- Раздел. SCg-код;
- Базовый набор команд информационного поиска;
- Команды запроса структуры;
 - Запрос всех надклассов;
 - Запрос декомпозиции;
 - Запрос всех подклассов;
- Команды базовых запросов;
 - Запрос позитивных, константных выходящих дуг с отношениями;
 - Запрос позитивных, константных входящих дуг с отношениями;
 - Запрос позитивных, константных выходящих дуг;
 - Запрос позитивных, константных входящих дуг;
- Команды запроса семантических окрестностей;
 - Запрос полной семантической окрестности;
- Команды запроса идентификаторов;
 - Запрос всех идентификаторов;

5 Установка ядра машины обработки знаний дочерней sc-системы

Ядро машины обработки знаний sc-систем (sc-машин) включает в себя минимальный набор предметно независимых sc-агентов информационного поиска, необходимый для навигации по базе знаний дочерней sc-системы.

В текущем варианте указанное ядро включает в себя:

- sc-агент поиска всех выходящих константных позитивных стационарных sc-дуг принадлежности;
- sc-агент поиска всех выходящих константных позитивных стационарных sc-дуг принадлежности с их ролевыми отношениями;
- sc-агент поиска всех входящих константных позитивных стационарных sc-дуг принадлежности;
- sc-агент поиска всех выходящих константных позитивных стационарных sc-дуг принадлежности с их ролевыми отношениями;
- sc-агент поиска связок декомпозиции для заданного sc-элемента;
- sc-агент поиска всех известных сущностей, являющихся частными по отношению к заданной;
- sc-агент поиска всех известных сущностей, являющихся общими по отношению к заданной;
- sc-агент поиска всех идентификаторов заданного sc-элемента;
- sc-агент поиска полной семантической окрестности заданного элемента;

- *sc-агент поиска связей заданного отношения, компонентом которых является заданный sc-элемент;*
- *sc-агент поиска всех конструкций, изоморфных заданному образцу;*

Данный набор sc-агентов может быть реализован как на платформенно-независимом уровне, так и на уровне платформы. В нашем случае реализация всех перечисленных sc-агентов входит в состав выбранной платформы реализации sc-моделей, что, с одной стороны, упрощает их установку в дочернюю sc-систему, но с другой сильно осложняет процесс внесения изменений в состав ядра.

Чтобы обеспечить возможность задания более сложных поисковых запросов в систему, необходимо добавить дополнительные sc-агенты из Библиотеки многократно используемых sc-агентов OSTIS, о чем будет сказано ниже.

Для корректной работы данных sc-агентов дополнительно необходимо наличие в базе знаний определенного набора сопутствующих компонентов.

6 Установка ядра пользовательского интерфейса дочерней sc-системы

Ядро sc-моделей пользовательских интерфейсов, как и собственно платформа реализации sc-моделей, представляет собой платформенно-зависимый многократно используемый компонент OSTIS, который должен быть совместим с выбранным вариантом платформы. Подходящий вариант реализации ядра пользовательских интерфейсов, описанный в Библиотеке многократно используемых компонентов sc-моделей интерфейсов может быть найден в [6]. Согласно описанию, выбранный компонент содержит в себе, помимо собственно ядра, следующий набор компонентов:

- *Визуализатор sc-конструкций в SCg-коде;*
- *Редактор sc-конструкций в SCg-коде;*
- *Визуализатор sc-конструкций в SCn-коде;*
- *Набор компонентов для отображения sc-ссылок различных форматов (PNG, GIF, PDF, HTML, TXT и др.).*

Также в выбранный ранее вариант платформы реализации sc-моделей по умолчанию входят трансляторы из sc-памяти в формат, необходимый для SCg и SCn визуализации, а также транслятор из SCg-редактора в sc-память. Таким образом, установленных средств достаточно для базовой визуализации и редактирования sc-конструкций посредством web-интерфейса.

7 Установка ядра подсистемы поддержки проектирования дочерней sc-системы

Подсистема поддержки проектирования дочерней sc-системы, в свою очередь, состоит из двух взаимосвязанных подсистем, одна из которых входит в состав самой IMS, а другая является многократно используемой типовой подсистемой интеллектуальных систем, и входит в состав минимального набора компонентов, необходимых для полноценного функционирования дочерней sc-системы в рамках Глобальной базы знаний [7].

Ядро данной типовой подсистемы включает в себя необходимые средства интеграции многократно ис-

пользуемых компонентов OSTIS в дочернюю sc-систему и средства управления проектированием дочерней sc-системы.

8 Расширение базы знаний дочерней sc-системы

Помимо базовых многократно используемых компонентов баз знаний, входящих в состав ядра базы знаний, каждая дочерняя система может быть дополнена другими компонентами из Библиотеки многократно используемых компонентов sc-моделей баз знаний. Общие принципы проектирования баз знаний по Технологии OSTIS рассмотрены в [8].

8.1 Построение системы предметных областей и их онтологий, входящих в состав базы знаний проектируемой sc-системы

Первым и важнейшим этапом проектирования базы знаний является уточнение структуры описываемой предметной области или нескольких взаимосвязанных предметных областей. Уточнение такой структуры – это, прежде всего, уточнение класса исследуемых объектов, уточнение предмета исследования, уточнение всего семейства ключевых узлов семантической сети, представляющей предметную область. В рамках предметной области возможно выделение частных предметных областей на основе выделения подмножества из семейства классов исследуемых объектов.

При описании структуры предметной области используются ключевые узлы, входящие в состав Предметной области предметных областей, входящей в Библиотеку многократно используемых компонентов баз знаний в виде компонента, следовательно, данный компонент необходимо добавить в состав базы знаний системы по геометрии.

Пример структуры Предметной области Геометрии Евклида:

Предметная область Геометрии Евклида
 ∈ предметная область
 => частная предметная область*:

- *Предметная область геометрических точек*
- *Предметная область линий*
- *Предметная область планарных фигур*
 => частная предметная область*:

- *Предметная область прямолинейных фигур*
- *Предметная область планарных углов*
- *Предметная область многоугольников*
 => частная предметная область*:

- *Предметная область треугольников*
- *Предметная область четырехугольников*
- *Предметная область вписанных планарных фигур*
- *Предметная область кругов и окружностей*
- *Предметная область геометрических поверхностей*
- *Предметная область геометрических тел*
 => частная предметная область*:

- *Предметная область многогранников и их поверхностей*

- Предметная область непланарных углов
- Предметная область тел вращения и их поверхностей
- Предметная область конгруэнтности геометрических фигур

Рассмотрение базы знаний с позиции ее соотношения с предметной областью позволяет рассматривать исследуемые объекты на различных уровнях детализации, которые отражаются в различных типах онтологий, описывающих определенное направление описания свойств объекта в рамках рассматриваемой предметной области. К таким типам онтологий относятся:

- структурная спецификация предметной области – описание связей рассматриваемой предметной области с другими предметными областями и ролей всех понятий, входящих в состав данной предметной области;
- терминологическая онтология – описание терминов и их синонимов ключевых понятий рассматриваемой предметной области, близких между собой терминов, этимологии терминов и правила построения идентификаторов экземпляров понятий;
- теоретико-множественная онтология – описание теоретико-множественных связей между понятиями рассматриваемой предметной области;
- логическая онтология – описание всех высказываний рассматриваемой предметной области;
- логическая система понятий и их определений – это структура, являющаяся надстройкой над логической онтологией, включающая описание системы определений понятий заданной предметной области с указанием набора понятий, через которые определяется каждое определяемое понятие рассматриваемой предметной области;
- логическая система утверждений и их доказательств – это структура, являющаяся надстройкой над логической онтологией, включающая описание системы утверждений рассматриваемой предметной области с указанием набора утверждений, через которые доказывается каждое утверждение;
- онтология задач и решений задач – описание конкретных задач, рассматриваемых в заданной предметной области, и их решений;
- онтология классов задач и способов решения задач – описание классов задач, рассматриваемых в заданной предметной области, и способов их решений. Данная структура является надстройкой над онтологией задач и решений задач.

Для описания указанной структуры предметной области используются ключевые sc-элементы, входящие в состав многократно используемого компонента sc-моделей баз знаний Предметная область онтологий.

Таким образом, для всех разделов базы знаний, описывающих предметную область и ее спецификацию, имеет смысл задать типовую структуру. В качестве примера рассмотрим Предметную область четырехугольников и ее онтологии.

*Раздел. Предметная область четырехугольников
∈ предметная область и ее онтологии*

<= декомпозиция раздела:*

{

- Предметная область четырехугольников
- Структурная спецификация предметной области четырехугольников
- Терминологическая онтология предметной области четырехугольников
- Теоретико-множественная онтология предметной области четырехугольников
- Логическая онтология предметной области четырехугольников
- Логическая иерархия понятий предметной области четырехугольников
- Логическая иерархия высказываний о предметной области четырехугольников
- Онтология задач и решений задач предметной области четырехугольников
- Онтология классов задач и способов решения задач предметной области четырехугольников

}

9 Расширение машины обработки знаний дочерней sc-системы

Машина обработки знаний любой системы, управляемой знаниями, определяет ее функциональные возможности и во многом обеспечивает удобство работы с ее контентом. Общие принципы проектирования машин обработки знаний по Технологии OSTIS рассмотрены в [9].

9.1 Расширение машины обработки знаний с использованием многократно используемых компонентов OSTIS

Как было сказано ранее, в справочной системе по геометрии, например, представлены типовые доказательства некоторых теорем и решения некоторых задач. Для удобства навигации по знаниям такого рода разработаны специальные sc-агенты и описаны соответствующие им компоненты в Библиотеке многократно используемых компонентов sc-машин:

- компонент библиотеки. sc-агент поиска доказательства для заданного утверждения;
- компонент библиотеки. sc-агент поиска решения заданной задачи.

Для указанных компонентов сопутствующими компонентами являются:

- компонент библиотеки. Команда поиска доказательства для заданного утверждения;
- компонент библиотеки. Команда поиска решения заданной задачи.

Также сопутствующим компонентом для указанных является *Раздел. Предметная область вопросов и задач*, но данный компонент уже был внедрен в систему ранее.

После того, как в систему были добавлены указанные компоненты, конечный пользователь системы получил возможность увидеть полный sc-текст доказательства выбранного утверждения или решения выбранной задачи.

9.2 Расширение машины обработки знаний на основе собственных разработок

В процессе разработки конкретной дочерней системы по Технологии OSTIS может оказаться, что

необходимый компонент такой системы, хотя и может использоваться в целом ряде систем, но пока еще не реализован другими разработчиками или реализован, но по каким-либо причинам пока еще не вошел в состав Библиотеки многократно используемых компонентов OSTIS. В таком случае, разработчик дочерней sc-системы может самостоятельно разработать нужный компонент и, поскольку Технология OSTIS является открытой технологией, попробовать внедрить его в состав соответствующей библиотеки многократно используемых компонентов.

Одним из важнейших достоинств интеллектуальной справочной системы по геометрии, является то, что она строит ответы на заданные пользователем вопросы (задачи) не только путем поиска и локализации (выделения) этих ответов в рамках текущего состояния базы знаний, но и путем генерации этих ответов, если их нет в текущем состоянии базы знаний. Интеллектуальная справочная система по геометрии, например, способна решать различные вычислительные задачи и задачи на доказательство. Для этих целей был разработан интеллектуальный решатель задач, который, однако, разрабатывался без привязки к конкретной предметной области и может войти в состав Библиотеки типовых подсистем интеллектуальных систем.

В процессе решения конкретной задачи решателем были выделены 6 ключевых этапов:

- этап задания условия геометрической задачи;
- этап работы поисковых операций:
 - а) поиск нахождения значения указанной величины;
 - б) поиск нахождения доказательства для указанного утверждения;
- этап аналогии;
- этап применения стратегий решения задач:
 - а) «итерационный обход»;
 - б) «обход тезаурусом»;
- этап применения правил логического вывода:
 - а) применение имплицативных высказываний;
 - б) применение утверждений с эквивалентными частями;
- этап оптимизации сгенерированных знаний и сборки мусора.

В будущем, после тестирования и полной отладки решателя, планируется внедрить его в Библиотеку типовых подсистем интеллектуальных систем.

Добавление компонента в Библиотеку многократно используемых компонентов OSTIS или обновление уже существующего можно осуществлять двумя способами:

- в случае платформенно-зависимого многократно используемого компонента OSTIS, логично использовать стандартные системы контроля версий, и с их помощью, с учетом прав доступа, вносить предложения по изменению компонента;
- в случае платформенно-независимого многократно используемого компонента OSTIS, предложение по добавлению или изменению компонента может формироваться прямо в sc-памяти средствами SC-кода и рассматриваться администратором базы знаний с учетом методики проектирования баз знаний (в общем случае, любой платформенно-независимый многократно используемый компонент OSTIS рассматривается как часть базы знаний).

10 Расширение возможностей пользовательского интерфейса дочерней sc-системы

В конкретных прикладных системах, разработанных по Технологии OSTIS, помимо Ядра sc-моделей пользовательских интерфейсов и средств работы с базовыми языками представления SC-кода, может оказаться целесообразным использование в системе дополнительных средств отображения или редактирования знаний какого-либо конкретного вида. Подробно методика и средства проектирования пользовательских интерфейсов по Технологии OSTIS рассмотрена в [10].

Для рассматриваемой в данной работе справочной системы по геометрии был разработан специализированный редактор геометрических чертежей, совместимый с выбранным вариантом реализации ядра пользовательских интерфейсов. Данный компонент поставляется в виде набора исходных кодов, и может быть встроен в реализацию ядра по инструкции приведенной в описании данной реализации. После встраивания редактора в систему пользователь получит возможность создавать геометрические чертежи из доступных элементов, сохранять в файл и загружать из файла созданный чертеж.

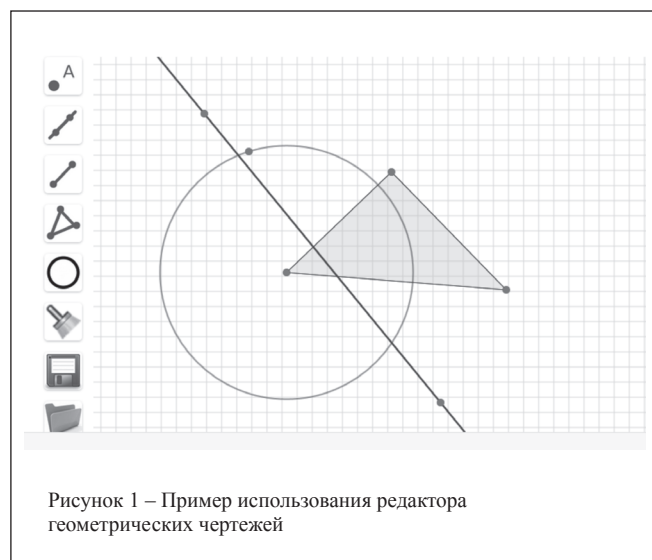


Рисунок 1 – Пример использования редактора геометрических чертежей

Заключение

В работе рассмотрена методика проектирования систем, управляемых знаниями, по Технологии OSTIS на примере справочной системы по геометрии. Описаны основные этапы проектирования, указаны возможные способы расширения функционала дочерней sc-системы.

При этом рассмотренные процессы развития базы знаний, машины обработки знаний и пользовательского интерфейса в дочерней sc-системе могут выполняться параллельно и в достаточно большой степени независимо друг от друга.

Литература:

1. Борисов, А.Н. Построение интеллектуальных систем, основанных на знаниях, с повторным использованием компонентов. Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2014): материалы

IV Междунар. научн.-техн. конф. / Д.В. Шункевич // Минск : БГУИР, 2014. – С. 97–103.

2. Голенков, В.В. Графодинамические модели параллельной обработки знаний: принципы построения, реализации и проектирования / В.В. Голенков, Н.А. Гулякина // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2012): материалы Междунар. научн.-техн. конф. – Минск : БГУИР, 2012. – С. 23–52.

3. Документация. Технология OSTIS [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ims.ostis.net>.

4. sc-machine [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://github.com/deniskoronchik/sc-machine>.

5. scp-machine [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://github.com/ShunkevichDV/scp-machine>.

6. sc-web [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://github.com/deniskoronchik/sc-web>.

7. Шункевич, Д.В. Средства поддержки компонентного проектирования систем, управляемых знаниями / Д.В. Шункевич [и др.] // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2015): материалы V Междунар. научн.-техн. конф. – Минск : БГУИР, 2015.

8. Давыденко, И.Т. Технология компонентного проектирования баз знаний на основе унифицированных семантических сетей / И.Т. Давыденко // Открытые семантические технологии

проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2013): материалы III Междунар. научн.-техн. конф. – Минск : БГУИР, 2013. – С. 185–190.

9. Шункевич, Д.В. Модели и средства компонентного проектирования машин обработки знаний на основе семантических сетей / Д.В. Шункевич // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2013): материалы III Междунар. научн.-техн. конф. – Минск : БГУИР, 2013.

10. Корончик, Д.Н. Реализация хранилища унифицированных семантических сетей / Д.Н. Корончик // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2013): материалы III Междунар. научн.-техн. конф. – Минск : БГУИР, 2013. – С. 125–129.

Abstract

In this paper the principles of knowledge-based systems design, based on OSTIS technology, is considered. Indicated technology is an open technology, focused on knowledge-based system design of various intelligent systems. In paper is considered the process of systems design by the example of reference system on the geometry, the processes of knowledge base increase, knowledge processing machine and human-system interface are taken up.

Поступила в редакцию 20.03.2015 г.

НОВОСТИ

МИКРОВОЛНОВКА С ТЕПЛОВИЗОРОМ

Приготовление и разогрев уже готовой пищи при помощи микроволновки стало обыденным делом практически для каждого жителя планеты. Этот бытовой прибор сделал настоящую революцию на кухне, практически отправив на пенсию традиционные электрические и газовые плиты. Но, как оказалось, микроволновая печь тоже несовершенна. И в ее конструкцию смело можно добавлять множество функциональных инноваций.

Именно это решил сделать бывший инженер НАСА Марк Робер. Видимо его озадачил тот факт, что нельзя

точно определить степень разогрева пищи в микроволновой печи. И видимо именно поэтому он решил добавить в ее конструкцию ... тепловизор. Да, именно с помощью тепловизора бывший работник аэрокосмического агентства решил определять степень нагрева пищи.

Новая разработка Марка – Heat Map – представляет собой обычную с виду микроволновку, в которой вместо смотрового окошка вмонтирован дисплей. Изображение на него подается с инфракрасного датчика-объектива, установленного в верхней части над вращающейся тарелкой.

По мере разогрева пищи, цвет отображаемой на дисплее пищи приобретает сначала синеватый оттенок, а затем красный и, в конце концов, белый. Кроме визуального контроля новая микроволновка позволяет задавать температуру, после нагрева до которой, печь выключается автоматически. Но и это еще не все новаторы.

Марк решил, что изображение должно отображаться не только на дисплее Heat Map, но еще и на смартфоне. Для этого он вмонтировал в микроволновку модули Bluetooth и Wi-Fi.

Новатор планирует запустить массовое производство своих «продвинутых» микроволновок. Но когда это произойдет – вопрос наличия достаточного капитала, которого у Марка пока нет.

bettermicrowave.com



РАЗРАБОТКА СЕМАНТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОСТУПА К ОБЪЕДИНЕННЫМ КОРПОРАТИВНЫМ ИНФОРМАЦИОННЫМ РЕСУРСАМ

УДК 621.391

М.В. Стержанов, БГУИР, г. Минск

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы построения семантической модели системы организации доступа к объединенным корпоративным ресурсам. Базовые понятия и операции предметной области представлены в статической и динамической формах с применением канонической онтологии BWW.

Введение

В сетях крупных организаций, имеющих большое число пользователей и приложений, многообразие используемых технологий приводит к повышению сложности процесса управления доступом. Сервисы разных типов, использующие разные технологии управления доступом (например, LDAP и Sun Identity Manager), требуют создания целой инфраструктуры управления, включающей в себя репозиторий правил разграничения доступа, систему управления доступом. Пользователям при работе с разными сервисами требуется разная идентификационная информация, что является неудобным. Большое количество сервисов разных типов приводит к большому количеству инфраструктур управления доступом, которые нужно создавать и поддерживать, что накладывает высокие требования к квалификации администраторов. Часть информации в таких инфраструктурах дублируется и требует синхронизации при изменениях.

Назначением системы централизованного управления учетными записями и правами доступа является автоматизация доступа пользователей к корпоративным ресурсам. Ресурсы представляют собой набор информационных систем и данных, связанных с ними. Кроме того, система обеспечивает для разрабатываемого и поддерживаемого корпоративного программного обеспечения потребности в создании ролей и назначении прав пользователей.

Семантическая модель описывает базовые понятия и операции предметной области управления доступом к сервисам и является необходимой для создания при проектировании организации доступа к объединенным корпоративным информационным ресурсам.

Семантическая модель системы

Высокоуровневая онтология BWW [1] фокусируется на модели представления, которая определяет набор понятий, их связей и характеристик, достаточных для описания структуры и поведения информационных систем. Онтология BWW исходит из следующего предположения: все методы моделирования информационных систем должны быть в состоянии описать все понятия «реального мира», которые могут быть интересны пользователям информационных систем [2].

В соответствии с онтологией BWW было принято решение представить онтологию управления доступом к сервисам в виде двух компонентов. Первый компонент

представляет собой статическое описание систем управления доступом к сервисам и включает объекты предметной области управления доступом и их свойства. Второй компонент описывает динамическое поведение систем управления доступом и включает набор состояний таких систем, правила смены состояний и события, возникающие в системе.

Статическое описание структуры системы в терминах онтологии BWW содержит существующие в системе объекты и их свойства [3].

Основные объекты разработанной онтологии управления доступом к сервисам показаны на UML-диаграмме (рисунок 1).

В верхней части диаграммы представлено базовое понятие онтологии BWW (интерфейс Thing), в нижней части показано его сужение на предметную область управления доступом.

Основными объектами системы являются:

- AccessObject – объект доступа. Система управляет доступом к этому объекту, представляющему собой информационный, сетевой или вычислительный ресурс;

- Principal – сущность, наделенная правами доступа к объектам доступа и атрибутами. Principal – абстрактный класс, который не может иметь экземпляров. Данный класс имеет три наследника: AccessSubject (субъект доступа), Container (контейнер) и Role (роль). Субъект доступа является ключевым компонентом онтологии и представляет собой персону, программу или систему, взаимодействующую с объектом доступа посредством создания запроса доступа. Субъект имеет идентификатор и аутентификатор (возможно, несколько). Субъекту назначаются права доступа к объектам, а также описательные атрибуты (ФИО и контактные данные сотрудника, название и сетевой адрес сервера программной системы и т.п.). Контейнеры и роли служат для упрощения процесса управления. В качестве примера контейнера можно указать организацию или группу. Все пользователи, входящие в контейнер, получают права доступа и атрибуты контейнера. Контейнеру и роли можно назначить набор прав доступа и атрибутов, после чего эффективно выделить их нужному субъекту путем включения в контейнер или назначения роли;

- Policy – политика управления доступом, включающая данные об объектах доступа, субъектах доступа и права доступа субъектов к объектам. Политика описывает правила проверки доступа и позволяет формировать списки менеджеров, подтверждающих доступ к объекту;

- Session – сессия, возникающая при обращении субъекта к объекту доступом. Сессия включает субъект доступа, список активированных ролей и набор прав доступа и атрибутов, действующих в сессии. В этот набор входят права доступа и атрибуты, назначенные непосредственно субъекту, контейнерам, в которые он включен, а также ролям, которые субъект активировал в сессии.

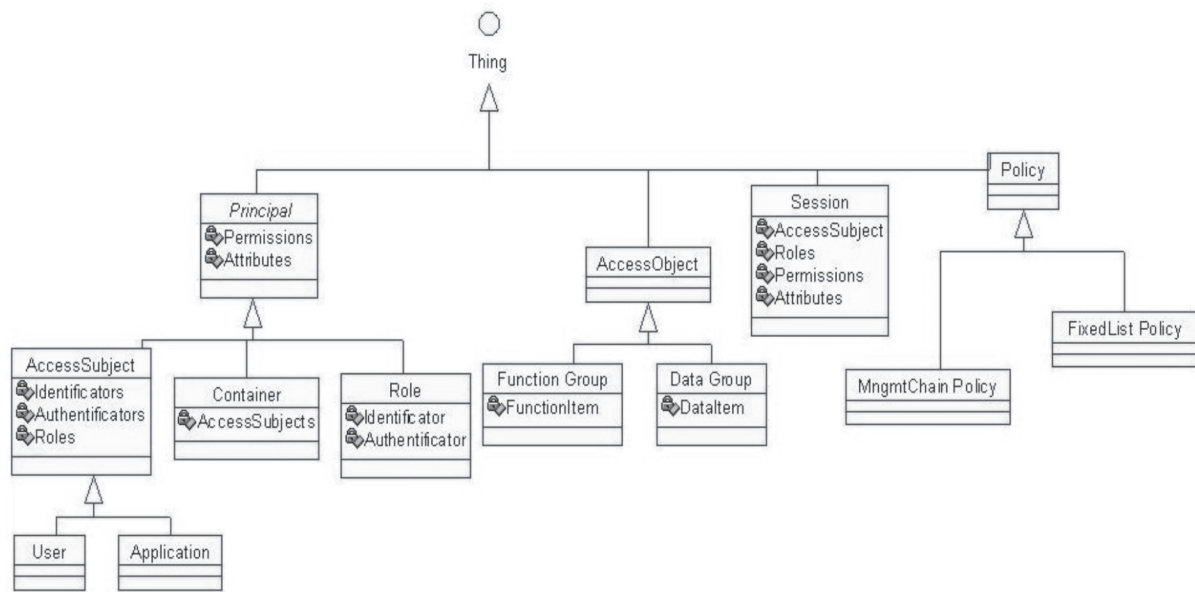


Рисунок 1 – Диаграмма классов управления доступом к сервисам

Для описания динамической составляющей модели выделим состояния и проиллюстрируем основной поток диаграммы состояний системы управления доступом к сервисам на рисунке 2.

Событие *AccessRequest* является инициатором работы системы, оно представляет запрос субъекта на доступ к объекту. При этом какая-либо информация о субъекте на данном этапе отсутствует (состояние *SubjectUnknown*). Очевидно, что сначала выполняется определение источника запроса (действие *Identification*, переход в состояние *SubjectIdentified*). Затем осуществляется подтверждение подлинности субъекта (действие *Authentication*, переход в состояние *SubjectAuthenticated*). Когда субъект доступа достоверно известен, создается сессия (действие *CreateSession*, переход в состояние *SessionExists*). После создания сессии осуществляется проверка прав доступа субъекта к объекту (операция *Authorization*, переход в состояние *SubjectAuthorized*). В случае успешной проверки прав, доступ субъекта к объекту разрешается (возникает событие *AccessGranted*) и выполняется переход в состояние *SessionExists*.

В случае появления события *AccessRequest*, когда система находится в состоянии *SessionExists*, в котором субъект доступа достоверно известен, сразу выполняется операция авторизации, без операции идентификации и аутентификации (однократная регистрация).

В состоянии *SessionExist* субъект может активировать роль, расширив таким образом свои права доступа (действие *EnableRole*). После завершения выполнения операций, требующих прав доступа роли, роль можно деактивировать (действие *DisableRole*).

Действие *DeleteSession* выполняет уничтожение сессии. Вместе с сессией уничтожается информация о субъекте доступа, для которого создавалась сессия и выполняется переход в состояние *SubjectUnknown*. Действие *DeleteSession* может выполняться либо по запросу субъекта («выход из системы»), либо автоматически через определенное время с момента создания сессии (по истечении «времени жизни» сессии).

На основании рассмотренных состояний можно выделить три основных события системы управления доступом:

- запрос доступа. Данное событие возникает при каждом обращении субъекта доступа к объекту доступа;
- доступ разрешен. Данное событие возникает в случае принятия решения о разрешении доступа в результате выполнения процедур контроля;
- доступ запрещен. Данное событие возникает в случае принятия решения об отказе в доступе в результате выполнения процедур контроля.

Формализация управления доступом в виде онтологической модели позволяет полностью описать семантику базовых понятий управления доступом к сервисам. Не-

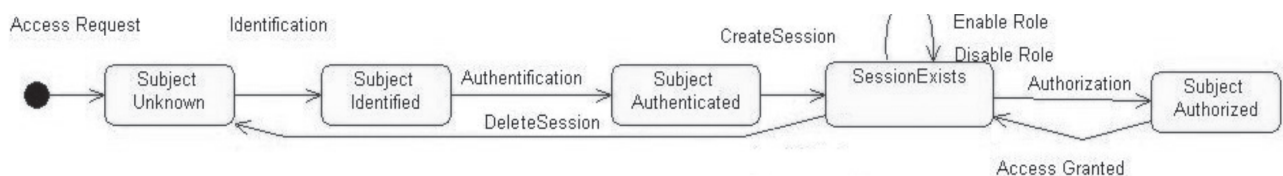


Рисунок 2 – Диаграмма состояний системы управления доступом к сервисам

достатком полученной семантической модели является невозможность представления описания прав доступа к сервисам в форме, удобной для анализа человеком или автоматизированными анализаторами.

На основании описанной выше модели выделим некоторые функциональные требования к системе. Система Satori должна позволять:

1. Регистрировать пользователей в корпоративной сети.
2. Создавать и модифицировать политики управления доступом.
3. Создавать и модифицировать роли.
4. Поддерживать данные о правах пользователей в актуальном состоянии.
5. Рассчитывать статистику использования прав.

Заключение

Предложена система моделей управления доступом к сервисам, состоящая из онтологии управления доступом, разработанной при помощи адаптации онтологии BWW к предметной области управления сервисами. Онтология представляет возможности по адекватному отображению реального мира, как динамической системы, и обеспечивает сохранение сведений о свойствах и связях между объектами.

Благодарности

Данная работа выполнялась при поддержке гранта Ф13-М149 Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

Литература:

1. Wand, Y. An ontological model of an information system / Y. Wand, R. Weber // IEEE Transactions on Software Engineering Journal. – 1990. – 16(11). – P. 1281–1291.
2. Нестеренко, А.К. Формализация потоков работ и ее применение : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.18 / А.К. Нестеренко. – Вычислительный Центр им. А.А. Дородницына РАН. – М., 2007. – 21 с.
3. Созыкин, А.В. Семантическая интеграция управления доступом к сервисам : дис. ... канд. техн. наук: 05.13.11 / А.В. Созыкин. – ИМСС УрО РАН. – Пермь, 2008. – 107 с.

Abstract

Developing semantic and algebraic models of corporate access management system is detailed. Basic concepts and operations of the subject area are described in static and dynamic views using canonic BWW ontology terms.

Поступила в редакцию 24.02.2015 г.

НОВОСТИ

НОВАЯ ПОРТАТИВНАЯ ЗАРЯДКА РАБОТАЕТ НА ... ГАЗУ

Портативные зарядные устройства для электронных гаджетов пользуются в последнее время особой популярностью. Это, скорее всего, связано с широким распространением самих мобильных устройств: телефонов, смартфонов, планшетов и ноутбуков, мобильность которых обеспечивается возможностью продолжительного использования встроенных или внешних аккумуляторов. Но как быть, когда Вы долго находитесь там, где вообще недоступна централизованная электросеть? Ведь аккумулятор портативной зарядки также нужно периодически заряжать.

Да, существует множество разработок портативных зарядных устройств, которые подзаряжаются от солнечного света, то есть оснащены небольшими солнечными батареями. Однако их тоже нужно достаточно долго заряжать перед использованием. Нечто совершенно иное предложили разработчики нового портативного зарядного устройства Kraftwerk. В качестве источника энергии для генерации электричества они решили использовать ... обычный газ для зажигалок.

Устройство выполнено в весьма современном элегантном стиле – так называемом «унисекс». При весе 200 г (с полным газовым резервуаром), оно имеет размеры 10×7,5×3 см. Kraftwerk оснащено всего одним портом USB для зарядки мобильных устройств, но при этом одной заправки (газом) хватает примерно на 11 зарядок аккумулятора смартфона емкостью 2000 мА•ч.

Работает Kraftwerk следующим образом. Пользователь берет обычный газовый баллончик для зажигалок и через



клапан заправляет устройство точно также как и зажигалку. Этот газ при помощи специального топливного элемента (его принцип работы разработчики пока держат в секрете) преобразуется в электричество, которое собственно и используется для зарядки мобильных устройств. Все предельно просто, если не брать во внимание работу топливного элемента или как еще его называют разработчики – топливного электрогенератора.

Сейчас новаторы собирают средства через сервис Kickstarter для запуска новинки в серийное производство. Предположительная дата начала продаж – февраль 2016 года. Стоимость одного портативного зарядного устройства на газу составит около 100 долл. США.

hellokraftwerk.com

АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЕНСАТОРА АКТИВНЫХ ШУМОВЫХ ПОМЕХ С ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКИМ КОРРЕКТОРОМ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

УДК 621.396.98

А.Н. Сидоревич, ОАО «КБ Радар»;
И.Н. Давыденко, НПО «ОКБ ТСП», г. Минск

Аннотация

В статье приводится методика и результаты анализа потенциальной эффективности автокомпенсатора активных шумовых помех с двухпараметрическим корректором частотных характеристик. Методика проиллюстрирована на примере приемных трактов с частотной характеристикой одиночного резонансного контура, представленной в виде двухполюсной модели. Приведены результаты численных расчетов.

Введение

Для устранения влияния неидентичностей частотных характеристик каналов приема автокомпенсатора активных шумовых помех используются схемы коррекции частотных характеристик [1].

В работе [2] выполнен синтез структурной схемы компенсатора активных шумовых помех с системой двухпараметрической коррекции частотных характеристик дополнительного (компенсационного) канала приема. Эта структурная схема представлена на рисунке 1.

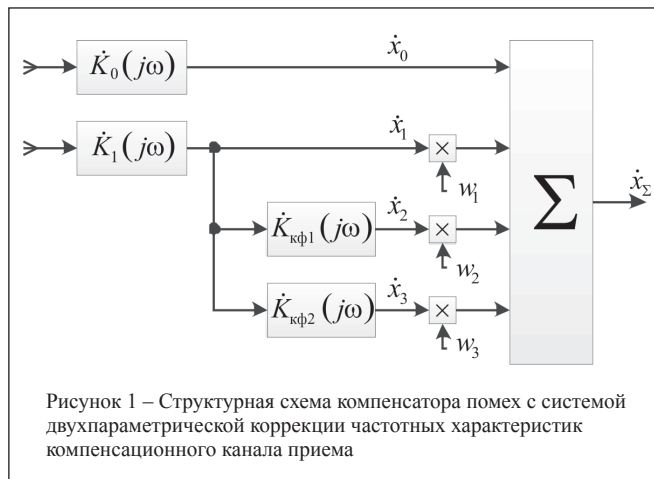


Рисунок 1 – Структурная схема компенсатора помех с системой двухпараметрической коррекции частотных характеристик компенсационного канала приема

Оптимальные весовые коэффициенты такого компенсатора определяются известным выражением [3]:

$$\bar{\mathbf{w}}_{opt} = \mathbf{R}^{-1} \cdot \bar{\mathbf{r}}_{xx_0} \quad (1)$$

где $\mathbf{R} = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{pmatrix}$ – корреляционная матрица сигналов помех, принятых компенсационными каналами;

$\bar{\mathbf{r}}_{xx_0} = \begin{pmatrix} R_{01} \\ R_{02} \\ R_{03} \end{pmatrix}$ – вектор взаимной корреляции сигналов

помех, принятых основным и компенсационными каналами; $R_{ij} = \overline{\dot{x}_i(t) \cdot \dot{x}_j^*(t)} = 2N_h \int_{-\infty}^{+\infty} \dot{K}_i(j\omega) \cdot \dot{K}_j^*(j\omega) d\omega$; $2N_h$ –

спектральная плотность сигнала помехи в виде «белого шума»; $\dot{x}_i(t)$ – комплексная амплитуда сигнала помехи на выходе i -ого канала; $\dot{K}_0(j\omega)$ и $\dot{K}_1(j\omega)$ – частотные характеристики основного и компенсационного каналов приема соответственно; $\dot{K}_2(j\omega) = \dot{K}_1(j\omega) \cdot \dot{K}_{кф1}(j\omega)$ и $\dot{K}_3(j\omega) = \dot{K}_1(j\omega) \cdot \dot{K}_{кф2}(j\omega)$ – частотные характеристики соответствующих каналов системы коррекции частотных характеристик; $\dot{K}_{кф1}(j\omega)$ и $\dot{K}_{кф2}(j\omega)$ – частотные характеристики корректирующих фильтров.

Методика анализа

Эффективность компенсатора оценим по коэффициенту подавления помехи [3]:

$$K_p = \frac{P_0}{P_\Sigma} \quad (2)$$

где $P_0 = \frac{1}{2} \cdot \overline{\dot{x}_0(t) \dot{x}_0^*(t)} = \frac{1}{2} \cdot R_{00}$ – средняя мощность помехи в основном канале приема; $P_\Sigma = \frac{1}{2} \cdot \overline{\dot{x}_\Sigma(t) \dot{x}_\Sigma^*(t)}$ – средняя мощность помехи на выходе автокомпенсатора активной шумовой помехи.

Частотная характеристика основного канала представлена в виде двухполюсной модели [4]:

$$\dot{K}_0(j\omega) = \frac{T_0^2}{(1 + j(\omega - \omega_0) \cdot T_0) \cdot (1 + j(\omega + \omega_0) \cdot T_0)} \quad (3)$$

где ω_0 – резонансная частота контура; T_0 – постоянная времени контура.

Частотная характеристика компенсационного канала с учетом неидентичностей описывается выражением вида:

$$\dot{K}_1(j\omega) = \frac{(T_0 + \delta T_0)}{(1 + j(\omega - \omega_0 - \delta\omega_0) \cdot (T_0 + \delta T_0)) \cdot (1 + j(\omega + \omega_0 + \delta\omega_0) \cdot (T_0 + \delta T_0))} \quad (4)$$

где $\delta\omega_0$ и δT_0 – неидентичность резонансных частот и постоянных времен соответственно для колебательных контуров основного и компенсационного каналов.

Частотные характеристики корректирующих фильтров 1 и 2 описываются следующими выражениями [1]:

$$\dot{K}_{кф1}(j\omega) = \frac{1}{(1 + j(\omega - \omega_{0кф1}) \cdot T_{0кф1}) (1 + j(\omega + \omega_{0кф1}) \cdot T_{0кф1})} \quad (5)$$

$$\dot{K}_{\kappa\phi 2}(j\omega) = \frac{j\omega T_{0\kappa\phi 2}}{(1 + j(\omega - \omega_{0\kappa\phi 2}) \cdot T_{0\kappa\phi 2})(1 + j(\omega + \omega_{0\kappa\phi 2}) \cdot T_{0\kappa\phi 2})}, \quad (6)$$

где $\omega_{0\kappa\phi i}$ – резонансная частота колебательного контура для i -го корректирующего фильтра; $T_{0\kappa\phi i}$ – постоянная времени i -го корректирующего фильтра.

Из-за невозможности точной настройки корректирующих фильтров, параметры фильтров будут отличаться от требуемых:

$$\begin{aligned}\omega_{0\kappa\phi i} &= \omega_0 + d\omega_{0\kappa\phi i}, \\ T_{0\kappa\phi i} &= T_0 + dT_{0\kappa\phi i},\end{aligned}$$

где $d\omega_{0\kappa\phi i}$ – рассогласование резонансной частоты колебательного контура для корректирующего фильтра относительно резонансной частоты колебательного контура основного канала, $dT_{0\kappa\phi i}$ – рассогласование постоянных времени корректирующего фильтра и основного канала.

На практике корректирующие фильтры могут быть выполнены в цифровом виде, поэтому между собой они будут согласованы, а иметь будут рассогласование лишь с контуром основного канала: $d\omega_{0\kappa\phi 1} = d\omega_{0\kappa\phi 2} = d\omega_{0\kappa\phi}$, $dT_{0\kappa\phi 1} = dT_{0\kappa\phi 2} = dT_{0\kappa\phi}$.

Мощность сигнала помехи в основном канале выразим через спектральную плотность сигнала помехи на входе автокомпенсатора и частотную характеристику основного канала приема:

$$2P_0 = R_{00} = 2N_h \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} \dot{K}_0(j\omega) \cdot \dot{K}_0^*(j\omega) d\omega. \quad (7)$$

Очевидно, что коэффициент подавления (2) будет максимальным при минимуме выходной мощности помехи, достигаемой при использовании в качестве весовых коэффициентов значений, получаемых в соответствии с выражением (1). Известно, что в этом случае минимальная мощность помехи на выходе схемы компенсации при использовании коррекции частотных характеристик для схемы, приведенной на рисунке 1, имеет вид [3]:

$$2P_{\min} = 2P_0 - \bar{\mathbf{r}}_{\chi\chi 0}^H \cdot \mathbf{R}^{-1} \cdot \bar{\mathbf{r}}_{\chi\chi 0}, \quad (8)$$

где P_0 – мощность сигнала помехи в основном канале приема; H – символ эрмитова сопряжения (комплексного сопряжения и транспонирования).

Результаты анализа

Ввиду сложности аналитического выражения (8) для мощности остатков компенсации, вычисления коэффициента подавления проводились численным методом с использованием ЭВМ.

Моделировался колебательный контур основного канала с параметрами: $\omega_0 = 5$ МГц, $T_0 = 0,3$ мкс. Полоса пропускания такого контура $d\omega_0 = 500$ кГц. Колебательный контур компенсационного канала имел неидентичности параметров: $\delta\omega_0 = 100$ кГц, $\delta T_0 = 30$ нс. Внутренние шумы каналов не учитывались.

В случае одноканального автокомпенсатора без системы коррекции частотных характеристик корреляционная матрица и вектор взаимной корреляции сигналов помех вырождаются в скаляры, тогда минимальная мощность помехи на выходе:

$$2P_{\min} = 2P_0 - r_{01}^* R_{11}^{-1} r_{01}. \quad (9)$$

Таким образом, коэффициент подавления одноканального автокомпенсатора может быть вычислен по следующей формуле:

$$K_p = \frac{2P_0}{2P_{\Sigma}} = \frac{2P_0}{2P_0 - 2P_{\min}} = \frac{2P_0}{r_{01}^* R_{11}^{-1} r_{01}}. \quad (10)$$

При заданной неидентичности параметров компенсационного канала был получен численным методом коэффициент подавления одноканального автокомпенсатора без коррекции частотных характеристик, равный 17 дБ.

На рисунке 2 приведен график зависимости эффективности подавления от величины рассогласования центральной частоты корректирующих фильтров в сравнении с центральной частотой колебательного контура основного канала при отсутствии рассогласования постоянных времени фильтров $dT_{0\kappa\phi}$. Видно, что при относительной расстройке центральной частоты корректирующих фильтров не более, чем на 20 %, обеспечивается улучшение эффективности подавления не менее 25 дБ. При отсутствии расстройки параметров корректирующих фильтров должно наступить полное подавление помехи, т.е. коэффициент подавления должен уйти в бесконечность, но на практике из-за использования численных методов расчета на конечной разрядной сетке этого не происходит. С ростом расстройки параметров корректирующих фильтров эффективность подавления снижается.

Зависимость эффективности подавления от рассогласования полосы пропускания корректирующих фильтров приведена на рисунке 3. Видно, что корректор более чувствителен к точной настройке полосы пропускания, чем центральной частоты колебательного контура. Причем, сравнив левую и правую части графика, приходим к вы-

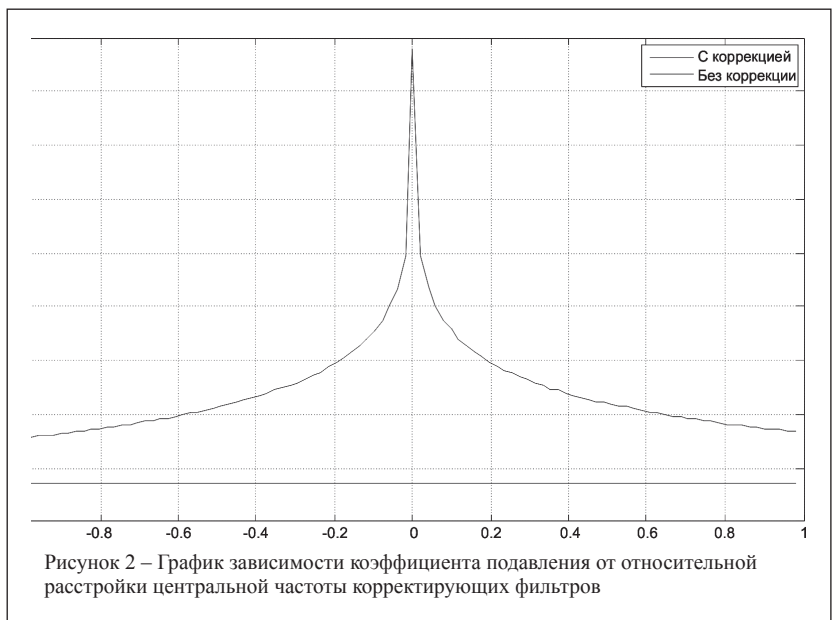


Рисунок 2 – График зависимости коэффициента подавления от относительной расстройки центральной частоты корректирующих фильтров

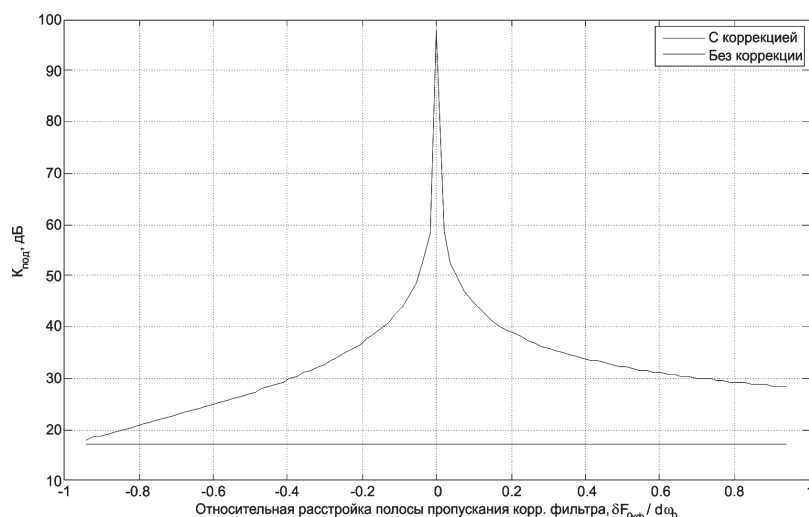


Рисунок 3 – График зависимости коэффициента подавления от относительной расстройки полосы пропускания корректирующих фильтров

воду, что сужение полосы пропускания корректирующих фильтров приводит к большему ухудшению эффективности подавления, чем расширение.

Заключение

В статье приводятся результаты анализа использования системы двухпараметрической коррекции частотных характеристик. Для случая, когда из-за неидентичности частотных характеристик основного и компенсационного каналов эффективность подавления помех падает до уровня ниже 20 дБ, показано, что даже при наличии 30 % относительной расстройки параметров корректирующих филь-

тров, использование схемы коррекции частотных характеристик позволяет улучшить эффективность компенсации на 15–20 дБ.

Литература:

1. Сидоревич, А.Н. Синтез структуры корректора частотных характеристик компенсатора активных шумовых помех / А.Н. Сидоревич, И.Н. Давыденко // Электроника инфо. – 2012. – № 7. – С. 101–103.
2. Сидоревич, А.Н. Синтез и имитационное моделирование компенсатора активных шумовых помех с двухпараметрическим корректором частотных характеристик / А.Н. Сидоревич, И.Н. Давыденко // Информатика. – 2014. – № 4 (404). – С. 59–65.
3. Монзинго, Р.А. Адаптивные антенные решетки / Р.А. Монзинго, Т.У. Миллер. – М.: Радио и связь, 1986.
4. Гоноровский, И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. для вузов / И.С. Гоноровский. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1986.

Abstract

The paper presents the methodology and results of the analysis of the potential effectiveness of the automatic compensator of active noise interference with a two-parameter frequency characteristics corrector. The technique is illustrated by the reception paths with a frequency characteristic of a single resonance circuit provided in a bipolar model. The results of the simulation are presented.

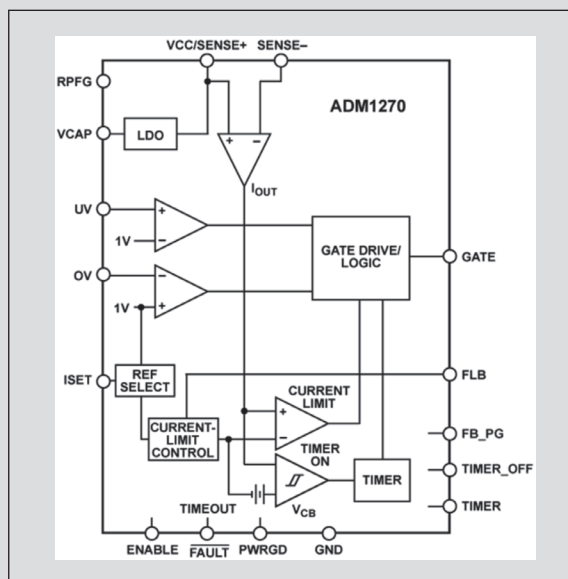
Поступила в редакцию 13.03.2015 г.

НОВОСТИ

УПРАВЛЕНИЕ ПИТАНИЕМ И ТЕПЛОВОМ РЕЖИМОМ

Токоограничивающий контроллер ADM1270 обеспечивает ограничение броска входного тока и защиту от перегрузки по току в модульных системах и системах с питанием от батарей. При установке печатных плат в соединительную плату, находящуюся под напряжением, в разряженные конденсаторы развязки поступают большие импульсные токи с шины питания соединительной платы. Эти импульсные токи могут привести к необратимому повреждению соединительных контактов и вызывать падение напряжений, потенциально приводящих к сбросу других микросхем. Данный компонент управляет бросками тока при включении с помощью внешнего полевого транзистора с каналом P-типа. Дополнительный внешний полевой транзистор с каналом P-типа может быть подключен для защиты системы от входного напряжения питания обратной полярности и предотвращения протекания обратного тока, который может повредить компонент или нагрузку. ADM1270 работает с напряжением питания от 4 В до 60 В, потребляя ток 360 мкА. Компонент выпускается в 16-выводных корпусах LFCSP и QSOP, рабочий температурный диапазон составляет от –40°C до +125°C.

Альфачип ЛТД



РАЗРАБОТКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ СКОРОСТИ И ПОЛОЖЕНИЯ

Светлана Сысоева
Dr.Gold@sysoeva.com

С 2013 года впервые стала доступной для разработчиков компонентная база датчиков скорости и углового положения на основе эффекта туннельного магниторезистивного (ТМР) эффекта, предложенная компанией MDT. В публикуемой статье представлены новые разработки автомобильных датчиков скорости и положения с использованием данной базы, которые также частично или полностью могут применяться совместно с компонентной базой датчиков на основе ГМР- (гигантского магниторезистивного) или АМР- (анизотропного магнитного резистивного) эффекта, вертикальных и даже планарных датчиков Холла или вообще неинтегральных типов датчиков. Технические области применения новинок включают в себя автоэлектронику (датчики частоты вращения, углового положения дроссельной заслонки, педали, угла рулевого колеса), переключение бесколлекторных двигателей, джойстики, измерение тока.

Введение

Туннельный магниторезистивный эффект характеризуется изменением магнитосопротивления под действием магнитного поля в так называемом магнитном туннельном переходе, сформированном посредством многослойных материалов. ТМР-эффект показывает высокие изменения удельного сопротивления под действием магнитного поля, вследствие чего датчики и преобразователи магнитного поля на его основе считаются сегодня одними из наиболее перспективных [1] для применения в потребительской и автоэлектронике, мобильных устройствах и других сегментах рынка.

Так, автопром, будучи ключевым заказчиком этого вида датчиков как по объемам потребления, так и в технологическом плане, использует их для определения скорости автомобиля (датчик ферромагнитного зубчатого ротора выходного вала коробки передач, рисунок 1), контроля положения дроссельной заслонки (датчик абсолютного углового положения дипольного диаметрально намагниченного магнита, рисунок 2) [3, 4], педали акселератора, в магнитоуправляемых ключах для контроля ремней безопасности или положения сиденья, бесконтактного переключения двигателей и пр. В автоэлектронике на сегодня доминируют датчики Холла с планарными элементами, чувствительные к перпендикулярному магнитному полю [2].

За пределами стандартных компонентов особый интерес представляют технологические разновидности гибридных датчиков Холла с интегрированными магнитоконцентраторами (ИМК), которые отличаются повышенной чувствительностью к параллельным компонентам поля, магнитной, механической и температурной стабильностью. Разработаны технологии вертикальных датчиков Холла, чувствительных к параллельным компонентам магнитного поля и полностью эмулирующих в этом плане датчики на основе эффекта анизотропного магнитосопротивления (АМР), гигантские

магниторезисторы (ГМР), представляющие собой другие широко известные коммерческие технологии с высокой чувствительностью и стабильностью. ТМР-эффект чувствителен также к параллельным магнитным полям и превосходит по чувствительности, уровню первичного сигнала и уникальному набору других преимуществ все вышеперечисленные коммерческие технологии.

Итак, ТМР-эффект отличается высокой чувствительностью, высокой температурной стабильностью, широким диапазоном доступных рабочих расстояний, способностью детектирования слабых магнитных полей, устойчивостью к механическим и магнитным смещениям и рядом других характеристик, что делает его интересным для использования в автоэлектронике.

Первые специализированные ТМР-датчики скорости ферромагнитного зубчатого ротора и углового положения дипольного диаметрально намагниченного магнита выпущены MultiDimension Technology Co., Ltd. в виде магнито-чувствительных ТМР-элементов в корпусах интегральных микросхем [1].

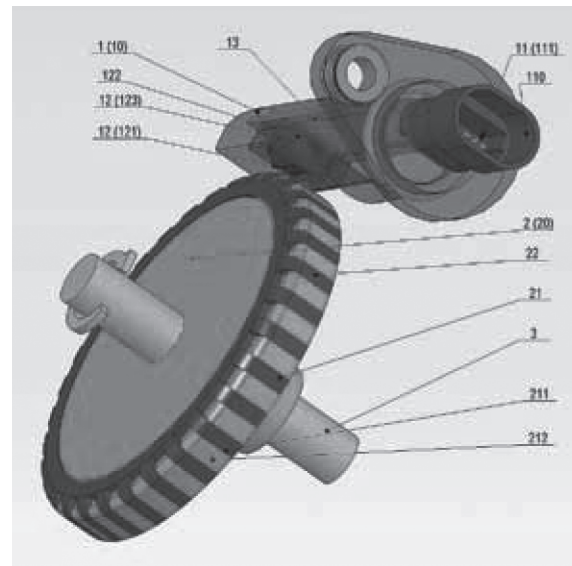


Рисунок 1 – Ключевой пример автомобильных датчиков магнитного поля на основе эффекта Холла: датчик скорости автомобиля (датчик ферромагнитного зубчатого ротора выходного вала коробки передач) [3]: 1, 10, 100 – бесконтактный статор датчика ферромагнитного зубчатого ротора; 2 – ферромагнитный зубчатый ротор; 3 – вращающийся вал; 11 – корпус датчика (110) с контактами (111); 12 – модуль датчика Холла; 21 – кодовые элементы – зубья; 22 – кодовые элементы – пропуски зубьев; 121 – микросхема дифференциального датчика (TLE4921-5U Infineon); 122 – корпус интегрального модуля, включающий в себя обратносмещающий магнит (123)

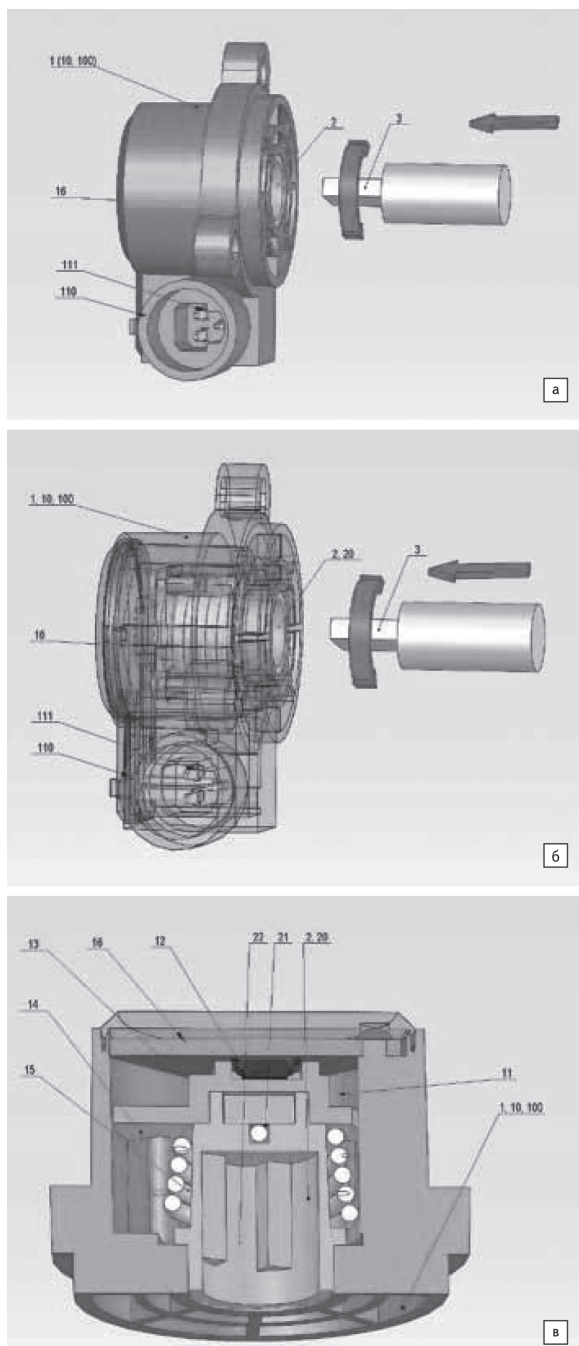


Рисунок 2 – Ключевой пример автомобильных датчиков магнитного поля на основе эффекта Холла: датчик положения дроссельной заслонки (датчик абсолютного углового положения дипольного диаметрально намагниченного магнита) [4]: 1, 10, 100 – бесконтактный датчик-статор; 2 – магнитный ротор; 3 – вращающийся вал; 11 – корпус датчика (110) с контактами (111); 12 – интегральный датчик Холла (микросхема MLX90316 Melexis); 13 – печатная плата; 14 – конструктивная деталь для 3D-ограничения нежелательных степеней свободы перемещения ротора; 15 – пружина; 16 – крышка датчика; 21 – дипольный диаметрально намагниченный магнит; 22 – установочная втулка ротора

TMR-датчики зубчатого ротора MMGX45 способны детектировать роторы с малым шагом (меньшим, чем для других эффектов).

Поскольку компоненты от MDT дают на выходе только первичные сигналы, они на данном этапе подходят и в качестве датчиков скорости автомобиля, и для обнаружения линейного и углового положения.

В свою очередь, TMR-датчики MMA253F, разработанные специально для бесконтактных измерений угла в 360-градусном диапазоне, снабжены высокоамплитудными синусно-косинусными выходами напряжения и подходят для применения в качестве угловых датчиков положения (типа датчика положения дроссельной заслонки) и энкодеров.

Первые шаги в разработке следующего поколения датчиков скорости автомобиля Доступная компонентная база TMR-датчиков скорости

MMGX45 (рисунок 3) – первый мостовой TMR-датчик зубчатого ротора MDT, доступный в шести стандартных вариантах (для шагов роторов в 0,25; 0,5; 0,75; 1; 2 и 3 мм) и одном из двух типов корпуса с малым форм-фактором (LGA, 3×3×0,9 мм и 3×6×0,9 мм). В зависимости от исполнения датчик скорости включает в себя один или два полных моста Уитстона с четырьмя или восемью незэкранированными высокочувствительными сенсорными TMR-элементами.

Мост Уитстона создает дифференциальный выход напряжения, соответствующий градиенту магнитного поля

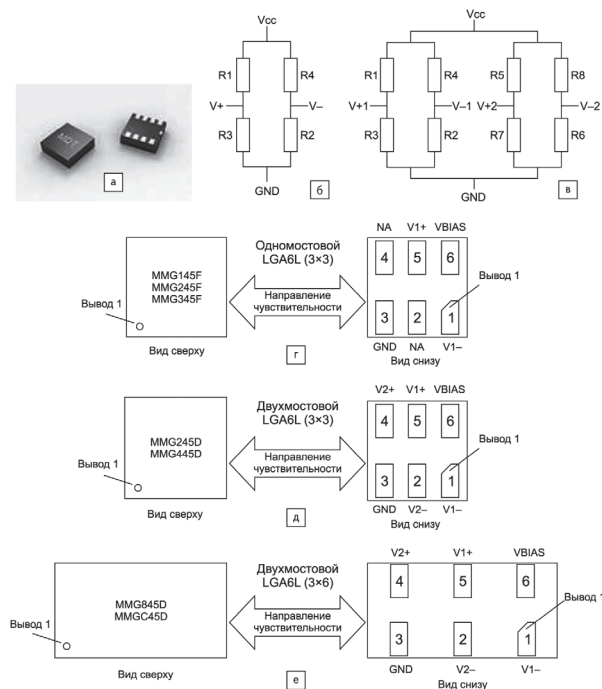


Рисунок 3 – MMGX45 – первый магнитный TMR-датчик зубчатого ротора от MDT: а) внешний вид; б, в) блок-диаграммы: б) одномостовая конфигурация; в) двухмостовая конфигурация; г–е) конфигурация выводов для различных исполнений и типов корпусов

вдоль чувствительного направления, параллельного лицевой поверхности микросхемы. В двухмостовой конфигурации два ортогональных моста Уитстона обеспечивают синусный и косинусный сигналы напряжения, которые могут использоваться для измерения положения зубчатого ротора и направления движения. Датчики магнитного зубчатого ротора MMGX45, отличаюсь высокой чувствительностью по отношению к градиенту магнитного поля, могут определять в нем малые изменения, а кроме того, демонстрируют хорошую температурную стабильность выходного сигнала. Исполнения датчиков проиллюстрированы в таблице.

Применение компонентной базы TMP

в измерительных системах датчиков скорости

Применение в конструкциях и измерительных системах датчиков скорости ферромагнитного зубчатого ротора проиллюстрировано на рисунке 4 [5]. Как видно из рисунка 4 а, второй тип корпусов (3×6×0,9 мм) и двухмостовое исполнение соответствующего типа MMGC45D могут быть использованы для простого замещения¹ интегральных датчиков и модулей Холла вместе с сохранением существующего типа штампованного ротора диаметром 72 мм с 32 ферромагнитными зубьями (средний шаг – порядка 7 мм).

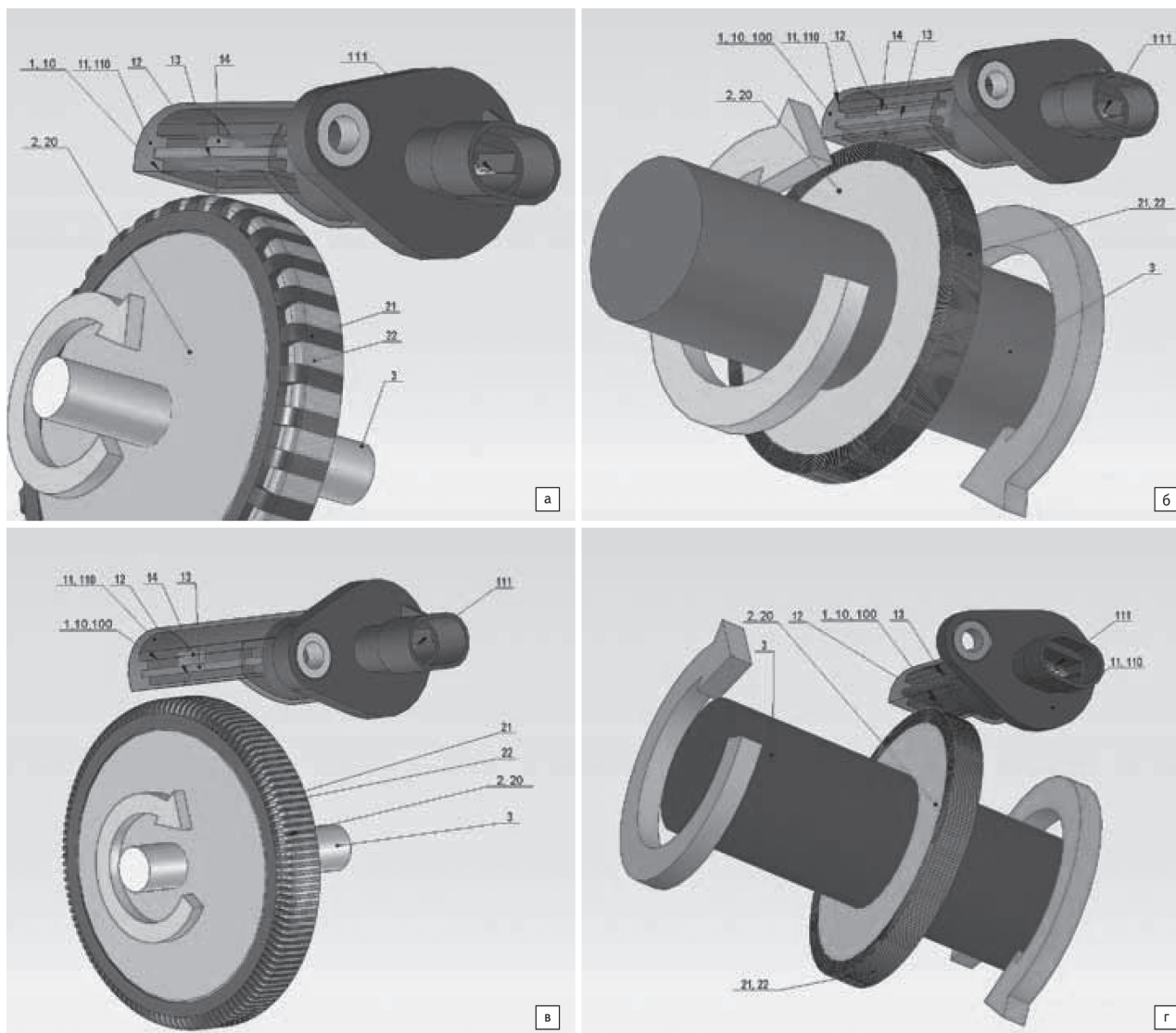


Рисунок 4 – Измерительная система датчика скорости автомобиля с использованием компонентной базы на основе TMP-эффекта: а) простое замещение TMP-компонентами для дифференциальных датчиков Холла в существующих измерительных системах; б) демонстрация возможности повышения разрешения ротора в четыре раза и более; в) демонстрация применения высокоразрешающих ферромагнитных зубчатых роторов следующего поколения, изготовленных по специальной технологии; г) демонстрация применения магнитных роторов следующего поколения на основе высокоразрешающих магнитных пленок, изготовленных по специальной технологии:
1, 10, 100 – бесконтактный статор датчика ферромагнитного зубчатого ротора; 3 – вращающийся вал;
11 – корпус датчика (110) с контактами (111); 12 – микросхема TMP-датчика MMGX45; 13 – печатная плата;
14 – обратномещающий магнит; 2 – ферромагнитный зубчатый ротор; 21 – кодовые элементы – зубья;
22 – кодовые элементы – пропуски зубьев

Таблица – Исполнения TMP-датчиков скорости MMGX45 компании MDT

Серийный номер	Исполнение одномотовое/двухмотовое	Разделение между TMP-элементами, мм	Диапазон среднего шага роторов	Формат корпуса
MMG145F	Одномотовое	0,25	0,3-1 мм; оптимальный шаг – 0,5 мм	LGA6L (3×3)
MMG245F		0,5	0,7-2 мм; оптимальный шаг – 1 мм	
MMG345F		0,75	1-3 мм; оптимальный шаг – 1,5 мм	
MMG245D	Двухмотовое	0,5	0,7-2 мм; оптимальный шаг – 1 мм	LGA6L (3×3)
MMG445D		1	1,3-4 мм; оптимальный шаг – 2 мм	
MMG845D		2	2,7-8 мм; оптимальный шаг – 4 мм	LGA6L (3×6)
MMGC45D		3	4-12 мм; оптимальный шаг – 6 мм	

Двухмотовое исполнение MMG445D в корпусе первого типа (3×3×0,9 мм) позволит применять 256 кодовых элементов (по 128 зубьев и впадин) с шагом ротора порядка 1,75 мм (рисунок 4 б). А двухмотовое исполнение MMG845D в корпусе второго типа (3×6×0,9 мм) позволит вдвое увеличить число кодовых элементов (зубьев и впадин) – с 64 до 128, шаг ротора при этом также уменьшится вдвое – с 7 до 3,5 мм.

Компьютерное моделирование позволило разместить до 512 ферромагнитных элементов (всего 1024 кодовых элемента) для ротора данного диаметра (72 мм), средний шаг при этом составил менее 0,5 мм. Это даже не предельное значение, допустимое для одномотового исполнения датчика MMG145F в корпусе размером 3×3×0,9 мм. При достижении столь высокого разрешения отдельным пунктом встает вопрос замещения технологии изготовления: вместо штампованных ферромагнитных роторов могут начать применяться, например, пленочные – такие же, как ранее известные магнитные роторы с магнитными пленками (рисунок 4 в).

Те же самые датчики скорости могут применяться не только для ферромагнитных зубчатых роторов, но и для магнитных роторов – без обратносмещающих магнитов, которые для них не требуются (рисунок 4 г).

Перспективы применения TMP-компонентов в качестве датчиков скорости очевидны: их явные преимущества – в дальнейшей миниатюризации и упрощении конструкции датчиков скорости, а также в повышении разрешения и удешевлении технологии изготовления роторов. TMP-компоненты допускают работу с малыми обратносмещающими магнитами, меньшими по размерам ферромагнитными и магнитными кодовыми элементами с большими рабочими расстояниями (воздушным зазором).

TMP-датчики скорости устойчивы к магнитным, механическим и температурным смещениям и дрейфам, поэтому способны и далее повышать точность и улучшать другие функциональные характеристики датчиков скорости.

Исследования магнитной системы TMP-датчиков скорости и разработка схмотехнического решения для датчика скорости, в том числе полностью высокоинтегрированного ASIC-решения для обработки выходного дифференциального сигнала, – ожидаются в ближайшей перспективе.

Формулы преобразования датчика положения дроссельной заслонки

Доступная компонентная база

TMP-датчиков угла поворота

Первый двухосевой TMP-датчик MMA253F (рисунок 5) угла поворота малого магнита вырабатывает на выходе сигналы напряжения, пропорциональные синусу и косинусу приложенного магнитного поля, параллельного поверхно-

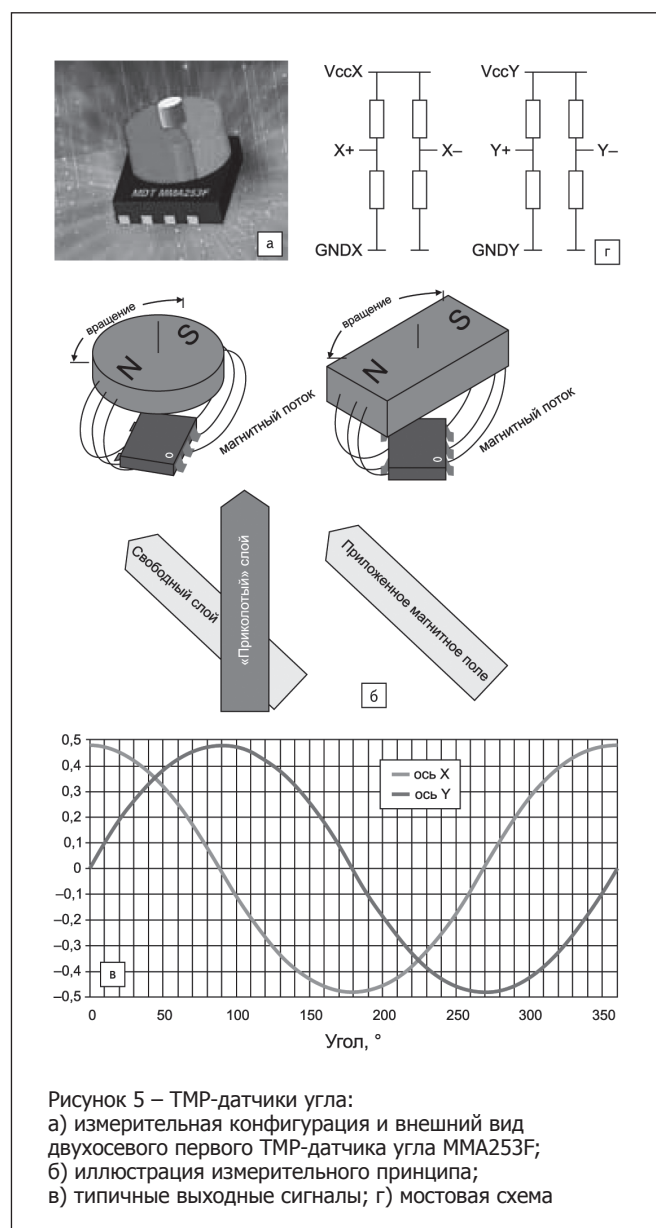


Рисунок 5 – TMP-датчики угла:

а) измерительная конфигурация и внешний вид двухосевого первого TMP-датчика угла MMA253F; б) иллюстрация измерительного принципа; в) типичные выходные сигналы; г) мостовая схема

сти датчика. MMA253F включает в себя два моста Уитстона, каждый из которых содержит по четыре ТМР-резистора в конфигурации push-pull. Датчик поставляется в компактном корпусе LGA8 размером 3×3×0,9 мм.

MMA253F может использоваться для измерения ориентации магнитного поля магнита, вращающегося параллельно поверхности корпуса датчика. Магнитное поле детектируется в нем ТМР-элементами, состоящими из двух магнитных слоев. Один слой каждого является «приколотым» (pinned layer) и не подвержен действию магнитных полей, а другой слой – свободный и имеет намагниченность, которая выравнивается параллельно приложенному магнитному полю. Эффект ТМР производит сопротивление, пропорциональное синусу и косинусу относительной угловой разницы между направлениями намагничивания свободного и «приколотого» слоя. Выходные сигналы ТМР-датчиков представляют собой синусные и косинусные сигналы напряжения в зависимости от угла приложенного магнитного поля, посредством чего обеспечивается измерение ориентации магнита.

На рисунке 5 в показаны синусно-косинусные напряжения, типичные для магнита диаметром 6 мм и высотой 2,5 мм, при уровне напряжения питания в 1 В.

ТМР-мосты Уитстона вырабатывают пиковый сигнал практически на уровне 100 % напряжения питания, что исключает необходимость его усиления. ТМР-мост способен самостоятельно компенсировать температурный дрейф напряжения.

Применение ТМР-датчиков в конструкциях датчиков абсолютного углового положения

Применение ТМР-датчиков в конструкциях и измерительных системах датчиков положения дроссельной заслонки проиллюстрировано на рисунке 6 [6].

Как видно из рисунка 6, ТМР-компоненты не только допускают замещение датчиков Холла, но и обеспечивают (за счет собственной высокой чувствительности к параллельным компонентам магнитного поля) большие рабочие расстояния (порядка 2–5 мм и выше) и более гибкое механическое размещение в 3D-пространстве датчика относительно магнита с любой стороны платы. Применение ТМР-компонентов демонстрирует, во-первых, дальнейшую миниатюризацию, во-вторых – возможность гибкого подбора магнитов любой формы и намагниченности вместе с варьированием рабочих расстояний, в третьих – дальнейшее упрощение конструкции и монтажа. Рисунок 6 а иллюстрирует макетный образец датчика положения дроссельной заслонки на основе прототипа [4] с расположением ТМР-датчика, запаянного с обратной стороны платы, а минималистический пример технологичного исполнения того же датчика для серийного производства показан на рисунке 6 б.

Поскольку ТМР-компоненты представляют собой истинно двухосевые компоненты, снижение нежелательной чувствительности к вертикальным смещениям и наклонам ротора относительно датчика достигается на физическом уровне. Кроме того, применение ТМР-компонентов в конструкциях датчиков положения дроссельной заслонки обеспечивает снижение энергопотребления, повышение надежности и функциональной безопасности. Выход обычной микросхемы из строя приводит к полной неработоспособности любого

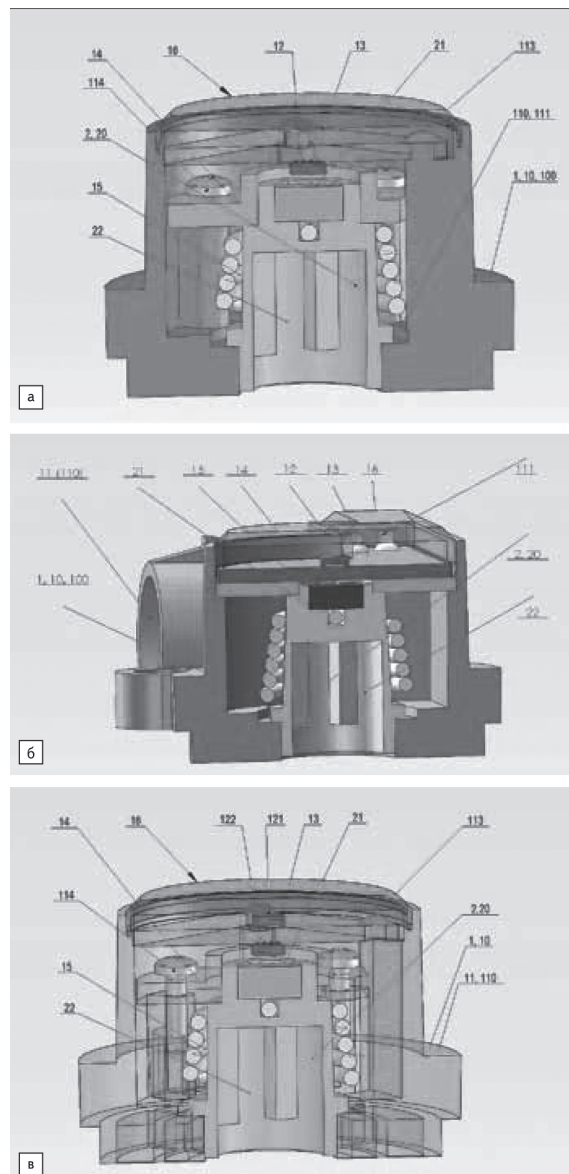


Рисунок 6 – Датчик положения дроссельной заслонки (датчик абсолютного углового положения дипольного диаметрально намагниченного магнита) на основе компонентной базы магниточувствительных датчиков угла: а) базовая конструкция с ТМР-датчиком, запаянным с обратной стороны платы, и центральным отверстием; б) базовая конструкция с ТМР-датчиком, запаянным с верхней стороны платы; в) избыточная измерительная конфигурация с двумя датчиками, запаянными с обеих сторон платы: 1, 10, 100 – бесконтактный датчик – статор; 11 – корпус датчика (110) с контактами (111); 12 – ТМР-датчик угла поворота в интегральном корпусе (MDT); 13 – печатная плата; 14 – центральная конструктивная деталь – вставка для точного позиционирования датчика (12) относительно ротора в 2D; 15 – пружина; 16 – крышка датчика; 2, 20 – магнитный ротор; 21 – дипольный диаметрально намагниченный магнит; 22 – установочная втулка ротора; 114 – крепежные элементы для вставки (14); 113 – крепежные элементы для платы (13); 12 – магниточувствительный измерительный элемент, состоящий из двух датчиков (121 и 122), размещенных по разные стороны платы

датчика, что угрожает автомобильной функциональной безопасности, обеспечение которой актуализировано стандартом ISO26262 [7]. Рассмотренные конструкции легко допускают размещение двух ТМР-датчиков одновременно с обеих сторон платы и создание так называемой избыточной измерительной системы.

Поскольку ТМР-компоненты, как уже говорилось, это истинно двухосевые датчики, имеющие в плоскости ХУ не только высокую рабочую, но и паразитную чувствительность, в конструкциях могут быть приняты специальные меры по уменьшению нежелательных горизонтальных смещений магнитной системы, эксцентриситета вращения и наклонов ротора относительно центра датчика. Малый эксцентриситет позволяет использовать меньшие по размерам в плоскости ХУ магниты, а больший эксцентриситет может быть скомпенсирован применением магнитов, более солидных по размерам и намагниченности.

В данном устройстве применяются дипольные магниты (21) различной геометрии с одним обязательным условием: намагниченности в той плоскости, в которой ротор совершает рабочее угловое движение с двумя степенями свободы. Магнит (21) может иметь любую из следующих форм: сплошного цилиндра; цилиндра с центральным сквозным или несквозным отверстием (пазом) со стороны, примыкающей к магниточувствительному датчику при его установке в магнитодержатель; кольцеобразную (с широким сквозным отверстием); прямоугольного параллелепипеда или куба.

Различные типы магнитов, подходящие для данного устройства, показаны на рисунке 7.

Для передовых ТМР-датчиков и многих других перечисленных выше типов могут использоваться малый дипольный диаметрально намагниченный магнит диаметром 6 мм и высотой 2,5 мм или сплошные цилиндрические магниты других размеров, подбор которых определяется требуемым рабочим полем и расстоянием между магнитом и датчиком.

Кроме того, применение магнитов специальных размеров и форм может быть рекомендовано для компенсации большого рабочего зазора, эксцентриситета и невыравнивания центра магнитной системы от оптимального.

На данный момент, автором разработано порядка 50 исполнений датчика положения дроссельной заслонки и концептуальных устройств, иллюстрирующих специальные конструктивные меры и модификации магнитной системы для снижения погрешностей центрирования магнитной системы и эксцентриситета или их компенсации. Все эти меры сопутствуют достижению более высокой измерительной точности и представляют

собой в основном дальнейшие шаги по совершенствованию устройства в плане минимизации нежелательной чувствительности к горизонтальным смещениям. Но они также оказались полезными и для устранения взаимных наклонов ротора и статора в корпусе датчика, а кроме того, позволили добиться одновременного снижения вертикальной чувствительности к погрешностям магнитной системы.

В процессе разработки стало очевидно, что фундаментальные улучшения магнитной системы на основе дипольного магнитного ротора, достигнутые во вновь разработанных исполнениях, обеспечили значительное

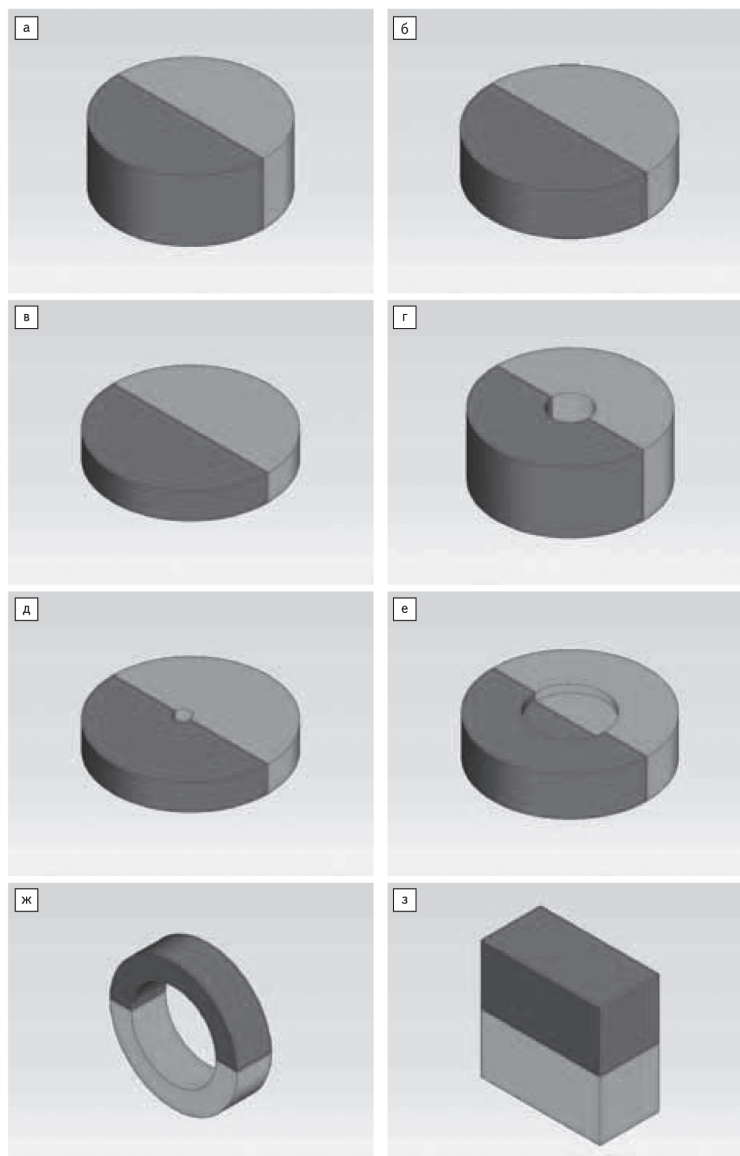


Рисунок 7 – Датчик положения дроссельной заслонки (датчик абсолютного углового положения дипольного диаметрально намагниченного магнита) с магнитами специальной формы: а, б) сплошной цилиндр; в) диск; г) цилиндр с центральным сквозным отверстием; д) диск с центральным сквозным отверстием; е) цилиндр или диск с центральным несквозным пазом со стороны, примыкающей к магниточувствительному датчику при его установке в магнитодержатель; ж) кольцеобразный магнит (с широким сквозным отверстием); з) магнит в форме прямоугольного параллелепипеда или куба

повышение точности, надежности и других характеристик устройств на основе не только ТМР-датчиков угла, а также ГМР- и АМР-компонентов и вертикальных датчиков Холла, но даже на основе планарных элементов Холла с ИМК и без них.

ТМР-датчики MDT работают также при 5 В напряжении питания (максимальное значение составляет 7 В), а следовательно, они полностью пригодны для использования в датчиках положения дроссельной заслонки с соответствующей интерфейсной микросхемой.

Исследования магнитной системы ТМР-датчиков скорости и разработка схемотехнического решения для датчика углового положения, в том числе полностью высокоинтегрированного ASIC-решения для обработки выходного дифференциального сигнала, обещают в недалекой перспективе коснуться и датчика скорости. В отличие от датчиков скорости, представляющих собой полностью бесконтактные устройства, для ТМР и других истинно двухосевых датчиков абсолютного углового положения возникает немало вопросов в отношении того, какие конструкции совершеннее. Варианты для выбора включают в себя группу истинно двухосевых исполнений только с минимальным эксцентриситетом и осевым смещением, либо истинно 3D-исполнения также с минимальной вертикальной чувствительностью, которые очевидно предпочтительны для датчиков Холла. Но ТМР-компоненты – это устройства уже следующего за датчиками Холла поколения, для которых ряд усовершенствований может стать избыточным.

Заключение

Новые разработки датчиков демонстрируют повышение чувствительности и рабочих расстояний, разрешения, точности и надежности, миниатюризацию и упрощение

конструкции, допускают гибкое размещение, варьирование рабочих расстояний, гибкий подбор магнитов, в том числе специальной формы, и, что важно, дальнейшее снижение потребления энергии и уменьшение цены.

В настоящее время все исполнения новых датчиков положения и скорости находятся в стадии подготовки к патентованию, параллельно с которым автор готов предложить их для использования на договорных условиях с последующим лицензированием.

Литература:

1. Сысоева, С.С. ТМР-датчики MDT. Технология туннельного магниторезистивного (ТМР) эффекта и продукты на данной основе // Innovations Insight Magazine. – 2013. – № 1.
2. Сысоева, С.С. Датчики магнитного поля: ключевые технологии и новые перспективы. Часть 1. Датчики Холла // Компоненты и технологии. – 2014. – № 1.
3. Бесконтактный датчик скорости автомобиля : пат. № 35441 / С.С. Сысоева [и др.] ; заявл. 08.09.03 ; опубл. 10.01.04.
4. Программируемый бесконтактный датчик углового положения с линейным угловым диапазоном в пределах 360° : пат. № 2317522 / С.С. Сысоева [и др.] ; заявл. 30.01.06 ; опубл. 20.02.08.
5. Сысоева, С.С. Первые шаги в разработке следующего поколения датчиков скорости автомобиля // Innovations Insight Magazine. – 2013. – № 1.
6. Сысоева, С.С. Формулы преобразования датчика положения дроссельной заслонки // Innovations Insight Magazine. – 2013. – № 1.
7. Сысоева, С.С. Новые перспективы автомобильной функциональной безопасности // Innovations Insight Magazine. – 2013. – № 1.

НОВОСТИ

УСИЛИТЕЛИ И КОМПАРАТОРЫ

Высококачественный операционный усилитель ADA4807-1 обладает наименьшим уровнем входного шума (3,1 нВ/ $\sqrt{\text{Гц}}$ и 0,7 пА/ $\sqrt{\text{Гц}}$) среди малопотребляющих, быстродействующих rail-to-rail усилителей, что делает его идеальным выбором для широкого спектра приложений: от портативных измерительных приборов с питанием от батарей до быстродействующих многоканальных систем. Выходное напряжение усилителя ограничено уровнями на 50 мВ ниже положительного/выше отрицательного напряжения питания, что позволяет добиться максимального динамического диапазона выходного сигнала, а входной каскад может работать с напряжениями, достигающими и превышающими напряжения питания. Усилитель имеет ширину полосы 200 МГц, скорость нарастания – 225 В/мкс, время установления в пределах погрешности – 0,1 % 47 нс, максимальное входное напряжение смещения – 100 мВ и максимальный дрейф входного напряжения смеще-

ния – 0,7 мВ/ $^\circ\text{C}$. Он способен поддерживать уровень гармонических искажений второго порядка (HD2) – 112 дБн и уровень гармонических искажений третьего порядка (HD3) – 115 дБн при выдаче выходного сигнала с полным размахом 2 В и частотой 100 кГц на нагрузку 1 кОм. Благодаря низким искажениям и короткому времени установления компонент идеально подходит для применения во входном интерфейсе прецизионных быстродействующих АЦП с разрешением до 18 бит. ADA4807-1 работает с однополярным напряжением питания в диапазоне от 3 В до 10 В или биполярным напряжением питания в диапазоне от $\pm 1,5$ В до ± 5 В, потребляя ток 1 мА в активном состоянии и 2,4 мкА в неактивном состоянии. Компонент выпускается в 6-выводных корпусах SC70 и SOT-23, рабочий температурный диапазон составляет от -40°C до $+125^\circ\text{C}$, цена за штуку 1.09 долл. США при заказе 1000 штук.

Альфачип ЛТД

MITSUBISHI ELECTRIC ЗАПУСТИЛА ЛИНЕЙКУ ПРОЕКЦИОННЫХ КУБОВ ДЛЯ ДИСПЕТЧЕРСКИХ

Новинка была представлена на крупной европейской выставке Integrated Systems Europe 2015 (ISE 2015).

Стенд Mitsubishi Electric традиционно занимал первое место в зале № 2. Экспозиция знакомила посетителей с дисплейными технологиями для центров управления и мониторинга. Среди новинок были представлены: тонкий DLP-куб, предназначенный для работы с ресурсоемкими приложениями в небольших по площади диспетчерских; новая модель бюджетных DLP-кубов с OPS-слотом и 120-я серия проекционных кубов. Для посетителей была проведена демонстрация устройств на примере решений для безопасности с использованием приложений и продукции партнеров по отрасли, таких как Bilfinger Maueil, Datapath, Advantech и Matrox Graphics.



Особое внимание участников выставки ISE 2015 привлекли тонкие светодиодные проекционные кубы Mitsubishi Electric VS-60HS12U – замена ЖК-панелей. Их глубина – 52 см, что позволяет сэкономить место в диспетчерской. Модель оснащена светодиодным источником света с ресурсом работы в 50 000 часов и уникальной системой охлаждения. Куб сконструирован специально для приложений, которым требуются единый, бесшовный экран, возможность непрерывной работы в режиме 24/7, а также низкая совокупная стоимость владения.

Другой новинкой Mitsubishi Electric на выставке стала 120-я серия проекционных кубов, основанная на той же базовой конструкции, что 70-я серия. Дисплеи диагональю 60 и 70 дюймов с разрешением Full HD, фронтальным и задним доступом разработаны для круглосуточной работы 365 дней в году, поддерживают фирменные технологии цифровой градации и управления цветом. Светодиодный источник света этой серии имеет средний срок службы до 100 000 часов и обеспечивает минимальные операционные расходы. Межэкранный зазор составляет 0,2 мм, а качество изображения модели значительно выше по сравнению с LCD-мониторами.

Легендарная 70-я серия на выставке была представлена видеостеной из 72-дюймовых кубов с разрешением

WUXGA на основе новейших светодиодных проекционных модулей 78-й серии. Жидкокристаллические экраны были составлены из бесшовных 55-дюймовых дисплеев LM55P1 и LM55S1. Также на стенде был представлен куб с модернизированным проекционным блоком, в котором лампы заменены светодиодными источниками света.

Менеджер по работе с дистрибьюторами департамента дисплейной техники компании Mitsubishi Electric Ленар Булатов прокомментировал запуск линейки проекционных кубов: «Уже на протяжении нескольких лет компания Mitsubishi Electric принимает участие в выставках Integrated Systems Europe и Integrated Systems Russia. С каждым годом мы стараемся предлагать все больше инновационных технологий, которые позволят сделать работу компаний, использующих нашу продукцию, намного эффективнее. В рамках выставки в этом году мы разработали уникальное решение на основе технологии DLP для видеонаблюдения и управления дорожным движением в средней ценовой категории между LCD и DLP».

О компании

Корпорация с более чем девяностолетним опытом предоставления надежных высококачественных продуктов и услуг корпоративным и частным потребителям во всем мире, Mitsubishi Electric является признанным лидером в производстве, маркетинге и продаже электрического и электронного оборудования, используемого в информационных технологиях, телекоммуникациях, исследовании космоса, спутниковой связи, бытовой электронике, промышленных технологиях, энергетике, транспорте и строительстве. Более подробная информация о корпорации Mitsubishi Electric доступна на ее глобальном сайте <http://MitsubishiElectric.com>.

В 1997 году в Москве было открыто Представительство Mitsubishi Electric Europe B.V., европейского подразделения корпорации, а спустя почти 17 лет для усиления ее присутствия в России и странах СНГ было создано ООО «Мицубиси Электрик (РУС)» (МЭР). Общество было зарегистрировано в конце июня 2014 года, а позднее филиалы европейской компании Mitsubishi Electric Europe B.V. в России получили новый статус – обособленных подразделений ООО «Мицубиси Электрик (РУС)» в Санкт-Петербурге и Екатеринбурге. Основными направлениями работы ООО и его обособленных подразделений являются продажа систем кондиционирования воздуха, промышленной автоматизации, продвижение высоковольтного энергетического оборудования, а также маркетинговые исследования с целью вывода на российский рынок новых продуктов корпорации. Филиал Mitsubishi Electric Europe B.V. в Москве продолжает свою работу по развитию бизнеса силовых полупроводников и визуально-информационных систем.

Более подробная информация о деятельности ООО «Мицубиси Электрик (РУС)» и Филиала Mitsubishi Electric Europe B.V. в России и СНГ доступна на сайте <http://MitsubishiElectric.ru>.

Mitsubishi Electric

А л в ф а ч и п л т д

Новые возможности ваших идей

- СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ
- ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ
- ДАТЧИКИ
- СЕНСОРЫ
- УСТРОЙСТВА ИНДИКАЦИИ
- СВЕТОДИОДЫ

ПРЯМЫЕ ПОСТАВКИ ОТ МИРОВЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

РАЗРАБОТКА И ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА НОВЫХ ПРОЕКТОВ



УНП 191754457

E-MAIL: ANALOG@ALFA-CHIP.COM
WWW.ALFACOMPONENT.COM
WWW.ALFA-CHIP.COM

БЕЛАРУСЬ, МИНСК, УЛ. Я.КОЛАСА, 3, ОФИС 8
ТЕЛ.: +375(17) 209-80-45
ФАКС: +375(17) 209-80-47

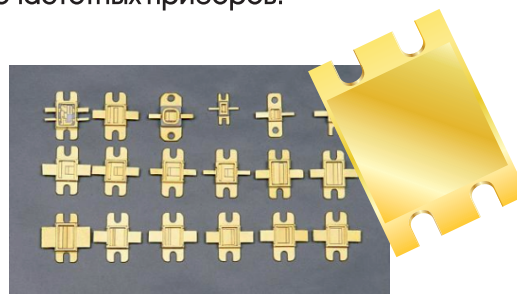
ООО «Олчип» является авторизованным дилером государственной китайской корпорации электронных технологий China Electronics Technology Group Corporation (CETC).



CETC разрабатывает и производит твердотельные ВЧ и СВЧ элементы на основе арсенид-галлиевых и нитрид-галлиевых структур на карбиде кремния. Кроме того, корпорация CETC предлагает широкий спектр элементов для разработки и производства ВЧ и СВЧ приборов, включая ПАВ-фильтры, МЕМС элементы и модули. Данные элементы находят широкое применение в радиолокации, телекоммуникации, беспроводной связи и многих других областях. Нитрид-галлиевые и арсенид-галлиевые элементы позволяют достигать высокой удельной мощности при малых габаритах разрабатываемых устройств, обеспечивают надежность работы в тяжелых условиях окружающей среды, включая радиацию и повышенную температуру, значительно расширяют возможности мощных высокочастотных приборов.

Мы готовы поставлять всю линию продукции CETC с диапазоном до 20 ГГц и мощностью до 120 Вт:

- мощные транзисторы с внутренним согласованием;
- усилители;
- фазовращатели;
- аттенюаторы.



 **CETC** 中国电子科技集团公司

Также стоит отметить, что стоимость продукции CETC в большинстве случаев существенно ниже стоимости схожей продукции основных мировых производителей при сохранении высокого уровня качества и соответствия всем требованиям, предъявляемым к номенклатуре изделий, предназначенных для работы в тяжелых климатических и механических условиях.

ООО «Олчип» готово поставить образцы продукции CETC, имеющиеся в наличии в Санкт-Петербурге.

ООО «ОЛЧИП»
Юр. адрес: 190020, Санкт-Петербург,
ул. Бумажная, д. 17 лит. А

Техническая поддержка: +7 (812) 334-85-18 доб. 146
Web: www.allchip.ru E-mail: orders@allchip.ru
По всем вопросам сотрудничества: +7 (904) 339-78-77

ДИОДЫ И ТРАНЗИСТОРЫ GAAS, GAN

SETC – это научно-производственный центр диодных транзисторов СВЧ и миллиметрового диапазона в Китае, который производит широкий ассортимент продукции, используемой в различных областях. Опираясь на более чем 50-летний опыт работы в данной области, компания производит семь категорий и более 160 типов диодов с частотой от 10 МГц до 100 ГГц. Кроме того, максимальная выходная мощ-

ность LDMOS и VDMOS транзисторов, поставляемых SETC в С-диапазоне, может достигать до нескольких сотен ватт.

SETC производит СВЧ-элементы класса «милитари», которые могут быть применены во многих военных и гражданских областях. Обладая крупными производственными мощностями, компания также может изготавливать элементы с характеристиками по техническому заданию клиента.

Транзисторы Кремниевые

Product	Frequency (GHz)	Psat (W)	Gain (dB)	PAE (%)	Voltage (V)	Package
Small Signal Chip	0,01 ~ 4,0	≥ 1	≥ 13	None	12	None
LDMOS Transistor	0,485–0,606	≥ 10	≥ 13	≥ 50	28	C64-1
	0,485–0,606	≥ 15	≥ 13	≥ 50	28	C92-2
	0,485–0,606	≥ 200	≥ 15	≥ 50	28	C217-1
	0,485–0,606	≥ 350	≥ 15	≥ 50	36	C312-1
Silicon Power Transistor	0,54–0,61	≥ 120	≥ 8,0	50	37	H1274
	0,87–0,99	≥ 12	≥ 8,0	50	36	H102-11
	0,87–0,99	≥ 50	≥ 7,0	50	36	H102-12
	0,87–0,99	≥ 210	≥ 7,0	50	36	H127-8
	0,87–1,02	≥ 300	≥ 8,0	45	40	H127-8
	0,96–1,215	≥ 85	≥ 7,5	≥ 45	35	H102-14
	0,96–1,215	≥ 150	≥ 7,5	≥ 45	35	H127-8
	0,96–1,215	≥ 300	≥ 7,0	≥ 38	50	H127-8
	1,2–1,4	≥ 25	≥ 9,0	≥ 50	28	H63-1
	1,2–1,4	≥ 40	≥ 8,5	≥ 50	40	H63-2
	1,2–1,4	≥ 80	≥ 8,0	≥ 50	40	H102-4
	1,2–1,4	≥ 110	≥ 8,0	≥ 50	40	H127-4
	1,2–1,4	≥ 240	≥ 8,0	≥ 50	40	H127-3
	1,2–1,4	≥ 150	≥ 8,0	≥ 38	36	H127-4
	1,2–1,4	≥ 300	≥ 8,0	≥ 55	40	H127-3
	1,4–1,6	≥ 125	≥ 7,0	≥ 45	40	H127-3
	1,4–1,6	≥ 220	≥ 7,0	≥ 40	40	H127-3
	1,54–1,58	≥ 70	≥ 8,0	≥ 42	40	H102-4
	1,54–1,58	≥ 290	≥ 8,0	≥ 42	40	H152-1
	2,7–3,1	≥ 5	≥ 7,0	≥ 40	22	H102-13
	2,7–3,1	≥ 20	≥ 8,0	≥ 40	22	H102-5
	3,1–3,4	≥ 5,5	≥ 8,0	≥ 33	32	H102-13
	3,1–3,4	≥ 11	≥ 8,0	≥ 36	32	H102-13
	3,1–3,4	≥ 25	≥ 8,0	≥ 38	36	H102-6
	3,1–3,4	≥ 45	≥ 8,0	≥ 36	32	H106-1
	4,2	≥ 1,5	≥ 10	≥ 15	22	H59

Монолитные интегральные СВЧ-схемы

СЕТС является инновационным разработчиком и производителем монолитных интегральных СВЧ-схем. В настоящее время есть две действующих производственных линии – технологическая линия GaAs для процесса производства структур с шагом 0,15 μm ; 0,25 μm ; 0,35 μm ; 0,5 μm , в диапазоне частот от 0,1 ГГц до 50 ГГц; и GaN линия для процесса производства структур с шагом 0,15 μm ; 0,25 μm ; 0,5 μm ; 5 мкм в диапазоне частот от 0,1 ГГц до 40 ГГц.

Основываясь на своей передовой технологии, институт разработал различные виды продукции МИС: усилитель GaAs мощности, маломощный усилитель, фазовращатель, аттенуатор, мультимнофункциональные схемы, усилитель мощности GaN, GaN переключатель и продукты МСМ, такие как GaAs внутренне согласованный транзистор, модуль усилителя мощности, маломощный модуль усилителя, модуль сохранения частоты, модули в корпусах SMT и т.д.

МИС, предлагаемые СЕТС, могут быть произведены в соответствии с требованиями заказчика для рабочих параметров элемента, характеристик корпуса, уровня защиты и т.д. Эти высококачественные продукты широко применяются для создания радио и беспроводных комплектов связи, различных типов радаров, спутникового дистанционного зондирования и телеметрии, система РЭБ, и в других военных или гражданских областях.

Корпуса элементов

СЕТС делает акцент на развитие многослойных керамических корпусов на протяжении более сорока лет. В настоящее время, СЕТС может обеспечить более 40 категорий и 400 различных видов корпусов и подложек в количестве более миллиона штук годового производства. Основными видами продукции являются корпуса для радиочастотных элементов, оптико-электронный блок, корпуса для микросхем, ALN корпуса повышенной теплопроводности и ALN подложки. Возможно производство корпусов и подложек по техническому заданию заказчика.

Примеры продукции:

- AlN многослойные керамические корпуса;
- керамические корпуса мощных СВЧ-элементов;
- корпуса микросхем;
- корпуса элементов с двойным терминалом;
- LTCC элементы с многослойной структурой;
- металлизированная керамика;
- микроволновые стекло-металлические корпуса;
- корпуса электрооптических элементов;
- корпуса элементов поверхностного монтажа;
- элементы тонкопленочного нанесения на керамической подложке.

ПАВ-элементы

СЕТС предлагает ПАВ-элементы, такие, как резонаторы, фильтры, циркуляторы, и изоляторы. Существуют две основные категории ПАВ-продуктов – фильтр и резонатор. Частотный диапазон фильтров – от 30 МГц до 2,6 ГГц. Частотный диапазон резонаторов – от 50 МГц до 1,5 ГГц. Минимальный размер корпуса – от 1,1 мм × 0,9 мм. Эти продукты широко применяются при обработке сигналов, переключения частот и контроля в аудио- и видеосистемах связи и дистанционного управления. Эти элементы могут быть изготовлены в соответствии с требованиями клиента.

SiC эпитаксиальные подложки

Стандартные решения для SiC эпитаксиальных подложек – 76,2 мм и 100 мм.

NO.	Parameter	Values			
1	Dopant	P: Boron N: Phosphorus			
2	Orientation	<100>, <111>			
3	Resistivity	P, N: 0.01 ~ 80 $\Omega\cdot\text{cm}$			
4	Resistivity Radial Gradient	Reactor	Range	WIW	WTW
		LPE3061	0,01–10	2,5 %	3,5 %
			10–30	4 %	5 %
		ASM2000	0,01–3	2 %	2 %
			3–30	2 %	3 %
5	Thickness	1 ~ 150 μm			
6	Thickness Radial Gradient	Reactor	Range	WIW	WTW
		LPE3061	1–100	1 %	2 %
		ASM2000	1–100	0,5 %	1 %
7	Stacking Faults	<10/cm ²			

Characteristics	Maximum Acceptability Limits		Test Methods	Defect Den Tions
Large Point Defects	10		Diffuse Illumination	Defects which exhibit a clear shape to the unassisted eye and are > 50 microns across. These features include spikes, adherent particles, chips and craters.
Scratches	10 lines < 2×wafer diameter			Grooves or cuts below the surface plane of the wafer having a length-to-width ratio of greater than 5 to 1.
Step Bunching	4.0° off-axis	NA		Step bunching is visible as a pattern of parallel lines running perpendicular to the major.
	8.0° off-axis	<10% affected		
Backside Cleanliness				Verified by inspecting for a uniform color to the Backside Cleanliness wafer backside.
Edge Chips	2 with radius 1,5 mm			
Surface Roughness	< 0,5 nm		AFM	10μm×10μmscan
Epi Defects	5/cm²		Microscopic	3C inclusions, comet tails, carrots, particles and silicon droplets.
Net Doping See	Specification Table		Hg Probe CV	—
Thickness	See Specification Table		FTIR	—

Также, мы готовы поставлять: противоударные ЖК-мониторы, упрочненные ЖК-мониторы, упрочненные ЖК-мониторы для отображения символьной навигационно-пилотажной и специальной информации на лобовом стекле.

Варианты различных МИС (MEMS), возможных к поставке

или производству по ТЗ Заказчика: полосковые фильтры, SIW фильтры, микроэкранированные фильтры, режекторные фильтры, фильтры низкой полосы частот, линии задержки. В приведенных ниже таблицах представлены примеры частотных диапазонов на примере категории изделий MEMS Bandpass Filter.

Part Number	Frequency (GHz)	Insertion Loss	Attenuation	Case Size(mm3)
NWLM020040	2~4	2,2dB	≥ 26dB@1GHz&5GHz	5,4×9,8×0,4
NWLM025038	2,5~3,8	1,3dB	≥ 26dB@1.9GHz&4.2GHz	7,6×9×0,4
NWLM026040	2,6~4,0	1,6dB	≥ 37dB@1.4GHz&5GHz	7,5×9×0,4
NWLM028040	2,8~4	2,2dB	≥ 25dB@2.3GHz&4.5GHz	9×9,2×0,4
NWLM030040	3~4	2,2dB	≥ 27dB@2.5GHz&4.5GHz	9,4×8,6×0,4
NWLM032044	3,2~4,4	1,7dB	≥ 43dB@2GHz&5.6GHz	9,3×8×0,4
NWLM033047	3,3~4,7	1,3dB	≥ 28dB@2.5GHz&5.5GHz	8,4×7,6×0,4
NWLM035064	3,5~6,4	2,0dB	≥ 38dB@2.4GHz&7.4GHz	8,1×6,8×0,4
NWLM037051	3,7~5,1	1,1dB	≥ 44dB@2GHz&7GHz	7,4×6,8×0,4
NWLM039062	3,9~6,2	1,2dB	≥ 39dB@2.7GHz&7.2GHz	7,8×6,6×0,4
NWLM040062	4~6,2	1,2dB	≥ 32dB@3GHz&7GHz	8,9×6,6×0,4
NWLM045060	4,5~6	1dB	≥ 30dB@3.5GHz&7.5GHz	7,4×6,2×0,4
NWLM046050-1	4,6~5,0	1,9dB	≥ 31dB@4.2GHz&5.7GHz	9,4×9,2×0,4
NWLM047081	4,7~8,1	1,3dB	≥ 35dB@3.5GHz&9.1GHz	8×5,4×0,4
NWLM048056-2	4,8~5,6	1,4dB	≥ 31dB@4GHz&6.2GHz	7,6×6,4×0,4
NWLM049068	4,875~6,75	1,7dB	≥ 26dB@3.7GHz&7.2GHz	9,5×5,8×0,4
NWLM050090	5~9	1,7dB	≥ 40dB@3.5GHz&10GHz	8,9×5×0,4
NWLM051057	5,1~5,7	1,5dB	≥ 30dB@4.4GHz&6.1GHz	8,5×6,1×0,4
NWLM052059	5,2~5,9	1,3dB	≥ 27dB@4.5GHz&6.4GHz	6,9×5,9×0,4
NWLM055080	5,5~8	1,1dB	≥ 24dB@4.8GHz&9GHz	10×5×0,4
NWLM056094	5,6~9,4	1,4dB	≥ 43dB@4GHz&11GHz	8,1×4,6×0,4
NWLM058080	5,8~8	1,4dB	≥ 43dB@4.6GHz&9GHz	9×5,4×0,4
NWLM059091	5,9~9,1	1,1dB	≥ 43dB@4.2GHz&10.5GHz	9,7×4,6×0,4
NWLM060110	6,0~11,0	1,5dB	≥ 42dB@4GHz&12.6GHz	8,6×4×0,4
NWLM062070	6,2~7	1,9dB	≥ 22dB@5.6GHz&7.4GHz	8,6×5,4×0,4
NWLM064068	6,4~6,8	1,4dB	≥ 27dB@5.8GHz&7.2GHz	9,7×6,2×0,4
NWLM065090	6,5~9	1,7dB	≥ 44dB@5.5GHz&10GHz	9,2×5,2×0,4
NWLM068080	6,8~8,0	2,1dB	≥ 52dB@5.6GHz&9.2GHz	10,3×5,2×0,4
NWLM069111	6,9~11,1	1,6dB	≥ 33dB@5.5GHz&12.1GHz	8×4×0,4
NWLM070110	7~11	1,7dB	≥ 30dB@5.5GHz&12.1GHz	8,1×4×0,4
NWLM072088	7,2~8,8	1,3dB	≥ 45dB@6.2GHz&9.8GHz	8,45×4,7×0,4
NWLM075088	7,5~8,8	1,8dB	≥ 47dB@6.5GHz&9.8GHz	9,1×4,7×0,4
NWLM076139	7,6~13,9	0,8dB	≥ 30dB@5.6GHz&17.8GHz	5,9×3,4×0,4
NWLM077108	7,75~10,75	1dB	≥ 40dB@6GHz&12GHz	10,2×3,7×0,4
NWLM078100	7,8~10	1,2dB	≥ 50dB@6.4GHz&11GHz	9,7×4,5×0,4
NWLM079091	7,9~9,1	1,5dB	≥ 45dB@6.7GHz&10GHz	8,7×4,6×0,4
NWLM080180	8~18	0,9dB	≥ 25dB@4GHz&20GHz	10,2×3×0,4
NWLM082098	8,2~9,8	1,7dB	≥ 21dB@7.7GHz&10.2GHz	11×4,6×0,4
NWLM083097	8,3~9,7	1,1dB	≥ 53dB@6.4GHz&11.2GHz	8×4,5×0,4
NWLM084105	8,4~10,5	1,3dB	≥ 50dB@7.1GHz&11.5GHz	10,1×4,4×0,4
NWLM085120	8,5~12,0	1,5dB	≥ 22dB@7.7GHz&13GHz	9,5×3,4×0,4

Продолжение таблицы

Part Number	Frequency (GHz)	Insertion Loss	Attenuation	Case Size(mm3)
NWLM086134	8,6~13,4	1,7dB	≥ 37dB@7GHz&15GHz	8,8×3,2×0,4
NWLM087123	8,7~12,3	1,1dB	≥ 44dB@7.5GHz&11.1GHz	8,3×4,4×0,4
NWLM088109	8,8~10,9	1,4dB	≥ 40dB@7.8GHz&11.5GHz	11×4,6×0,4
NWLM089101	8,9~10,1	1,5dB	≥ 48dB@7.7GHz&11GHz	8,9×4,4×0,4
NWLM092108	9,2~10,8	1,5dB	≥ 50dB@7.7GHz&12.3GHz	8×4,3×0,4
NWLM093108	9,3~10,8	1,5dB	≥ 50dB@7.7GHz&12.3GHz	8,4×4,2×0,4
NWLM095120	9,5~12	1,3dB	≥ 31dB@8.5GHz&13GHz	10×4,5×0,4
NWLM097103	9,7~10,3	2,4dB	≥ 30dB@9GHz&10.8GHz	10,7×4,4×0,4
NWLM098115	9,8~11,5	1,3dB	≥ 39dB@8.8GHz&12.5GHz	11×4,4×0,4
NWLM100168	10~16,8	0,9dB	≥ 34dB@7.8GHz&20GHz	7,8×3,1×0,4
NWLM103122	10,3~12,2	3,4dB	≥ 46dB@8.2GHz&14.3GHz	10×3,5×0,4
NWLM104120-1	10,4~12	1,5dB	≥ 35dB@9.4GHz&13GHz	9×4×0,4
NWLM108129	10,8-12,9	2,0dB	≥ 35dB@9.6GHz&14GHz	9,9×3,8×0,4
NWLM109121	10,9~12,1	1,8dB	≥ 45dB@9.7GHz&13GHz	9,1×4×0,4
NWLM113130	11,3~13	1,7dB	≥ 42dB@10GHz&14.5GHz	10,5×3,8×0,4
NWLM114144	11,4~14,4	1,3dB	≥ 31dB@10.4GHz&15.4GHz	9,6×3,6×0,4
NWLM116187	11,6~18,7	1,1dB	≥ 33dB@9.5GHz&21GHz	8×2,8×0,4
NWLM122156	12,2~15,6	1,2dB	≥ 41dB@10.7GHz&17.1GHz	9,2×3,6×0,4
NWLM125180	12,5~18	0,9dB	≥ 32dB@10GHz&20GHz	8,5×2,8×0,4
NWLM133152	13,3~15,2	1,8dB	≥ 52dB@9.7GHz&15.8GHz	10,2×4×0,4
NWLM135165	13,5~16,5	1,1dB	≥ 36dB@12.2GHz&18GHz	10,4×3,4×0,4
NWLM136160	13,6~16	1,8dB	≥ 40dB@12.4GHz&17GHz	10,4×3,6×0,4
NWLM144186	14,4~18,6	1,2dB	≥ 26dB@13GHz&20GHz	11,2×2,6×0,4
NWLM148167	14,8~16,7	1,8dB	≥ 40dB@12.7GHz&18.8GHz	10,7×3,6×0,4
NWLM149161	14,9~16,1	1,3dB	≥ 40dB@13.2GHz&17.7GHz	9,6×3,2×0,4
NWLM150200	15~20	1,1 dB	≥ 35dB@10GHz&22.5GHz	8,5×2,7×0,4
NWLM155182	15,5~18,2	1,4dB	≥ 35dB@14.2GHz&20GHz	10,3×3,2×0,4
NWLM156182	15,6~18,2	1,7dB	≥ 31dB@14.4GHz&19.2GHz	10,4×3,2×0,4
NWLM158182	15,8~18,2	1,6dB	≥ 26dB@14.8GHz&19.2GHz	10,4×3,2×0,4
NWLM159171	15,9~17,1	1,5dB	≥ 38dB@14.2GHz&18.7GHz	9,5×3×0,4
NWLM160190	16,0~19,0	1,6dB	≥ 30dB@9.5GHz&24GHz	7×2,6×0,4
NWLM180220	18~22	1,5dB	≥ 35dB@15GHz&25GHz	8,1×3×0,4
NWLM181201	18,1~20,1	1,8dB	≥ 36dB@16.1GHz&21.9GHz	8,9×3×0,4
NWLM194229	19,4~22,9	1,7dB	≥ 42dB@17.3GHz&26GHz	8,4×2,8×0,4
NWLM196212	19,6~21,2	1,8dB	≥ 35dB@17.5GHz&23GHz	9,2×2,8×0,4
NWLM210270	21~27	0,9dB	≥ 27dB@15GHz&33GHz	7,4×2,2×0,4
NWLM22352435	22,35~24,35	1,7dB	≥ 32dB@20GHz&26.5GHz	8,5×2,5×0,4
NWLM224240	22,4~24,0	1,8dB	≥ 23dB@20.7GHz&25GHz	9,3×2,5×0,4
NWLM240300	24~30	0,7dB	≥ 30dB@15GHz&36GHz	7,1×2,1×0,4
NWLM275284	27,5~28,4	2,3dB	≥ 36dB@23.4GHz&33GHz	7,8×1,8×0,4
NWLM306310-1	30,6~31	1,9dB	≥ 28dB@27.6GHz&34GHz	7,6×1,8×0,4
NWLM315358	31,5~35,75	2,1dB	≥ 31dB@17GHz&40GHz	7,3×2×0,4
NWLM320358	32~35,75	2,3dB	≥ 33dB@17GHz&40GHz	7,3×2×0,4

СВЕТОДИОДНАЯ ПРОДУКЦИЯ – ГАРАНТИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ, ИЛИ ДАВАЙТЕ ЭКОНОМИТЬ ВМЕСТЕ!

ОАО «ЭНЭФ» – это ведущее предприятие Беларуси (которое в следующем году отмечает свое 25-летие!) по разработке и производству энергосберегающей электроники для освещения.

В настоящее время перед всеми потребителями стоит вопрос снижения затрат на энергоресурсы за счет энергосбережения. Это возможно при использовании энергосберегающих технологий во внутреннем и наружном освещении. Наиболее энергосберегающей технологией сейчас является светодиодное освещение, преимуществами которого являются:

- экономичность за счет более высокой энергоэффективности. Современные светодиодные источники света имеют энергоэффективность в пределах 100–170 лм/Вт, люминесцентные лампы – 70–90 лм/Вт, лампы ДНаТ – 90–110 лм/Вт, лампы накаливания – 10–12 лм/Вт, галогеновые лампы – 12–16 лм/Вт. Все традиционные источники света требуют использования рефлекторов и отражателей, поэтому их реальная оптическая эффективность еще ниже заявленной;
- длительный срок службы. Заявленный срок службы светодиодов – около 40 000–60 000 часов, что значительно превышает срок службы люминесцентных ламп около 15 000 часов;
- снижение эксплуатационных расходов за счет более длительного срока службы;
- экологичность за счет отсутствия проблем с утилизацией;
- отсутствие инерционности при включении.

Мы готовы предложить для наших заказчиков разработку и производство светодиодных модулей и источников питания к ним по техническим требованиям заказчика. Для этого заказчик сообщает нам следующие оптические или электрические характеристики требуемого изделия:

- световой поток светодиодного модуля или аналог лампы;
- габаритные размеры светодиодного модуля;
- цветовая температура;
- потребляемая мощность светильника;
- тип светильника;
- область применения;
- любые дополнительные параметры.

На базе этих данных и, исходя из запрашиваемого количества, мы предоставляем полный расчет изделия, включающий в себя:

- расчет оптических и электрических характеристик светодиодного модуля;
- подбор источника питания для светодиодного модуля;
- габаритно-присоединительные чертежи и/или 3D-модели светодиодного модуля, и источника питания, и схемы их подключения;
- расчет цены и сроков поставки.

ОАО «ЭНЭФ» готово для своих заказчиков предложить следующую продукцию:

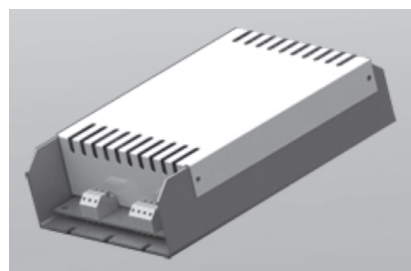
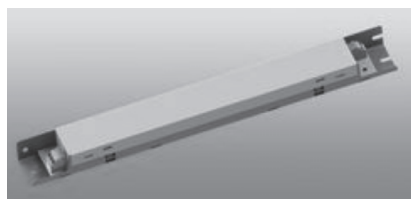
1. Источники питания стабилизированным током для светодиодов со следующими характеристиками:

- напряжение сети переменного тока 230 В в диапазоне 176–264 В;
- коэффициент мощности $>0,96$; КПД $>0,89$;
- выходной стабилизированный ток в зависимости от модели: 0,24 А; 0,35 А; 0,7 А; 1,05 А; 1,4 А;

– выходная мощность в зависимости от модели от 5 до 120 Вт;

– защита от холостого хода и короткого замыкания в нагрузке;

– материал корпуса, степень защиты от посторонних тел и воды в зависимости от модели, класс защиты от поражения электрическим током, диапазон рабочих температур зависят от выбранной модели.



2. Источники питания стабилизированным напряжением для светодиодов со следующими характеристиками:

– напряжение сети переменного тока 230 В в диапазоне 176–264 В;

– коэффициент мощности $>0,96$; КПД $>0,89$;

– выходное стабилизированное напряжение в зависимости от модели: 12 В; 24 В; 36 В; 48 В;

– выходная мощность в зависимости от модели от 5 до 150 Вт;

– защита от холостого хода и короткого замыкания в нагрузке;

– материал корпуса, степень защиты от посторонних тел и воды в зависимости от модели, класс защиты от поражения электрическим током, диапазон рабочих температур зависят от выбранной модели.

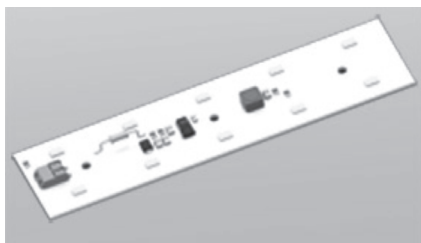


3. Светодиодные модули.

Наша компания разрабатывает и серийно выпускает следующие светодиодные модули:

- для использования с источниками питания стабилизированным током;
- с интегрированным стабилизатором тока для использования с источниками питания стабилизированным напряжением.

В зависимости от мощности светодиодов мы применяем печатные платы, как на алюминиевой основе с низким температурным сопротивлением, так и традиционные на FR4.



4. Разработка и изготовление светодиодных модулей и источников питания по техническим требованиям заказчика.

Мы готовы по Вашим техническим требованиям рассчитать, разработать и изготовить комплекты для светодиодного светильника в требуемом количестве.

5. Контрактное изготовление электроники.

Мы готовы по Вашей технической документации предложить изготовление Вашей продукции из давальческих или собственных комплектующих.

6. Электронные пускорегулирующие аппараты для люминесцентных ламп для сетей как переменного, так и постоянного тока, со следующими характеристиками:

- в зависимости от модели напряжение сети переменного тока 230 В, напряжение сети постоянного тока: 24 В; 50 В; 75 В; 110 В;
- в зависимости от модели число подключаемых ламп от 1 до 4;
- в зависимости от модели мощность подключаемых ламп от 5 до 80 Вт;
- материал корпуса, степень защиты от посторонних тел и воды в зависимости от модели, класс защиты от поражения электрическим током, диапазон рабочих температур зависят от выбранной модели.



7. Электронные пускорегулирующие аппараты для натриевых ламп со следующими характеристиками:

- в зависимости от модели напряжение сети переменного тока 230 В или 380 В, трехфазное напряжение сети 380 В;

- в зависимости от модели мощность подключаемых ламп от 70 до 1000 Вт;
- в зависимости от модели возможна регулировка тока лампы;
- материал корпуса, степень защиты от посторонних тел и воды в зависимости от модели, класс защиты от поражения электрическим током, диапазон рабочих температур зависят от выбранной модели.



Мы рады предоставить Вам возможность сэкономить на электроэнергии.

Владислав Владимирович Захаров,
главный конструктор ОАО «ЭНЭФ»,
www.enef.by



открытое акционерное общество

«ЭНЭФ»

ОАО «ЭНЭФ» специализируется на производстве:

- электронных пускорегулирующих аппаратов (ЭПРА) для люминесцентных ламп, натриевых ламп высокого давления, металлогалогенных ламп и бактерицидных ламп;
- светодиодных светильников для автомобильной техники;
- источников питания для светодиодов;
- ЭПРА для систем освещения с регулированием светового потока газоразрядных ламп;
- энергосберегающих светильников, оснащенных ЭПРА;
- блоков для световой индикации и звуковой сигнализации режимов работы холодильных приборов;
- полупроводниковых выпрямительных приборов и блоков для электросварочного оборудования и источников питания.

Сегодня ОАО «ЭНЭФ»:

- это современные методы проектирования;
- это передовые технологии;
- это продукция высокого технического уровня и качества.

Вся выпускаемая продукция имеет сертификаты соответствия Республики Беларусь и Российской Федерации.

СВЕТ БЕЗ ПРОБЛЕМ!

222310 Республика Беларусь
г. Молодечно, обл. Минская
ул. Металлистов, 5
Тел.: 8 (0176) 75 04 58
E-mail: enef@enef.by

www.enef.by

УНН 600073968



тел./факс: +375 172 510 353; + 375 172 071 264; + 375 172 042 722;
 моб.: +375 296 559 005;
 e-mail: v.yatseiko@bek.by

Соединители и кабельная продукция для оборонно-промышленного комплекса	Провода	Кабельные сборки	Плоские шлейфы	Крепежные элементы	Термоусадочные трубки	Гофрированные трубки	Экранирующие оплетки	D-sub разъем (Micro, Nano)	Миниаторные цилиндрические	ВЧ разъемы	Разъемы MIL-DTL-38999	Байонетные разъемы MIL-C-26482	Силовые и сигнальные разъемы MIL-DTL-5015	Кошки для цилиндрических	Разъемы для ВОЛС	Защищенные разъемы RJ45, USB	Слаботочные разъемы MIL-DTL-55116	Фильтры	Соединители MIL-STD-1760	Кошки	Кнопки, переключатели	Реле	Мехплатные соединители	Инструменты	Герметичные разъемы
Amphenol		*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				*	
Axon' Cable	*	*	*	*			*	*	*		*	*	*				*	*	*	*				*	
Deutsch									*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*			*	*	
C&K Components								*													*			*	
Glenair	*	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				*	
Essentra Components				*																	*		*	*	
Molex	*	*					*		*	*					*		*	*	*	*			*	*	
TE Connectivity	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
NICOMATIC		*	*					*		*			*				*	*	*	*			*	*	
Raychem	*		*		*		*											*	*				*		
Schlemmer						*																			
Souriau							*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*	*	
ITT CANNON								*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*	*	
Samtec	*							*	*	*			*		*		*	*	*	*			*	*	
SCHURTER				*													*	*	*	*	*	*	*	*	
Marquardt															*			*	*	*	*	*	*	*	
Harting		*		*											*		*	*	*	*	*	*	*	*	

Электронные компоненты для оборонно-промышленного комплекса	Дискретные активные компоненты	Аналоговые микросхемы	АЦП / ЦАП	Управление электропитанием	DSP	Микроконтроллеры	Микропроцессоры	ПЛИС	Компоненты для беспроводных решений	Интерфейсы	Синхронизация	Память	Компоненты для датчиков	Передача данных	Дисплеи и мониторы	ASIC	Системы на кристалле	Встраиваемые системы	Резисторы	Конденсаторы	Индуктивность	Оптические компоненты	Трансформаторы
Actel								*								*	*						
Analog Devices		*	*	*	*	*	*		*	*	*		*	*									
Axiomtek															*			*					
AVX											*								*	*	*	*	*
Bourns	*																		*		*	*	*
Cirrus Logic		*	*		*					*	*		*				*						
Coilcraft																					*	*	*
Cypress Semiconductor						*	*		*		*	*	*									*	*
Diodes	*	*		*							*	*	*				*	*				*	*
D3CI		*	*	*	*	*	*			*	*	*	*				*	*				*	*
E2V		*	*			*	*	*		*	*	*	*								*	*	*
EPCOS										*	*	*	*						*	*	*	*	*
Freescall Semiconductor		*		*	*	*	*		*				*	*									
Finisar																						*	*
GSI Technology												*										*	*
Gigalight																						*	*
Halo Electronics				*									*								*	*	*
Infineon Technologies	*			*		*	*					*	*									*	*
International Rectifier	*			*									*	*								*	*
Intersil		*		*					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Maxim Integrated		*		*		*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Microsemi	*	*					*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Microtips				*							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Murata											*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
NXP	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
ON Semiconductor	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
STMicroelectronics	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Texas Instruments	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Vishay						*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Xilinx						*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

НАИМЕНОВАНИЕ ТОВАРА	ЦЕНА	НАЗВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ	АДРЕС, ТЕЛЕФОН
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ			
Инкрементальные, абсолютные, круговые агнитные энкодеры фирмы Lika Electronic (Италия)	80-380 у.е.	ООО «ФЭК»	г. Минск. Тел./ф.: 200-34-23, тел.: 200-04-96. E-mail: lighting@fek.by
Индукционные лампы Smart Dragon 40, 80, 120, 150, 200, 300W.	80-380 у.е.		
Дроссели, ЭПРА, ИЗУ, пусковые конденсаторы, патроны и ламподержатели для люминесцентных ламп	Договор	Группа компаний «АльфаЛидер»	г. Минск. Тел./ф.: 391-02-22, тел.: 391-03-33. www.alider.by
Мощные светодиоды (EMITTER, STAR), сборки и модули мощных светодиодов, линзы ARLIGHT	Договор	ООО «СветЛед решения»	г. Минск. Тел./ф.: 214-73-27, 214-73-55. E-mail: info@belaist.by www.belaist.by
Управление светом: RGB-контроллеры, усилители, диммеры и декодеры			
Источники тока AC/DC для мощных светодиодов (350/700/100-1400 мА) мощностью от 1W до 100W ARLIGHT			
Источники тока DC/DC для мощных светодиодов (вход 12-24V) ARLIGHT			
Источники напряжения AC/DC (5-12-24-48V/ от 5 до 300W) в металлическом кожухе, пластиковом, герметичном корпусе ARLIGHT, HAITAIK			
Светодиодные ленты, линейки открытые и герметичные, ленты бокового свечения, светодиоды выводные ARLIGHT			
Светодиодные лампы E27, E14, GU 5.3, GU 10 и др.			
Светодиодные светильники, прожектора, алюминиевый профиль для светодиодных изделий			
КВАРЦЕВЫЕ РЕЗОНАТОРЫ, ГЕНЕРАТОРЫ, ФИЛЬТРЫ, ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ			
Любые кварцевые резонаторы, генераторы, фильтры (отечественные и импортные)	от 0,10 у.е.	УП «Алнар»	г. Минск. Тел./ф.: 209-69-97, тел. (029) 644-44-09. E-mail: alnar@alnar.net www.alnar.net
Кварцевые резонаторы Jauch под установку в отверстия и SMD-монтаж	от 0,10 у.е.		
Кварцевые генераторы Jauch под установку в отверстия и SMD-монтаж	от 0,50 у.е.		
Термокомпенсированные кварцевые генераторы	от 2,20 у.е.		
Резонаторы и фильтры на ПАВ			
Пьезокерамические резонаторы, фильтры, звонки, сирены	от 0,04 у.е.		
СПЕЦПРЕДЛОЖЕНИЕ			
Большой выбор электронных компонентов со склада и под заказ. Микросхемы производства Xilinx, Samsung, Maxim, Atmel, Altera, Infineon и пр. Термоусаживаемая трубка, диоды, резисторы, конденсаторы, паяльная паста, кварцевые резонаторы и генераторы, разъемы, коммутация и многое другое.	Договор	ЧТУП «Чип электроникс»	г. Минск. Тел./ф.: 269-92-36. E-mail: chipelectronics@mail.ru www.chipelectronics.by
Широчайший выбор электронных компонентов (микросхемы, диоды, тиристоры, конденсаторы, резисторы, разъемы в ассортименте и др.)	Договор	Группа компаний «АльфаЛидер»	г. Минск. Тел./ф.: 391-02-22, тел.: 391-03-33. www.alider.by
Мультиметры, осциллографы, вольтметры, клещи, частотомеры, генераторы отечественные и АК ИП, APPA, GW, LeCroy, Tektronix, Agilent	1-й поставщик	ООО «Приборо-строительная компания»	г. Минск. Тел./ф.: 284-11-18, тел.: 284-11-16. E-mail: 4805@tut.by

Самое сложное - это открыть "коробку"!



Откройте для себя мир Harmony - простые, надежные и доступные решения для управления процессами и сигнализацией. Сделайте жизнь проще!

Откройте коробку и загляните внутрь. Вы найдете разнообразие продуктов для решения Ваших ежедневных задач: от кнопок, устройств сигнализации и сигнальных ламп до кулачковых переключателей и станций управления. Изделия, которые легко выбирать, устанавливать и настраивать. Они не подведут и станут надежным спутником. Спрашивайте у наших партнеров по автоматизации.

Вперед к новым открытиям!

Следуйте по пути инноваций!

Просто. Надежно. Доступно.

www.schneider-electric.by
www.seproject.by

Теперь можно стать еще эффективнее с беспроводными решениями Harmony!

Получите выгоду, став еще мобильней и сократив затраты на установку благодаря беспроводным станциям управления и переносным кнопочным станциям.

 Без кабеля
Переносные
пульты
Harmony
XB5R box

 Без кабеля
Джойстики
Harmony
ХКВ/D/M

 Без кабеля
Harmony
eXLhoist для
грузоподъемной
техники



- « Кабели и аксессуары
- « Оборудование для СКС
- « Оборудование для ЦОД
- « Электротехника и автоматизация
- « Инструменты и расходные материалы
- « Приборы: измерения, диагностика, обслуживание
- « Оборудование для мобильных операторов
- « Оборудование для эфирно-кабельного телевидения
- « Программное обеспечение и программно-аппаратные комплексы



**ПРЕИМУЩЕСТВА
НАДЕЖНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА**

ЗАО «Профессиональные сетевые системы»

220035, г. Минск, ул. Тимирязева, 656, офис 308
+ 375 (17) 290-83-72, + 375 (17) 290-83-73
факс: + 375 (17) 254-78-28; моб.: + 375 (29) 688-84-78
www.pns.by info@pns.by

ЗАО «Профессиональные сетевые системы» УНН-190490917