

# СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

4

2022

 YouTube



В номере:

Радиационно-стойкие источники POL

Практика измерений характеристик источников питания

Радиочастотные соединители и потери мощности сигнала

Расчёт волноводных структур в Ansys HFSS



## BigTech: кто вершит историю человечества

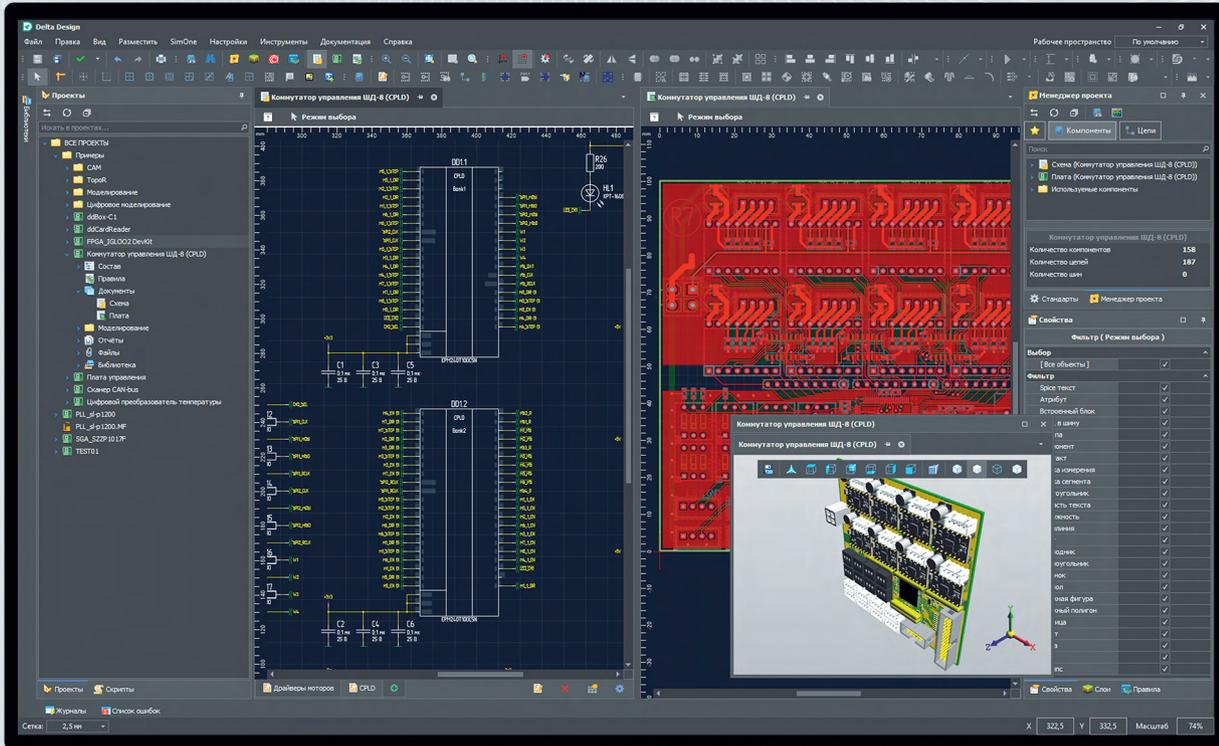


[WWW.SOEL.RU](http://WWW.SOEL.RU)



# DeltaDesign 3.5

**Новая версия** российской САПР электроники



Импорт данных из  
Mentor PADS и Altium Designer



Поддержка нескольких  
вариантов трассировки

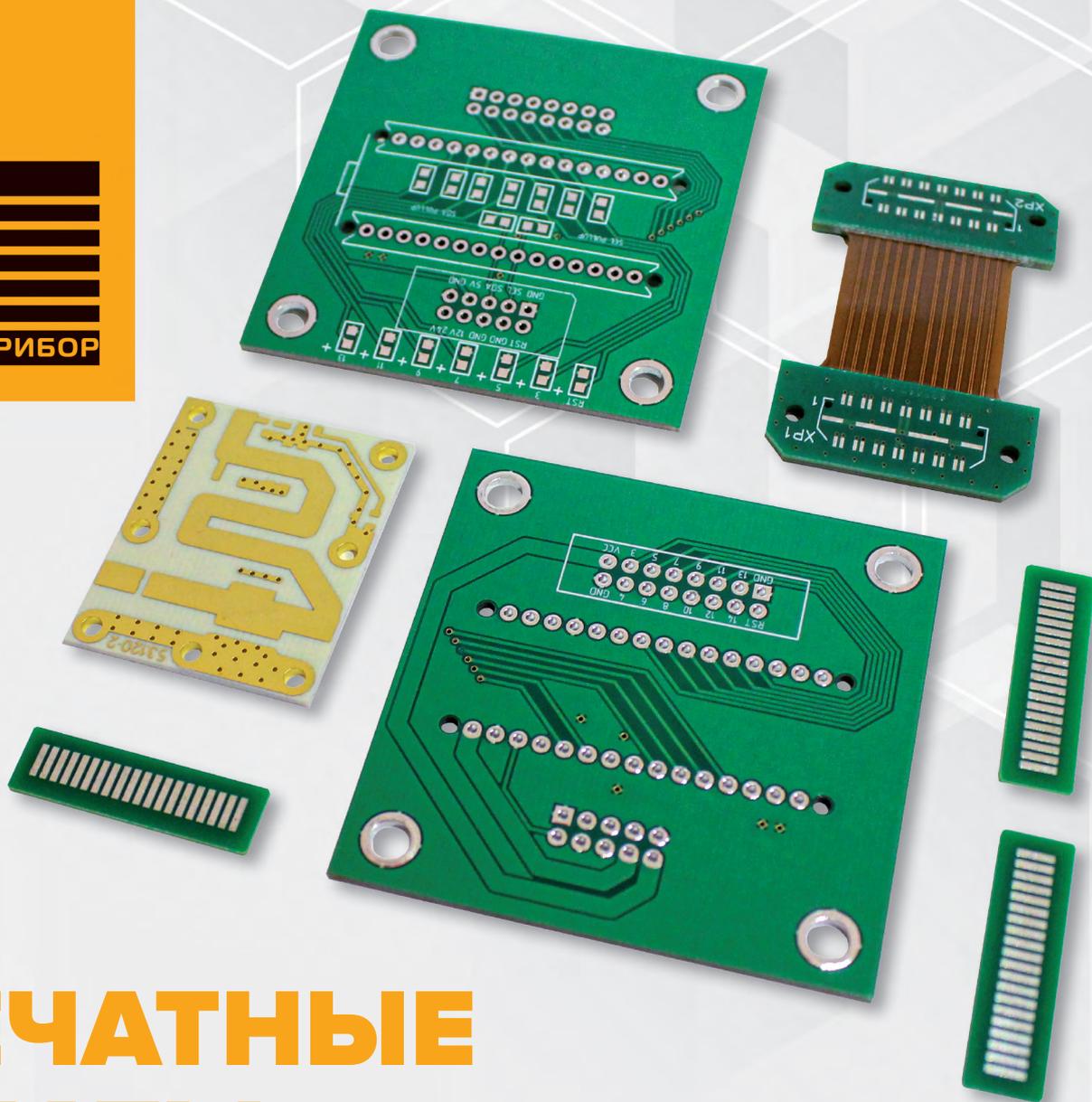


Обновленный интерфейс  
в новой оболочке



Новая функциональность схемотехнического  
редактора и редактора печатных плат

**!** Чтобы получить консультацию по новой версии и внедрить САПР Delta Design на вашем предприятии, обратитесь к специалистам Эремекс



# ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПО ТЗ ЗАКАЗЧИКА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ДО 5 КЛАССА ТОЧНОСТИ

ХАРАКТЕРИСТИКА	ОДНОСТОРОННИЕ, ДВУСТОРОННИЕ И МНОГОСЛОЙНЫЕ	ГИБКО-ЖЕСТКИЕ
Используемые материалы	FR4, FR4 HiTg, Rogers	FR4 HiTg, Rogers 4000 серии, полиимиды Taiflex, Shengyi, Dupont Pyralux
Макс. количество слоев	<ul style="list-style-type: none"> <li>Для плат на FR4 до 20 слоев</li> <li>Для плат на Rogers до 10 слоев</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Жесткая часть до 12 слоев</li> <li>Гибкая часть до 6 слоев</li> </ul>
Размер рабочего поля	<ul style="list-style-type: none"> <li>Для FR4 400 × 300 мм</li> <li>Для Rogers 250 × 180 мм</li> </ul>	250 × 180 мм
Финишные покрытия	<ul style="list-style-type: none"> <li>ПОС-63</li> <li>Иммерсионное золочение</li> <li>Иммерсионное олово</li> <li>Иммерсионное серебро</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Иммерсионное золочение</li> <li>Иммерсионное олово</li> <li>Иммерсионное серебро</li> </ul>
Технологические возможности	Минимальный зазор между проводниками: 0,1 мм	
	Минимальная ширина проводника: 0,1 мм	
	Минимальный диаметр переходного отверстия: 0,2 мм	
	Минимальная площадка переходного отверстия: 0,4 мм	



Здравствуйте, уважаемые друзья!

Санкционное давление на Россию нарастает, и в этих условиях крайне важно обеспечить российским производителям условия для эффективной работы. Весьма существенным фактором успеха является взаимная информированность участников рынка о доступных продуктах, услугах и сервисах. «Современная электроника» уделяет большое внимание освещению значимых для рынков радиоэлектроники и программного обеспечения событий – выставок и конференций с участием ведущих отечественных разработчиков и производителей. Мы публикуем репортажи об отечественных компаниях и их разработках на своём YouTube-канале, так как считаем своим долгом в сложившейся ситуации делать всё возможное для помощи российским производителям.

Заходите на наш YouTube-канал, смотрите наши репортажи и делитесь ссылками на них со своими коллегами и деловыми партнёрами!

Мы рады, что вы с нами!

Всего вам доброго!

*Юрий Широков, главный редактор*

Журнал «Современная электроника»  
Издаётся с 2004 года

Главный редактор Ю. В. Широков  
Заместитель главного редактора  
А. В. Малыгин

Редакционная коллегия А. Е. Балакирев,  
В. К. Жданкин, С. А. Сорокин, Д. А. Кабачник,  
Р. Х. Хахимов

Вёрстка А. М. Бабийчук

Обложка Д. В. Юсим

Распространение А. Б. Хамидова (info@soel.ru)

Реклама И. Е. Савина (advert@soel.ru)

Учредитель и издатель ООО «СТА-ПРЕСС»

Генеральный директор К. В. Седов

Адрес учредителя и издателя:

117279, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 108,  
пом/ком/эт I/67/тех

Почтовый адрес: 117437, г. Москва,  
Профсоюзная ул., 108

Тел.: (495) 232-00-87

info@soel.ru • www.soel.ru

Производственно-практический журнал  
Выходит 9 раз в год. Тираж 10 000 экз.  
Цена свободная

Журнал зарегистрирован в Федеральной  
службе по надзору за соблюдением  
законодательства в сфере массовых  
коммуникаций и охране культурного наследия  
(свидетельство ПИ № ФС77-18792  
от 28 октября 2004 г.)

Отпечатано: ООО «МЕДИАКОЛОР».

Адрес: Москва, Сигнальный проезд, 19,  
бизнес-центр Вэлдан.

Тел./факс: (499) 903-69-52

Перепечатка материалов допускается только  
с письменного разрешения редакции.

Ответственность за содержание рекламы  
несут рекламодатели.

Ответственность за содержание статей несут  
авторы.

Материалы, переданные редакции, не рецензируются и не возвращаются.

Мнение редакции не обязательно совпадает  
с мнением авторов.

Все упомянутые в публикациях журнала  
наименования продукции и товарные знаки  
являются собственностью соответствующих  
владельцев.

© СТА-ПРЕСС, 2022

ЧИТАЙТЕ  
ЖУРНАЛ 

**в ЭЛЕКТРОННОЙ ВЕРСИИ**

на сайте [soel.ru](http://soel.ru)

после простой регистрации

и

**в ПЕЧАТНОЙ ВЕРСИИ**

по подписке

## РЕКЛАМОДАТЕЛИ

EREMEX ..... 2-я стр. обл.

ETC Electronics ..... 4-я стр. обл.

Innodisk ..... 41

Litemax ..... 20

Micrometals ..... 31

PHOENIXCONTACT ..... 7

Rfcore ..... 13

МОРИОН ..... 4

ПЛАТАН ..... 7

ТЕСТПРИБОР ..... 1, 6, 3-я стр. обл.

### Читайте в «СТА» № 2/2022:

**Модульность и надёжность:**  
Fastwel I/O-2 начинает и выигрывает

**ИИ в граничных вычислениях**  
и не только: как это работает

**Цифровая трансформация**  
производства: семь раз отмерь...

**Отечественный рынок СКУД:**  
на любой вкус и кошелёк



Оформляйте подписку на журнал «СТА»  
и читайте печатную версию  
или электронную версию на [www.cta.ru](http://www.cta.ru)

## РЫНОК

### 4 Новости российского рынка

## ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

### 8 Потери мощности сигнала в радиочастотных соединителях

*Кива Джуринский*

### 14 Радиационно-стойкие неизолированные импульсные стабилизаторы напряжения для локального преобразования энергии

*Виктор Безродный*

## ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

### 22 Практика измерений входных и выходных характеристик источников вторичного электропитания с применением опции R&S RT06-K31

*Николай Лемешко, Михаил Горелкин, Павел Струнин*

## ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

### 32 Фотореле с нестандартным алгоритмом для светодиодной лампы

*Александр Одинец*

### 36 «Умный» дом для райцентра

*Сергей Шишкин*

### 42 Надёжный сигнализатор – датчик уровня жидкости

*Евгений Уфимцев*

## ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

### 44 Системы RFID в СВЧ, микроволновом диапазоне, перспективы их развития и некоторые способы защиты данных

*Андрей Кашкаров*

### 52 Использование плоскостей симметрии волноводных структур при расчёте в ANSYS HFSS

*Виктор Конев, Александр Курушин, Евгений Лаврецкий, Евгений Новосёлов,*

*Валентин Чернышов*

## КОМПЕТЕНТНОЕ МНЕНИЕ

### 58 BigTech и захват планеты

*Александр Гольшко*

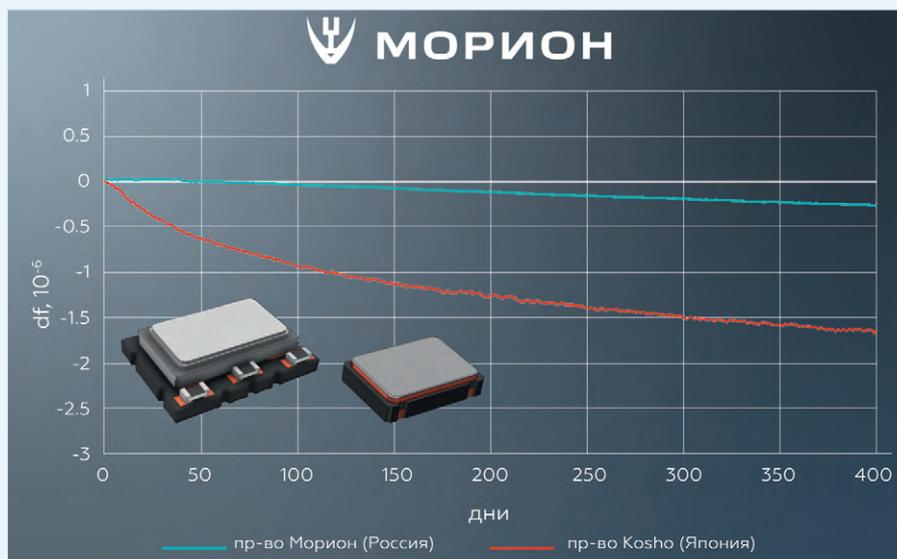
# Новости российского рынка

## ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

### МИКРОГЕНЕРАТОРЫ С НАРАБОТКОЙ 100 000 ЧАСОВ ОТ АО «МОРИОН»

АО «МОРИОН» (Санкт-Петербург) – ведущее предприятие России и один из мировых лидеров в области разработки и серийного производства пьезоэлектронных приборов стабилизации и селекции частоты – представляет микрогенераторы с наработкой 100 000 часов.

АО «Морион» уже несколько лет успешно занимается производством высокостабильных кварцевых микрогенераторов (ГК176-ТК, ГК357-ТК, ГК392-ТК, ГК413-ТК) в корпусах 7,0×5,0×2,0 мм и 5,0×3,2×1,9 мм для поверхностного монтажа. Изначально при их изготовлении применялись резонаторы японского производства, но наряду с этим развивалось производство собственных микрорезонаторов. Последние достижения в технологии их производства позволили достигнуть наработки 100 000 часов (вместо 50 000 часов). Такая наработка доступна для всех типов микрогенераторов. Помимо этого, они позво-



ляют получить высокую температурную стабильность (до  $\pm 1,0 \times 10^{-7}$ ) и низкие фазовые шумы ( $-100$  дБн/Гц при отстройке 10 Гц) при их применении.

На рисунке продемонстрировано изменение частоты при температуре  $+85^\circ\text{C}$  в течение 400 дней непрерывной работы

микрогенераторов, изготовленных с использованием микрорезонаторов производства «Морион» (Россия) и Kosho (Япония).

[www.morion.com.ru](http://www.morion.com.ru)  
[morion@morion.com.ru](mailto:morion@morion.com.ru)  
 +7 (812) 350-75-72  
 +7 (812) 350-92-43

### НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОСТАВОК АДВАНТИКС – ЗАЩИЩЕННЫЕ МОБИЛЬНЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ

AdvantiX, российский производитель промышленных компьютеров, представляет новое направление поставок – программно-аппаратные комплексы (ПАК) на базе защищённого мобильного оборудования Getac с предустановленными операционной системой специального назначения Astra Linux 1.6 и аппаратно-программным модулем доверенной загрузки (АПМДЗ) «Соболь 4.0».

Ноутбук Getac X500 G3 с экраном 15,6" – полностью защищённый компьютер с защитой от попадания воды и пыли IP65. В ноутбук предустановлен процессор Intel Core i5/i7 7-го поколения, до 64 Гбайт оперативной памяти и до 1 Тбайт HDD или SSD. Благодаря российским инженерам ноутбук специально доработан для полной совместимости с ОС Astra Linux 1.6, включая работу комбинации функциональных клавиш клавиатуры, специальных кнопок P1, P2, P3 и регулировки яркости экрана.

Ноутбук Getac S410 G4 – бюджетное решение с защитой от попадания воды и пыли



IP53. В ноутбук предустановлен процессор Intel Core i3/i5/i7 11-го поколения, до 64 Гбайт оперативной памяти и до 2 Тбайт NVMe SSD.

Планшет Getac K120 G2 с экраном 12,5" поставляется с мощными современными процессорами Intel Core i3/i5/i7 11-го поколения и твердотельным накопителем PCIe NVMe SSD ёмкостью до 1 Тбайт. Планшет протестирован и полностью совместим с операционной системой Astra Linux 1.6. Полностью функциональны и работают управление энергопотреблением, проигрывание аудио-видео с нагрузочным тестированием, беспроводная связь, связь по Ethernet с на-

грузочным тестированием, работа встроенного мультимедиа-оборудования, сенсорного экрана, аппаратных кнопок, индикаторов, акселерометра, регулирование параметров экрана.

Планшет UX10 – устройство Getac с экраном 10,1". Планшет поставляется с предустановленным процессором Intel Core i5/i7 11-го поколения и твердотельным накопителем NVMe ёмкостью до 1 Тбайт. Специально для полной совместимости с ОС Astra Linux планшет был доработан, благодаря чему полностью функциональны различные типы управления сенсорным экраном и программируемые клавиши P1 и P2.

Все четыре устройства также были протестированы с аппаратно-программным модулем доверенной загрузки «Соболь 4.0» производства ООО «Код безопасности», включая все типы аутентификаторов, а также настройку осуществления принудительного выключения компьютера в случае заранее определённых событий или действий.

[www.prosoft.ru/products/brands/advantix/](http://www.prosoft.ru/products/brands/advantix/)  
[info@prosoft.ru](mailto:info@prosoft.ru)  
 +7 (495) 234-06-36

## СОБЫТИЯ

## Состоялся IV Международный форум «Метрологическое обеспечение инновационных технологий»

4 марта в ГУАП прошёл IV Международный форум «Метрологическое обеспечение инновационных технологий». В работе Форума приняли участие свыше 350 специалистов из России, индийского научного сообщества K.R. Mangalam University, Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауезова, Казахского университета путей сообщения и Карагандинского индустриального университета. В открытии форума приняли участие ректор ГУАП Юлия Антохина, академик РАН, президент Метрологической академии РФ Владимир Окрепилов, директор института ФПТИ ГУАП Елена Фролова. В 2022 году форум объединил традиционные научные направления, такие как «Экономика метрологии. Цифровая трансформация метрологии», «Информационно-измерительные системы в приборостроении и радио-

электронике», «Метрологическое обеспечение вооружения и военной техники», «Стандартизация и управление качеством». Также были сформированы новые секции, появление которых продиктовано современными реалиями: «Метрология и глобальные проблемы современности», «Новые эталоны», «Молодёжная секция» и другие.



Форум поддержали кафедра ЮНЕСКО по педагогическим наукам Российского государственного педагогического университета им. А.И. Гер-

цена, кафедра ЮНЕСКО «Управление качеством образования в интересах устойчивого развития» Политехнического университета им. Петра Великого, а также кафедра ЮНЕСКО «Дистанционное инженерное образование» ГУАП.

Основная цель этих кафедр состоит в распространении передового международного и российского опыта обучения специалистов высокой компетенции. Также партнёрами форума в 2022 году стали Отделение общественных наук РАН, компания Mitytoyo, Институт проблем региональной экономики РАН, индийское научное сообщество K.R. Mangalam University и ВНИИМ им. Д.И. Менделеева. Поддержку форуму постоянно оказывает Метрологическая академия РФ. Большое участие в организации и проведении Форума приняли активные члены Российской Санкт-Петербургской секции ISA: Антохина Юлия Анатольевна (ректор ГУАП), Оводенко Анатолий Аркадьевич (президент ГУАП), Фролова Елена Александровна (директор института ФПТИ ГУАП).

## Открылась инновационная Лаборатория когнитивных исследований

17 марта в Санкт-Петербургском государственном университете аэрокосмического приборостроения (ГУАП) состоялось торжественное открытие инновационной Лаборатории когнитивных исследований. Новое подразделение позволит создавать нейроаватары людей, говорящие на многих иностранных языках, отслеживать эмоциональное восприятие различного контента и даже выявлять в нём фейки или признаки манипуляции. Открытие лаборатории готовилось около двух лет. Подготавливали помещение, заказывали необходимое оборудование, составляли учебные планы, проходили различные согласования и утверждения. В открытии лаборатории приняли участие не только представители администрации университета, но и партнёры: президент Евразийской лиги субтитровщиков Елена Конопотова и руководитель компании RedCarpetStudio Наталья Иванова-Достоевская. Совместно с Евразийской лигой субтитровщиков лаборатория будет осуществлять тестирование стандартов субтитрирования программ и сериалов и анализ восприятия аудиовизуальных произведений. А с партнёром Red Carpet будут тестировать анимационные произведения. Кроме того, есть запросы на использование VR-технологий в образовании и AR-технологий в архивном деле, а также предложения, касающи-

ся адаптации музеев для людей с особыми сенсорными потребностями.



«Когнитивные исследования дают основу для моделирования процессов обучения искусственного интеллекта. Мы его не обучим, не зная, как учится человек. Если мы не понимаем, как воспринимается информация потребителями этого искусственного интеллекта, то это будет абсолютно чуждая для нас вещь. В лаборатории мы создаём интерфейс «человек-машина». С помощью программ человек взглядом может управлять курсором, взаимодействовать с различными устройствами того же умного дома. Второе – управление мыслью, с помощью определённого комплекса мы можем исследовать процессы концентрации. Для создания обучения нового уровня у нас есть VR-камера, VR-шлем и другое оборудование. Благодаря этому мы будем не только снимать, не только монтировать, но и знать, как и куда человек смотрит в VR-среде», – поделился руководителем Лаборатории когнитивных

исследований, генеральный директор и совладелец ООО «РуФилмс» и группы компаний «РуФилмс» Алексей Козуляев.

В распоряжении исследователей оборудование для полного цикла тестирования восприятия креативных графических, аудиовизуальных и интернет-материалов, а также для создания, тестирования и когнитивной настройки восприятия образовательных и художественных VR-материалов. С его помощью вуз сможет выполнять самые разнообразные проекты в рамках грантов и сотрудничества с отраслевыми партнёрами, а также проводить обучение когнитивным наукам и экспериментальной когнитивистике. Больше половины программных решений лаборатории отечественные, и сейчас ведётся работа над тем, чтобы разработать свои аналоги и для оставшейся части. Лаборатория создаётся в рамках стратегического проекта «Когнитивные исследования и оптимизация нейрокогнитивных и других интерфейсов взаимодействия «человек-машина» по программе «Приоритет 2030» совместно с Евразийской лигой субтитровщиков. Большое участие в организации лаборатории принимают члены Российской Санкт-Петербургской секции международного общества автоматизации (ISA): профессор Антохина Юлия Анатольевна (ректор ГУАП), доцент Солёный Сергей Валентинович (директор Инженерной школы ГУАП), профессор Шишлаков Владислав Федорович (проректор ГУАП).

## ФОРУМ «ОБРАЗОВАНИЕ, НАУКА И МОЛОДЕЖЬ В ФОКУСЕ НАЦИОНАЛЬНЫХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ ПРИОРИТЕТОВ»

Форум «Образование, наука и молодежь в фокусе национальных и международных приоритетов» проходил 11–12 февраля в Дубае на Всемирной универсальной выставке «Экспо-2020». Ректор ГУАП профессор Ю.А. Антохина приняла участие в деловой программе, которая проходила в павильоне России «Экспо-2020». Программа включала панельные дискуссии, стратегические сессии и Public Talk и стартовала с дискуссии на тему «Стратегия АСИ 2022–2024: Роль университетов в развитии института предпринимательства среди студентов, выпускников вузов и экономически активных групп граждан». Спикерами выступили специальный представитель президента РФ по вопросам цифрового и технологического развития Дмитрий Песков, ректор АНО «Университет Национальной технологической инициативы 2035» Нина Яныкина, гендиректор Фонда НТИ, экс-директор Департамента инноваций и перспективных исследований МОН Вадим Медведев, генеральный директор АНО «Агент-



ство развития профессионального мастерства (Ворлдскиллс Россия) Роберт Уразов, заместитель руководителя Россотрудничества Павел Шевцов, а также ректоры ведущих российских университетов. На встречах участники деловой программы обсуждали научно-образовательную и молодёжную политики, международное научно-образовательное лидерство, цели и возможности цифровой коммуникации между властью и научно-образовательным обществом, а также национальные приоритеты.

Активный член Российской Санкт-Петербургской секции ISA, директор института фундаментальной подготовки и технологических инноваций ГУАП, доктор технических

наук, профессор Фролова Елена Александровна передала в центр знаний ISA книгу авторов: Е.А. Фролова, А.В. Винниченко, А.С. Тур «Средства и методы управления качеством».

Комитетом по науке и высшей школе Санкт-Петербурга в соответствии с постановлением Правительства Санкт-Петербурга от 25.06.2010 № 823 объявлены итоги конкурса грантов для студентов вузов, аспирантов вузов, отраслевых и академических институтов, расположенных на территории Санкт-Петербурга 2021 года. Среди победителей члены студенческой секции ISA ГУАП: Виктория Афанасьева, Ангелина Добровольская, Мария Создательева, Дарья Щукина, Александр Рысин.

## ОТКРЫТА РЕГИСТРАЦИЯ НА XI ВСЕРОССИЙСКУЮ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКУЮ КОНФЕРЕНЦИЮ «ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ»

АО «ТЕСТПРИБОР» совместно с АО «Кронштадт», ГО НПЦ НАН Беларуси по материаловедению, при участии ФГУП ВНИИФТРИ, приглашает специалистов принять участие в работе XI Всероссийской научно-технической конференции «Электромагнитная совместимость».

Актуальность и практическая значимость тематики конференции обусловлены постоянным повышением требований к современной РЭА по устойчивости к внешним воздействующим факторам и снижению помехоземиссии, изменениями в нормативных документах, развитием испытательной базы.

За годы существования Всероссийская научно-техническая конференция «ЭМС» зарекомендовала себя как единственная площадка для обмена опытом между специалистами, работающими в данной области.

Вопросы, предлагаемые к обсуждению:

- сравнение современных отечественных и зарубежных стандартов в области ЭМС: актуальные требования и перспективы развития;
- кондуктивные помехи в цепях питания (бортовых сетях) и управления: испытания, фильтрация, прогнозирование;



- переменные и импульсные электромагнитные поля, поля повышенной интенсивности: методы испытаний и защита РЭА от воздействий;
- разработка РЭА с учётом требований ЭМС: проблемы и опыт решения;
- вопросы внедрения компьютерного моделирования электромагнитной обстановки на этапе разработки РЭА;
- расчётно-экспериментальные методы оценки ЭМС;
- объектовая и межобъектовая ЭМС;
- вопросы ЭМС подвижной наземной техники;
- вопросы ЭМС БПЛА;
- вопросы ЭМС космических аппаратов;
- проблемы обеспечения ЭМС систем теле- и радиовещания, мобильной связи;
- экранирующие, поглощающие и отражающие материалы;
- экранирование корпусов, кабельных линий и соединителей;
- проблемы организации испытательных лабораторий;
- испытательное оборудование для ЭМС;

- метрологическое обеспечение испытаний на ЭМС.

**XI Всероссийская научно-техническая конференция «ЭМС» пройдёт 9–10 июня 2022 года в парк-отеле «Свежий ветер» (Московская область).**

**Для участия в конференции необходимо прислать заявку в Организационный комитет не позднее 6 июня 2022 года:**

- по электронной почте: soroka@test-expert.ru (Ольга Сорока);
- получить заявку в электронном виде можно на сайте [www.test-expert.ru](http://www.test-expert.ru) в разделе «Пресс-центр».

Участие в конференции платное.

За подробной информацией о стоимости, формах участия и программе конференции обращайтесь, пожалуйста, в Организационный комитет по телефону +7 (495) 657-87-37, доб. 321 (Ольга Сорока).

[www.test-expert.ru](http://www.test-expert.ru)  
 tp@test-expert.ru  
 +7 (495) 657 87 37

## ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

**Разъёмы для подключения аккумуляторных модулей**

Энергоаккумуляторы компенсируют колебания энергии, поступающей от различных источников энергии, и таким образом гарантируют стабильное энергоснабжение. Для большого числа приложений энергоаккумуляторы должны работать безопасно, надёжно и эффективно. Для этого необходимо наличие отказоустойчивых и долговечных технологий электрического подключения.

Для распределения потоков энергии в батарейном модуле требуются качественные соединения, отличающиеся малыми потерями. Для эффективного подключения проводов используются инновационные технологии подключения.



Приборные и кабельные разъёмы от Phoenix Contact с защитой от переполюсовки идеально подходят для использования в подобных приложениях. Благодаря возможности вращения, защите от касания и механическому кодированию они обеспечивают высокий уровень гибкости и безопасности при подключении полюсов батарей.

Ключевыми особенностями новой линейки разъёмов являются: возможность поворота на 360° (идеальное решение для гибких кабельных отводов), использование механического кодирования для правильного на 100% подключения, безопасный монтаж за счёт защищённого от касания полюса аккумулятора, в том числе в неподключённом состоянии, различные цветовые решения для более простой идентификации полюсов аккумулятора, гибкость монтажа благодаря различным технологиям подключения на стороне устройства.

Разъёмы рассчитаны на 1500 В пост. тока и 250 А.

[www.phoenixcontact.com](http://www.phoenixcontact.com)  
[info@phoenixcontact.ru](mailto:info@phoenixcontact.ru)  
 +7 (495) 933-85-48

**Датчики для автоматизации Chanko**

В условиях сложной санкционной политики остро встаёт вопрос о взаимозаменяемости компонентов, их доступности и удобстве быстрой интеграции. Оптические датчики общего применения, как правило, закупаются на российские предприятия в качестве замены и ремонта компонентов производственной линии.

Компания Chanko работает в Китае на рынке датчиков и компонентов автоматизации с 1988 года, поддерживает штат разработчиков и имеет сертификаты ISO и ЭМС.

Продукция Chanko представлена четырьмя группами датчиков: индуктивные, фотоэлектрические, волоконнооптические и световые завесы безопасности. По сути, это бесконтактные выключатели с релейным выходом, используемые для обнаружения

объекта на определённом расстоянии. По принципу работы они могут быть индуктивными, ёмкостными или фотоэлектрическими. Так же, как и у мировых производителей, выпускается широкий модельный ряд с различными параметрами выбора рабочего напряжения, выходного сигнала, диапазона срабатывания, цилиндрической или прямоугольной формы, а также монтажа.

Индуктивные датчики приближения выпускаются в корпусах от M08 до M30, а также в прямоугольных корпусах от 17×17 до 40×40 мм. Ёмкостные датчики на расстоянии от 4 до 15 мм предназначены для обнаружения и измерения объектов или жидкостей с более высокой диэлектрической постоянной, чем у воздуха.

Фотоэлектрические датчики подразделяются по типу источника излучения (красный светодиод, ИК-диод или лазер) и принципу ра-

боты (с отражателем, приёмником или отражением от объекта). Рабочий диапазон таких датчиков достигает 20 метров. Такие датчики также доступны в корпусах различной формы.



Так же, как и европейские аналоги, датчики Chanko имеют режимы настройки, установок, регулировки чувствительности и освещённости.

[www.platan.ru](http://www.platan.ru)  
[info@platan.ru](mailto:info@platan.ru)  
 +7 (495) 970-00-99

## НОВОСТИ МИРА

**Эксперты подсчитали запасы импортной бытовой электроники в России – их хватит до конца лета**

Запасов импортной электроники и бытовой техники у российских магазинов хватит на лето, возможно, до августа или даже сентября, сообщили источники издания «Известия», близкие к вендорам и ретейлерам. Этот прогноз оправдается при условии, если на технику не будет ажиотажного спроса и если в Россию доведут заказанные ещё зимой товары.

Всё зависит от спроса, говорит источник «Известий» в одной из розничных сетей. Он отметил, что после периода ажиотажного спроса в конце февраля и начале марта, а также в связи с ростом цен на электронику, продажи в мае могут резко сократиться.



Другой источник отметил, что новых отгрузок в Россию пока нет и избежать дефицита компьютеров во второй половине года удастся, если в стране заработает механизм параллельного импорта, когда товары смогут поставлять из Турции, Казахстана, Узбекистана.

В свою очередь, в Минпромторге сообщили, что отслеживают ситуацию с реали-

зацией бытовой техники и электроники, и заверили, что по состоянию на 13 апреля сформированы достаточные запасы холодильников (с морозильной камерой), стиральных машин, смартфонов, электрических чайников, телевизоров, стационарных компьютеров, микроволновок, газовых и электрических плит с духовками.

[3dnews.ru](http://3dnews.ru)

# Потери мощности сигнала в радиочастотных соединителях

Кива Джурицкий (kbd.istok@mail.ru)

Проанализированы виды потерь мощности сигнала в радиочастотных соединителях. Рассмотрены физические процессы, обуславливающие возникновение возвратных и вносимых потерь, а также потерь рассогласования. Приведены сводные данные о параметрах радиочастотных соединителей. По данным ведущих зарубежных компаний показаны фактические потери в наиболее широко применяемых соединителях типов N, TNC, SMA, 2,9 мм и SMP.

## Введение

При прохождении через радиочастотный соединитель неизбежно происходит ослабление и отражение сигнала. Это естественное явление, которое возникает при любом типе передачи. Мощность сигнала, поступающая в радиочастотный соединитель (входящая или падающая мощность), частично отражается обратно к источнику сигнала (отражённая мощность – Reflected Power). Поэтому отражённая мощность через соединитель не проходит и в нагрузку не поступает. Оставшаяся мощность сигнала поступает в соединитель, в котором часть её поглощается и передаётся в нагрузку (прошедшая мощность – Through Power).

Прошедшая мощность меньше входящей мощности по следующим причинам:

- 1) часть сигнала отражается, и возникают возвратные потери (Return Loss);
- 2) соединитель поглощает часть сигнала: появляются вносимые потери (Insertion Loss);
- 3) возникают потери рассогласования (Mismatch Loss, рис. 1).

## Возвратные потери

Возвратные потери сигнала (обратные потери, англ. – Return Loss, RL) – это важный показатель, определяющий, какая часть мощности сигнала отражается от неоднородностей коаксиальной линии радиочастотного соединителя. Как показано на рис. 1, возвратные потери, в децибелах, представляют собой отношение входящей мощности к отражённой мощности. Наличие отражённого сигнала крайне нежелательно, так как он мешает прохождению основного сигнала.

Между возвратными потерями RL, коэффициентом отражения  $\Gamma$  и коэффициентом стоячей волны по напряжению КСВН существуют следующие соотношения [2, 3]:

$$RL \text{ (дБ)} = -20 \log [(КСВН-1) / (КСВН+1)] = -20 \log |\Gamma| \quad (1)$$

$$КСВН = 1 + |\Gamma| / (1 - |\Gamma|) \quad (2)$$

$$\Gamma = 10^{(-RL/20)} = (КСВН-1) / (КСВН+1) \quad (3)$$

$$КСВН = [1 + 10^{(-RL/20)}] / [1 - 10^{(-RL/20)}] = (1 + |\Gamma|) / (1 - |\Gamma|) \quad (4)$$

Зависимости КСВН и возвратных потерь от коэффициента отражения показаны на рис. 2 [3] (рис. 2).

КСВН и коэффициент отражения – это параметры, используемые для определения степени несоответствия между линией передачи и устройством. Наличие стоячих волн в радиочастотном соединителе означает, что часть падающего сигнала отражается от него обратно к источнику сигнала.

Коэффициент отражения является комплексной величиной. Однако в большинстве случаев применяют модуль коэффициента отражения  $|\Gamma|$ . Исходя из физического смысла, модуль коэффициента отражения изменяется в пределах от 0 до 1. Зная результаты измерения коэффициента отражения, можно рассчитать величины отражённой мощности  $P_{отр}$  и переданной мощности  $P_{пер}$ :

$$P_{отр}, \% = 100|\Gamma|^2 \quad (5)$$

$$P_{пер}, \% = 100(1 - |\Gamma|^2) \quad (6)$$

Высокая величина возвратных потерь коррелируется с низкими значениями КСВН и коэффициента отражения.

Высокие возвратные потери соответствуют более низким вносимым потерям. Например, при типичном для радиочастотных соединителей значении возвратных потерь 20 дБ, соединитель отражает только 1% мощности и передаёт в нагрузку 99% мощности. Если обратные потери составляют 10 дБ, соединитель отражает 10% мощности.

В целом, возвратные потери показывают, насколько хорошо соединитель и нагрузка соответствуют друг другу.

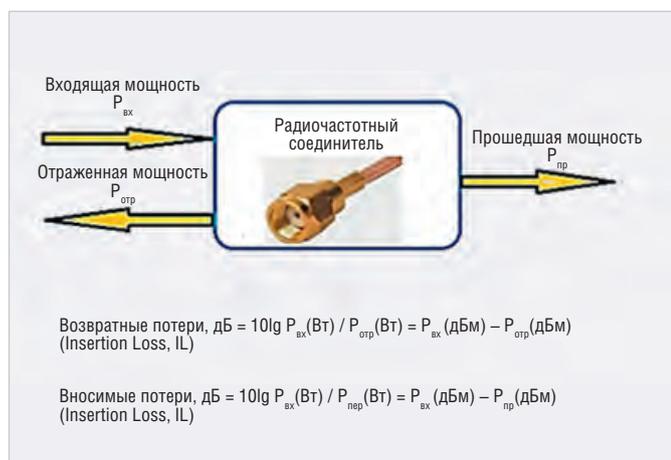


Рис. 1. Возвратные и вносимые потери радиочастотного соединителя

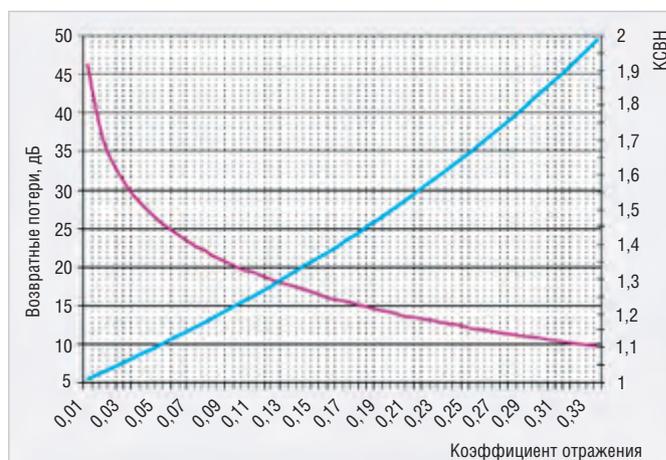


Рис. 2. Зависимости КСВН (—) и возвратных потерь (—) от коэффициента отражения

## Вносимые потери

Вносимые потери (англ. – Insertion Loss, IL, Transmission loss, Attenuation) – это потеря мощности сигнала, возникающая в соединителе при его включении в линию передачи. Вносимые потери определяются отношением входящей в соединитель мощности к мощности, переданной им в нагрузку [4]. Потери в радиочастотном соединителе  $\alpha$  складываются из потерь в металлических проводниках коаксиальной линии  $\alpha_{мет}$  и диэлектрических потерь  $\alpha_{диэл}$  в изоляторе соединителя:

$$\alpha \text{ (дБ/м)} = \alpha_{мет} + \alpha_{диэл} \quad (7)$$

Потери в проводниках равны:

$$\alpha_{мет} = \frac{1,98 \times 10^{-5} \left( \frac{1}{d} + \frac{1}{D} \right)}{\log \frac{D}{d}} \sqrt{\epsilon \times \mu \times \rho \times f} \quad (8)$$

Потери в диэлектрике:

$$\alpha_{диэл} = 9,08 \times 10^{-8} \times f \times \text{tg} \delta \times \sqrt{\epsilon} \quad (9)$$

где  $d$  и  $D$  – диаметры внутреннего и наружного проводников коаксиальной линии соединителя  $\epsilon$  и  $\text{tg} \delta$  – относительная диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь изолятора;  $\mu$  – магнитная проницаемость материалов проводников;  $\rho$  – удельное электрическое сопротивление материалов проводников, Ом·мм<sup>2</sup>/м;  $f$  – частота.

Потери в проводниках пропорциональны  $\sqrt{f}$  и определяются размерами проводников, свойствами металлов, из которых они изготовлены, и покрытиям проводников. При этом около 80% всех потерь приходится на потери на внутреннем (центральном) проводнике соединителя [7]. Наилучшим покрытием проводников является золото и его сплавы с кобальтом или никелем (для повышения износоустойчивости). Толщина золотого покрытия должна быть такой, чтобы покрыть все неровности металлических поверхностей и быть больше толщины «скин-слоя», так как на высоких частотах ток проходит только в поверхностном слое металла – «скин-слое». Глубина «скин-слоя» тем меньше, чем выше частота, больше магнитная проницаемость и проводимость металла (табл. 1) [8].

Толщина золотого покрытия для соединителей, работающих в умеренных условиях окружающей среды, может быть выбрана в пределах 0,75...1,25 мкм.

Потери в диэлектрике (релаксационные, резонансные, миграционные, ионизационные) линейно зависят от частоты, определяются его диэлектри-

Таблица 1. Среднеарифметическое отклонение профиля поверхности и глубина «скин-слоя» золота

Класс чистоты	Среднеарифметическое отклонение профиля поверхности, мкм	Частота, ГГц	Глубина «скин-слоя», мкм
$\sqrt{5}$	5,0	1	2,38
$\sqrt{6}$	2,5	10	0,75
$\sqrt{7}$	1,25	18	0,56
$\sqrt{8}$	0,63	40	0,38
$\sqrt{9}$	0,32	65	0,30

ческими свойствами и не зависят от диаметров проводников коаксиальной линии соединителя. Потери в соединителях резко возрастают с увеличением частоты. На низких частотах потери в проводниках превышают диэлектрические потери. Однако диэлектрические потери увеличиваются с большей скоростью, чем потери в проводниках, и, начиная с частоты, близкой к 10 ГГц, основной вклад в величину потерь вносят потери в диэлектрике (рис. 3) [9].

С увеличением частоты диаметры коаксиальной линии соединителей становятся всё меньше, а уровень потерь в соединителях всё выше.

Знание величин вносимых и возвратных потерь позволяет оценивать эффективность прохождения сигнала в радиочастотном соединителе. Вносимые и возвратные потери измеряют с помощью векторных анализаторов цепей и представляют в виде S-параметров четырёхполюсника. Следует только заметить, что параметры  $S_{21}$  и  $S_{12}$  нельзя полностью отождествлять с вносимыми потерями. Они были бы равны вносимым потерям, если бы соединитель и нагрузка соответствовали одному и тому же волновому сопротивлению, чего часто не бывает на практике [2].

## Потери рассогласования

Существует и ещё одна причина снижения мощности, поступившей из соединителя в нагрузку в случае рассогласования их волновых сопротивлений. Возникают так называемые «потери рассогласования» (Mismatch Loss). Можно согласиться с автором работы [5], что это термин неудачный и несколько запутывает суть дела. На самом деле это не безвозвратный уход мощности куда-то «на сторону», а всего лишь показатель того, что соединитель, не будучи нагружен на оптимальное волновое сопротивление, не отдаёт в нагрузку всю ту мощность, на которую он способен. То есть это не потери в соединителе, а просто снижение мощности сигнала,

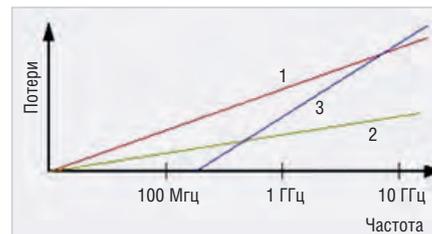


Рис. 3. Потери: 1 – во внутреннем проводнике, 2 – наружном проводнике и 3 – в диэлектрике радиочастотного соединителя

передаваемой соединителем в нагрузку, так как максимальную мощность можно передать, только если сопротивление источника равно сопротивлению нагрузки. Линия передачи, которая оканчивается нагрузкой, волновое сопротивление которой такое же, как у этой линии, не имеет отражений и, следовательно, потерь на рассогласование.

Таким образом, потери рассогласования (Mismatch Loss, ML) – это величина мощности, выраженная в децибелах, которая не будет доступна на выходе соединителя из-за различия волнового сопротивления соединителя и нагрузки:

$$ML \text{ (дБ)} = 10 \log (1 - |\Gamma|^2) \quad (10)$$

или

$$ML \text{ (дБ)} = 10 \log (1 - (КСВН - 1) / (КСВН + 1)^2) \quad (11)$$

Каков же уровень величины потерь рассогласования? Допустим, что соединитель имеет большую величину КСВН, равную 2,1. Рассчитанная по формуле (11) величина потерь рассогласования будет равна 0,584 дБ. При этом возвратные потери будут 9 дБ и отражённая мощность 12,59%. В реальных устройствах потери рассогласования обычно относительно небольшие и не превышают 1 дБ.

Сводные данные о параметрах радиочастотных соединителей представлены американской компанией Marki Microwave (табл. 2) [3]. В табл. 2 показана взаимосвязь возвратных потерь, КСВН, коэффициента отражения, потерь рассогласования, отражённой и переданной мощностей соединителей.

Таблица 2. Параметры радиочастотных соединителей

Возвратные потери, дБ	KСВн	Кэффициент отражения (Г)	Потери рассогласования, дБ	Отражённая мощность, %	Прошедшая мощность, %
1	17,39	0,891	6,868	79,43	20,57
2	8,72	0,794	4,329	63,1	36,9
3	5,85	0,708	3,021	50,12	49,88
4	4,42	0,631	2,205	39,81	60,19
5	3,57	0,562	1,651	31,62	63,38
6	3,01	0,501	1,256	25,12	74,88
7	2,61	0,447	0,967	19,95	80,05
8	2,32	0,398	0,749	15,85	84,15
9	2,1	0,355	0,584	12,59	87,41
10	1,92	0,316	0,458	10	90
11	1,78	0,282	0,359	7,94	92,06
12	1,67	0,251	0,283	6,31	96,84
13	1,58	0,224	0,223	5,01	94,99
14	1,5	0,2	0,176	3,98	96,02
15	1,43	0,178	0,14	3,16	96,84
16	1,33	0,158	0,11	2,51	97,49
17	1,33	0,141	0,088	2	98
18	1,29	0,126	0,069	1,58	98,42
19	1,25	0,112	0,055	1,26	98,74
20	1,22	0,1	0,044	1	99
21	1,2	0,089	0,035	0,79	99,21
22	1,17	0,079	0,027	0,63	99,37
23	1,15	0,071	0,022	0,5	99,5
24	1,13	0,063	0,017	0,4	99,6
25	1,12	0,056	0,014	0,32	99,68
26	1,11	0,05	0,011	0,25	99,75
27	1,09	0,045	0,009	0,2	99,8
28	1,08	0,04	0,007	0,16	99,84
29	1,07	0,035	0,005	0,13	99,87
30	1,07	0,032	0,004	0,1	99,9
31	1,06	0,028	0,003	0,08	99,92
32	1,05	0,025	0,003	0,06	99,94
33	1,05	0,022	0,002	0,05	99,95
34	1,04	0,02	0,002	0,04	99,96
35	1,04	0,018	0,001	0,03	99,97
36	1,03	0,016	0,001	0,03	99,97
37	1,03	0,014	0,001	0,02	99,98
38	1,03	0,013	0,001	0,02	99,98
39	1,02	0,011	0,001	0,01	99,99
40	132	031	0	031	99,99

**Потери в радиочастотных соединителях основных типов**

В настоящее время разработаны радиочастотные соединители более 50 типов, предназначенные для работы в диапазоне частот 0...145 ГГц. Кроме того, соединители имеют много разно-

видностей: с волновым сопротивлением 50 и 75 Ом, вилка и розетка, прямые и угловые, фланцевые панельные и проходные, кабельные под гибкий и полужёсткий кабель, для поверхностного монтажа, выводы энергии и коаксиально-микроросовые переходы. Сое-



Рис. 4. Соединители типа N: 1 – прямая кабельная розетка, 2 – прямая кабельная вилка, 3 – угловая кабельная вилка, 4 – проходная панельная розетка, 5 – фланцевая панельная кабельная розетка, 6 – фланцевый КМПП

динители выпускают несколько сотен зарубежных компаний США, Европы и Юго-Восточной Азии. Электрические параметры соединителя даже одного и того же типа производства разных компаний могут существенно отличаться друг от друга.

Поэтому ограничимся рассмотрением данных о потерях наиболее широко применяемых соединителей СВЧ-диапазона с волновым сопротивлением 50 Ом: N, TNC, SMA, 2,92 мм и SMP, выпускаемых пятью ведущими компаниями, к которым относятся Amphenol (США) [10], Rosenberger (Германия) [11], Koaxis (США) [12], Radiall (Франция) [13] и Cinch Connectivity Solutions (США) [14].

**Соединители N**

Соединители N: кабельные вилка и розетка, прямые, угловые, проходные и фланцевые панельные под гибкий и полужёсткий кабели, выводы энергии и КМПП показаны на рис. 4 [8, 10...15].

Стандартные соединители N имеют предельную частоту 11 ГГц. Предельная рабочая частота соединителей N улучшенной конструкции – 18 ГГц. Величина потерь в соединителях типа N разных конструктивных исполнений приведена в табл. 3.

**Соединители TNC**

Соединители TNC: кабельные вилки и розетки проходные и фланцевые панельные: прямые и угловые под гибкий кабель RG174, RG225, RG316, LMR-100A и полужёсткий кабель 0,086", 0,141" и 0,250", выводы энергии, включая выводы для установки в отверстия печатных плат, а также КМПП показаны на рис. 5 [8].

Предельная частота стандартных соединителей TNC – 11 ГГц, соединителей TNC военного назначения – 18 ГГц. Величина потерь в соединителях TNC разных компаний приведена в табл. 3. Для соединителей TNC военного назначения величина потерь равна 0,06 дБ в диапазоне частот 0...18 ГГц [10].

Таблица 3. Величина потерь в радиочастотных соединителях разных компаний

Тип соединителя	Величина потерь, дБ, соединителей разных компаний (на частоте $f$ , ГГц)				
	Amphenol	Rosenberger	Koaxis	Radiall	Cinch Connectivity Solutions
N	Кабельные. Кабель полужёсткий. Прямые: 0,15 (18), угловые: 0,10 (3), гибкий: 0,30 (9). Выводы энергии, КМПП: 0,15 макс.	Кабельные. Кабель полужёсткий: $\leq 0,05$ , гибкий: $\leq 0,05$ . Выводы энергии, КМПП: $\leq 0,05(8)$	Кабельные. Кабель полужёсткий. Прямые: $0,03\sqrt{f}(0...18)$ , угловые, кабель гибкий: $0,03\sqrt{f}(0...11)$	Кабельные прямые: $\leq 0,05\sqrt{f}$ , угловые: $\leq 0,1\sqrt{f}$ . Выводы энергии, КМПП: $\leq 0,015$	Кабельные. Кабель полужёсткий: $0,05\sqrt{f}$ , гибкие прямые: 0,15 (9), угловые: 0,30 (9)
TNC	Кабельные. Прямые: 0,18 макс. (9), угловые: 0,21 макс. (9). Для соединителей других модификаций: $-0,06\sqrt{f}$	Кабельные: $\leq 0,05$ Выводы энергии. Розетка панельная фланцевая: $0,1\sqrt{f}(0...10)$ , проходная: $0,05\sqrt{f}(0...4)$	Кабельные. Кабель полужёсткий. Прямые: $0,03\sqrt{f}(0...18)$ ; $0,13(18)$ , гибкие: $0,03\sqrt{f}(0...14)$	Кабельные. Прямые, угловые: $0,06\sqrt{f}(0...18)$ . Выводы энергии, КМПП: $\leq 0,06\sqrt{f}(0...18)$ .	Нет данных
SMA	Кабельные. Прямые: 0,1 макс. (18), угловые: 0,3 макс. (18). КМПП: $0,06\sqrt{f}(0...18)$	Кабельные. Кабель полужёсткий: $\leq 0,03\sqrt{f}(0...18)$ , гибкий: $\leq 0,03\sqrt{f}(0...5)$ . КМПП: $0,04\sqrt{f}(0...18)$	Кабельные прямые. Кабель полужёсткий: $0,03\sqrt{f}(0...26,5)$ ; $0,16$ макс. (26,5), гибкие: $0,03\sqrt{f}(0...11)$ , $0,127(11)$	Кабельные. Кабель полужёсткий. Прямые: $0,1(18)$ , угловые: $0,08(12,4)$ , гибкие: $\leq 0,06\sqrt{f}(0...18)$ . Выводы энергии, КМПП: $\leq 0,05\sqrt{f}(0...18)$ .	Кабельные прямые. Кабель полужёсткий: $\leq 0,06\sqrt{f}(0...16)$ , гибкие прямые: $\leq 0,06\sqrt{f}(0...6)$ , угловые: $\leq 0,15\sqrt{f}(0...6)$
2,92 мм	Кабельные. Полуужёсткий кабель $0,086''$ : $0,03\sqrt{f}(0...11)$	Кабельные. Кабель полужёсткий. Прямая вилка, розетка: $0,04\sqrt{f}(0...40)$	Кабельные вилки и прямые, проходные и панельные розетки. Кабель полужёсткий: $0,03\sqrt{f}(0...40)$	Кабельные, кабель полужёсткий. Выводы энергии, КМПП: $0,03\sqrt{f}(0...40)$	Прямые кабельные вилки и розетки под полужёсткий кабель: $\leq 0,06\sqrt{f}(0...40)$ , КМПП: $\leq 0,06\sqrt{f}(0...40)$
SMP	Кабельные прямые, выводы, адаптеры «bullet»: $0,1\sqrt{f}(0...40)$ , угловые: $0,12\sqrt{f}(0...26,5)$	Кабельные прямые, выводы, адаптеры «bullet»: $0,1\sqrt{f}$ , вилка кабельная угловая, вилки для монтажа на печатную плату: $0,05\sqrt{f}(0...26,5)$	Кабельные. Кабель полужёсткий. Прямые: $0,03(0...40)$ , угловые: $0,03(0...18)$	Кабельные. Прямые, адаптеры «bullet»: $0,12\sqrt{f}(0...40)$ , угловые: $0,12\sqrt{f}(0...26,5)$	Кабельные розетки под полужёсткий кабель. Прямые: $\leq 0,12\sqrt{f}(0...40)$ , угловые: $\leq 0,12\sqrt{f}(0...26,5)$



Рис. 5. Соединители TNC: 1 – прямая кабельная розетка, 2 – прямая кабельная вилка, 3 – угловая кабельная вилка, 4 – проходная панельная розетка, 5 – фланцевая панельная кабельная розетка, 6 – КМПП



Рис. 6. Соединители SMA: 1 – прямая кабельная вилка, 2 – угловая кабельная вилка, 3 – проходная кабельная розетка, 4 – КМПП, 5 – угловой вывод энергии розетка, 6 – вывод энергии розетка для поверхностного монтажа

**Соединители SMA**

Предельная рабочая частота стандартных соединителей SMA – 18 ГГц. Соединители SMA улучшенной конструкции имеют предельную частоту 26...27 ГГц и даже 34 ГГц [15]. Соединители SMA улучшенной конструкции в настоящее время выпускают несколько десятков зарубежных компаний. Внешний вид соединителей SMA разных конструктивных исполнений показан на рис. 6, а величина

на потерь в них приведена в табл. 3 [10...14].

**Соединители 2,92 мм**

Прецизионные резьбовые соединители 2,92 мм (другое название – соединители К, SMK) имеют предельную рабочую частоту 40 ГГц. Предельная теоретическая частота этих соединителей равна 45 ГГц. Внешний вид соединителей 2,92 мм разных конструктивных исполнений показан на рис. 7,

а величина потерь в них приведена в таблице 2 [10...14].

**Соединители SMP**

Создание компанией Gilbert Corning (США) в 1980-х годах соединителей SMP ознаменовало собой освоение миллиметрового диапазона длин волн микроминиатюрными радиочастотными соединителями, работающими по принципу защелкивания (Push-On, Snap-On). Благодаря миниатюрности и



Рис. 7. Соединители 2,92 мм: 1 – розетка кабельная под полужёсткий кабель, 2 – вилка кабельная под полужёсткий кабель, 3 – вилка кабельная угловая под полужёсткий кабель, 4 – КМПП розетка, 5 – фланцевый вывод энергии розетка, 6 – концевая розетка для установки на печатную плату

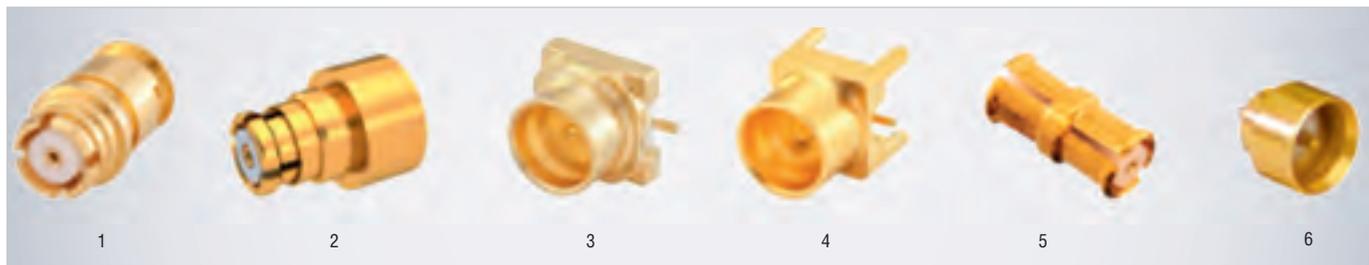


Рис. 7. Соединители 2,92 мм: 1 – розетка кабельная под полужёсткий кабель, 2 – вилка кабельная под полужёсткий кабель, 3 – вилка кабельная угловая под полужёсткий кабель, 4 – КМПП розетка, 5 – фланцевый вывод энергии розетка, 6 – концевая розетка для установки на печатную плату

высоким электрическим параметрам (предельная частота 40 ГГц) эти соединители нашли применение в сложных многофункциональных СВЧ-модулях с высокой плотностью компоновки [7]. Внешний вид соединителей SMA разных конструктивных исполнений показан на рис. 8, а величина потерь в них приведена в табл. 2 [10...14].

### Обсуждение результатов

Величина вносимых потерь, характеризующая степень потери мощности СВЧ-сигнала при его прохождении в соединителе, наряду с КСВН является важнейшим параметром радиочастотных соединителей. Однако оказалось, что не так просто найти пять компаний (а их в мире более сотни), которые в спецификациях на выпускаемые соединители всех выбранных нами типов привели этот параметр. Величины вносимых потерь зарубежных соединителей разных компаний значительно отличаются. Это связано с разным частотным диапазоном измерения и методикой измерения потерь.

Величина потерь прямо пропорциональна корню квадратному из частоты, поэтому в соединителях миллиметрового диапазона длин волн (2,92 мм и SMP) потери больше, чем у соединителей с меньшей предельной частотой (N, TNC, SMA). Общий вывод из анализа данных табл. 3 состоит в том, что в соединителях СВЧ-диапазона потери составляют несколько десятых долей децибела. При типичной величине потерь радиочастотного соединителя

0,25 дБ переданная соединителем мощность сигнала равна 94,3% от величины входящей в него мощности.

### Заключение

Радиочастотные соединители широко применяют в системах связи, вещания, в измерительном и испытательном оборудовании, в различных коммерческих и военных системах. При выборе соединителя необходимо учитывать один из его основных электрических параметров – величину вносимых потерь в рабочем диапазоне частот. Однако этот параметр нередко отсутствует в спецификациях на зарубежные радиочастотные соединители. В действующем отечественном стандарте ГОСТ 20465-85 «Соединители радиочастотные коаксиальные. Общие технические условия» также нет требования к величине вносимых потерь в радиочастотных соединителях.

Отсутствие этого параметра в спецификациях на радиочастотные соединители трудно объяснить, так как его определяют одновременно с КСВН соединителя при измерениях с помощью векторного анализатора цепей.

### Литература

1. Insertion Loss vs. Return Loss: Signal Transmission and Reflection. Cadence PCB Solutions Cadence Design Systems, Inc. // URL: <https://www.cadence.com>.
2. Understanding Cable & Antenna Analysis White Paper // URL: <https://dataedge.ie>.
3. Marki Microwave RF & Microwave. Return Loss to VSWR Conversion Table.

4. IEC 61169-1-2:2019 – Radio-frequency connectors // URL: <https://standards.iteh.ai/catalog>.
5. *Завалин И.* Проблемы высокоскоростной передачи данных. Соединители стандарта VPX. Требования к высокоскоростной передаче данных // Вестник электроники. 2018. № 1(61).
6. *Андросов А.В., Джурицкий К.Б.* Герметичные СВЧ-вводы для микроэлектроники. Ч. 2. Электрические параметры СВЧ-вводов и методика их измерения «Электроника» // НТБ. 2013. № 5 (00127). С. 84–90.
7. *Джурицкий К.Б.* Современные радиочастотные соединители и помехоподавляющие фильтры / под ред. д.т.н. А.А. Борисова. СПб.: Изд-во ЗАО «Медиа Группа Файнстрит», 2014. 426 с.
8. *Джурицкий К.Б.* Покрытия радиочастотных соединителей // Современная электроника. 2020. № 3. С. 30–41.
9. *Cabak J.* RF Connectors and Cables, June 9, 2014 // URL: <https://www.rfcafe.com>.
10. Amphenol RF: RF Coaxial Connectors, Adapters and Cable // URL: <https://www.amphenolrf.com>.
11. Rosenberger Product Catalog // URL: <https://products.rosenberger.com>.
12. Coaxial RF Connectors – Koaxis // URL: <https://koaxis.com>.
13. RF Coaxial Connectors Catalogs | Radiall // URL: <https://www.radiall.com>.
14. RF & Microwave Connectors & Cable Assemblies – Bel Fuse // <https://www.belfuse.com>.
15. *Джурицкий К.Б.* Соединители SMA с предельной частотой до 34 ГГц. Эволюция продолжается // Современная электроника. 2021. № 4. С. 32–35.



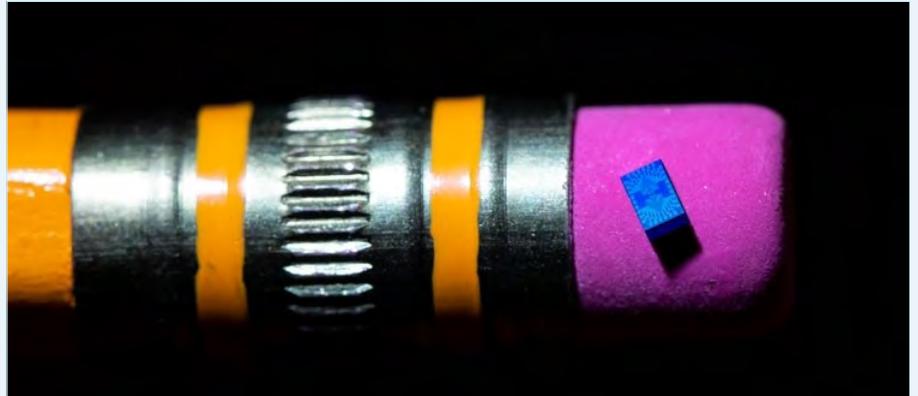
## НОВОСТИ МИРА

## INTEL ОБЪЯВИЛА О ГОТОВНОСТИ К МАССОВОМУ ПРОИЗВОДСТВУ КВАНТОВЫХ ПРОЦЕССОРОВ НА КРЕМНИЕВЫХ КУБИТАХ

Компания Intel совместно с нидерландским исследовательским центром QuTech добилась промышленного уровня производства квантовых процессоров на кремниевых кубитах. Прорыв совершён на предприятии компании Intel D1 в Хиллсборо, штат Орегон. Процессоры производятся с использованием классических КМОП-техпроцессов на 300-мм подложках с высочайшим уровнем выхода годных чипов – более 95 %.

С каждой пластины получается до 10 тыс. квантовых процессоров – этого хватит для удовлетворения любых нужд в новинке. Компания не уточняет, сколько кубитов в составе процессора и как он организован (линейный массив или объёмный). Ранее Intel на заводе D1 в Хиллсборо выпускала процессоры из одного и двух кремниевых кубитов и планировала представить 7- и 17-кубитовые сборки.

Квантовые процессоры Intel и QuTech выпускаются на изотопно-чистых кремниевых



пластинах. На роль кубитов выбраны электроны, спины которых (собственный момент импульса) находятся в состоянии квантовой суперпозиции. Спины одновременно ориентированы во всех направлениях и могут быть с определённой вероятностью идентифицированы как 1, 0 и все промежуточные состояния, что экспоненциально ускоряет определённые расчёты.

Компания Intel вместе со специалистами QuTech уже показала способность предложенных партнёрами квантовых процессоров выполнять произвольные алгоритмы, что

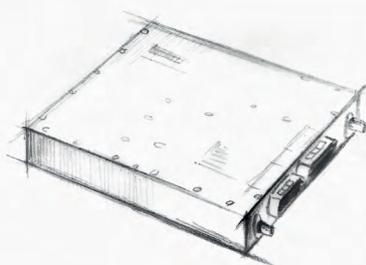
обещает появление универсальных квантовых компьютеров.

«Квантовые вычисления способны обеспечить экспоненциальную производительность для определённых приложений в области высокопроизводительных вычислений, – сказал Джеймс Кларк (James Clarke), директор по квантовому оборудованию Intel. – Наше исследование доказывает, что полномасштабный квантовый компьютер не только достижим, но и может быть произведён на современной фабрике по производству чипов».

3dnews.ru

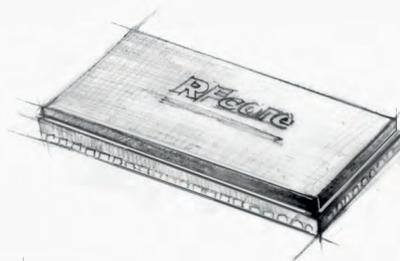


## НОВЫЕ МОЩНОСТИ — НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ



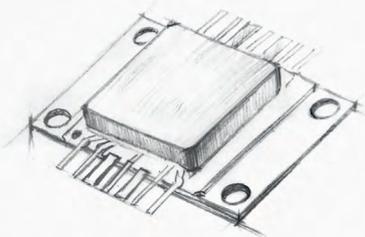
### СВЧ-усилители мощности

- Диапазон частот: от HF до Ku
- Выходная мощность: 2...1000 Вт
- Типовое усиление: 25...65 дБ
- Рабочее напряжение: 28, 40 В



### Многофункциональные CMOS MMIC

- Диапазон частот: S, C, X, Ku
- Выходная мощность: до 15 Вт
- Исполнение: QFN-корпус



### GaN и GaAs MMIC

- Диапазон частот: 2...18 ГГц
- Выходная мощность: до 12 Вт
- Типовое усиление: 10...23 дБ
- Исполнение: QFN-корпус/кристалл

**PROCHIP**  
POWERED BY PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА  
(495) 232-2522 ■ INFO@PROCHIP.RU ■ WWW.PROCHIP.RU

PROCHIP

# Радиационно-стойкие неизолированные импульсные стабилизаторы напряжения для локального преобразования энергии

Виктор Безродный

В статье представлены радиационно-стойкие неизолированные преобразователи напряжения с низкими значениями выходных напряжений, предназначенные для размещения в непосредственной близости от нагрузки (Point-of-Load, POL) с существенным переходным током. Преобразователи разработаны и производятся китайской компанией, входящей в Китайскую корпорацию электронных технологий (China Electronics Technology Group Corporation – CETC) и предназначены для применения в распределённых системах электропитания бортовой аппаратуры авиационной и космической техники.

Повышение производительности систем обработки и передачи информации в современной бортовой авиационно-космической аппаратуре требует применений микросхем цифровых сигнальных процессоров, FPGA, микросхем памяти, которым требуются низкие напряжения питания от 0,8 до 3,3 В. При этом предъявляются весьма жёсткие требования к стабильности напряжения, так как напряжение меньше требуемого может привести к снижению быстродействия транзисторов логических схем. Кроме того, при переходе цифровых схем от условий обработки при низкой производительности к условиям при высокой производительности возникают значительные переходные процессы в токе нагрузки. Импеданс электрической сети может вызвать задержку при обеспечении переходного тока, что приведёт к выходу напряжения за пределы допустимого для обеспечения нормальной рабо-

ты цифровых нагрузок. Существенно снизить влияние распределённой сети позволяет размещение источников питания в непосредственной близости от нагрузки (Point-of-load, POL). Неизолированные POL-преобразователи напряжения подключаются к промежуточной шине напряжения с номиналом 5 или 12 В, которая формируется мощным преобразователем. Системы питания с промежуточной шиной широко применяются в телекоммуникационном и сетевом оборудовании, автомобильном транспорте. Применение распределённой системы электропитания позволяет управлять включением или отключением некоторых локальных узлов электронного оборудования для уменьшения общего потребления электроэнергии. Для обеспечения длительных сроков функционирования аппаратуры ракетно-космической техники к элементной базе предъявляются исключительно высокие требования к надёж-

ности и стойкости к специфическим дестабилизирующим факторам космического пространства. Особенно важно обеспечить стойкость элементной базы бортовой аппаратуры к воздействию ионизирующих излучений космического пространства по дозовым и одиночным эффектам.

Для применений в распределённых системах электропитания современных цифровых устройств аппаратуры космических аппаратов компанией предлагаются неизолированные радиационно-стойкие преобразователи напряжения с различными выходными токами. Рассмотрим недавно представленные модули питания типа POL HNFA0510SS и HNFA0516SS, созданные по гибридно-плёночной технологии. Хорошие динамические характеристики регулировки выходного напряжения и номинальные значения выходного тока 10 А (HNFA0510SS) и 16 А (HNFA0516SS) обеспечивают полное соответствие требованиям к электропитанию нового поколения FPGA (Field-Programmable Gate Array) Vertex-7. Для обеспечения FPGA питанием необходимо несколько различных низковольтных шин питания с различными требованиями к напряжению и току. Чтобы избежать повреждения FPGA, эти шины должны включаться и выключаться в определённой последовательности. Преобразователи HNFA0510SS и HNFA0516SS выполнены по одинаковой схеме, имеют аналогичные функциональные параметры и отличаются только значениями выходного тока.

## Общие характеристики неизолированных стабилизаторов напряжения HNFA0516SS и HNFA0510SS

- Диапазон входного напряжения от 4,5 до 5,5 В, номинальное значение 5 В.
- Выходное напряжение от 0,8 до 3,3 В (регулируемое).
- Выходной ток 16 А (10 А для HNFA0510SS);
- КПД до 94%.
- Удельная мощность 150 Вт/дюйм<sup>3</sup> (93 Вт/дюйм<sup>3</sup> для HNFA0510SS).

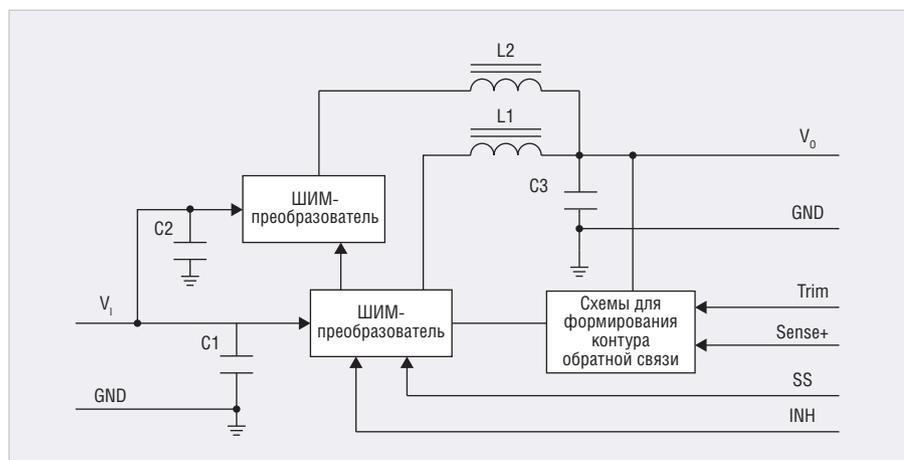


Рис. 1. Структурная схема преобразователей напряжения HNFA0510SS и HNFA0516SS



Рис. 2. Внешний вид конструкции модуля преобразователя напряжения HNFA0516SS

- Структура: понижающий Виск-преобразователь.
- Частота преобразования: фиксированная частота от 395 до 585 кГц, типичное значение 500 кГц.
- Сервисные функции: защита от короткого замыкания, дистанционное включение/выключение.
- Диапазон рабочей температуры от  $-55$  до  $+125^{\circ}\text{C}$  (основание корпуса).
- Габаритные размеры:  $27,07 \times 27,07 \times 7,81$  мм ( $27,57 \times 27,57 \times 8,9$  мм HNTA0510SS).
- Масса:  $17$  г ( $\leq 20$  г HNTA0510SS).
- Суммарная накопленная доза  $100$  крад.
- Стойкость к воздействию тяжёлых заряженных частиц с линейными потерями энергии (ЛПЭ)  $75$  МэВ·см<sup>2</sup>/мг.
- Значение MTBF  $3 \times 10^6$  час, рассчитано для условий орбитального космического полёта (SF) при температуре корпуса  $+25^{\circ}\text{C}$ .

Функциональная структурная схема преобразователей показана на рис. 1.

Для формирования сдвоенной схемы понижающего Виск-преобразователя с параллельной чередующейся схемой используются два кристалла RS0508BCD. Кристалл RS0508BCD объединяет радиационно-стойкие силовые МОП-транзисторы и схемы управления. Сдвоенный чередующийся параллельный выход обеспечивает номинальное значение тока нагрузки  $16$  А ( $10$  А для HNTA0510SS). Преимуществом подобной схемы является то, что можно избежать концентрации внутренней рассеиваемой тепловой мощности источника питания, распределить тепло более равномерно на поверхности основания корпуса и получить в то же время лучшие динамические характеристики, чтобы полностью соответствовать строгим требованиям к электропитанию FPGA V7.

Конструктивно преобразователь выполнен в корпусе из высокока-

Таблица 1. Тепловые сопротивления неизолированных преобразователей

Модель	Внутреннее тепловое сопротивление, $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$	Размер тепловода, мм	Рассеиваемая мощность, Вт	Материал тепловода
HNFA0516SS	2,82	240×100×2	7,2	Медь
HNTA0510SS	2,52	240×100×2	3,3	Медь

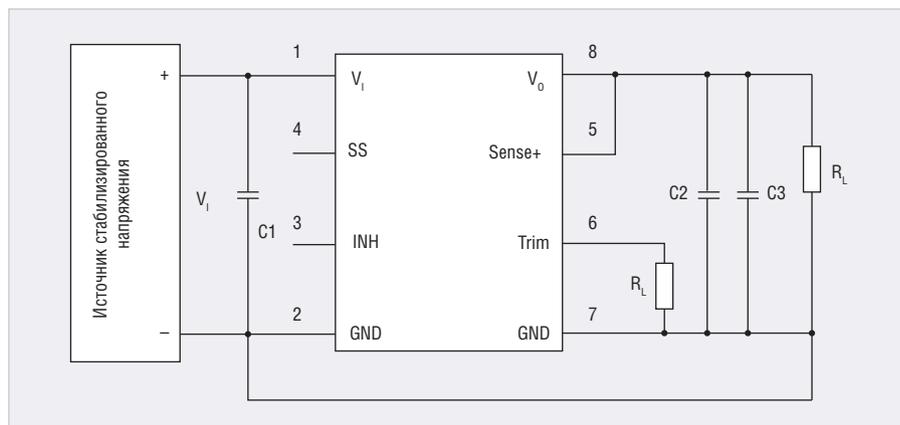


Рис. 3. Типовая схема подключения преобразователя напряжения

чественной холоднокатаной стали. Крышка приваривается с применением энергосберегающей технологии. Металлический корпус преобразователей имеет высокое значение теплопроводности. В табл. 1 приведены тепловые сопротивления модулей, выраженные в  $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$  рассеиваемой мощности. Для поддержания температуры корпуса ниже  $+125^{\circ}\text{C}$  должен использоваться дополнительный теплоотвод. Значение теплового сопротивления используется для определения температуры перегрева модуля относительно окружающей среды и определения температуры окружающей среды, при которой модуль может работать без радиатора. Внешний вид модуля HNFA0516SS показан на рис. 2.

Типовая схема подключения преобразователя приведена на рис. 3.

Рассмотрим назначение выводов преобразователей напряжения и сервисные функции.

#### Мягкий запуск

Подключением конденсатора  $C_{SS}$  между выводами SS (Soft Start) и GND можно управлять скоростью нарастания выходного напряжения  $V_{OUT}$  для осуществления функции мягкого запуска, который используется для предотвращения выброса выходного напряжения, что может вызывать возникновение тока перегрузки на шине электропитания. Внутри корпуса стабилизатора между выводом SS и GND установлен конденсатор ёмкостью  $22$  нФ. Когда к выводу SS не подключён внеш-

ний конденсатор, время установления напряжения на выходе составляет около  $3,1$  мс. В том случае, когда необходимо увеличить время установления выходного напряжения, необходимо добавить внешний конденсатор. Время установления выходного напряжения может быть определено по следующей формуле:

$$t_{ss} = V_{REF} \times (C_{SS} + 22 \text{ нФ}) / I_{SS}, \quad (1)$$

где  $C_{SS}$  – значение ёмкости конденсатора для задания времени запуска в нФ;  $V_{REF}$  – опорное напряжение, типичное значение  $0,792$  В;  $I_{SS}$  – выходной ток из вывода SS, типичное значение  $5,6$  мкА.

#### Управление включением/выключением

Вывод INH предназначен для организации внешнего управления включением/выключением модуля источника питания. Входная схема командного входа дистанционного включения/выключения внутри преобразователя приведена на рис. 4.

Вывод INH подключён к шине питающего напряжения через «вытягивающий» резистор  $100$  кОм ( $R_1$ ), установленный внутри модуля преобразователя. Уровень напряжения на входе INH может управляться внешним переключателем S. Когда ключ S замкнут, и уровень сигнала низкий ( $< 0,5$  В), устройство прекращает работу, и выходное напряжение не формируется; когда S разомкнут, уровень напряжения на входе INH высокий, и модуль работает в нормальном режиме и формирует выходное напряжение.

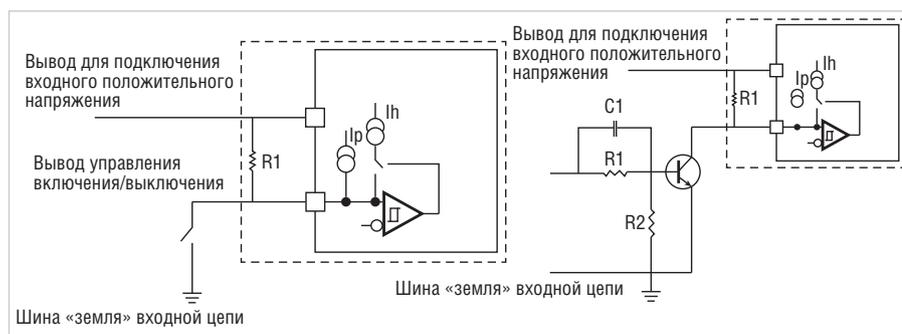


Рис. 4. Схема подключения вывода управления включением/выключением модуля INN

Таблица 3. Динамические характеристики модуля HNFA0516SS

Параметр	Условия	Минимальный предел	Максимальный предел
Изменение выходного напряжения при изменении нагрузки (пиковое)	$V_o = 3,3 \text{ В}; I_o = 8 \text{ А} \rightarrow 6 \text{ А}$ или $I_o = 16 \text{ А} \rightarrow 8 \text{ А}$	-300 мВ	+300 мВ
Время восстановления выходного напряжения при изменении нагрузки	$V_o = 3,3 \text{ В}; I_o = 8 \text{ А} \rightarrow 6 \text{ А}$ или $I_o = 16 \text{ А} \rightarrow 8 \text{ А}$		350 мкс
Задержка появления выходного напряжения	$V_i 0 \rightarrow 5 \text{ В};$ $V_o = 3,3 \text{ В}; I_o = 16 \text{ А}$		5 мс

Таблица 4. Динамические характеристики модуля HNFA0510SS

Параметр	Условия	Минимальный предел	Максимальный предел
Изменение выходного напряжения при изменении нагрузки (пиковое)	$V_o = 3,3 \text{ В}; I_o = 5 \text{ А} \rightarrow 10 \text{ А}$ или $I_o = 10 \text{ А} \rightarrow 5 \text{ А}$	-250 мВ	+250 мВ
Время восстановления выходного напряжения при изменении нагрузки	$V_o = 3,3 \text{ В}; I_o = 5 \text{ А} \rightarrow 10 \text{ А}$ или $I_o = 10 \text{ А} \rightarrow 5 \text{ А}$		250 мкс
Задержка появления выходного напряжения	$V_i 0 \rightarrow 5 \text{ В};$ $V_o = 3,3 \text{ В}; I_o = 10 \text{ А}$		5 мс

В том случае, когда нет необходимости в использовании функции управления включением/выключением модуля, вывод INN оставляют «плавающим» или подключают к шине входного напряжения через резистор с номинальным значением 10...100 кОм. Необходимо отметить, что значение напряжения на выводе INN не должно превышать 5,5 В.

Резисторы R1 и R2 делят входное напряжение так, чтобы напряжение на выводе INN находилось в приемлемом диапазоне. Сопротивление R2 должно быть рассчитано и выбрано в сочетании с наивысшим и наименьшим входным напряжением. Сопротивление R2 не должно быть слишком маленьким. Когда входное напряжение имеет наименьшее значение, необходимо удостовериться, что напряжение на выводе INN после деления напряжения имеет значение не менее чем 1,18 В. Когда входное напряжение имеет наивысшее значение, необходимо убедиться, что напряжение на выводе INN после деления напряжения не выше чем 5,5 В. Рекомендуется выбирать резистор R2 с номинальным значением 39 кОм. Когда входное напряжение имеет значение

4,5 В, уровень напряжения на выводе INN около 1,26 В; когда входное напряжение 6 В, напряжение на выводе INN будет примерно 1,68 В.

**Регулировка выходного напряжения**

Регулировкой сопротивления резистора между выводом TRIM и землёй могут быть получены различные выходные напряжения.

В табл. 2 приведены значения выходного напряжения в зависимости от значения резистора  $R_{TR}$ .

**Выборка выходного напряжения**

Вывод SENSE предназначен для выборки (замера) выходного напряжения. Как правило, вывод SENSE и вывод выходного напряжения  $V_o$  соединяются наиболее возможным коротким проводником для обеспечения стабильного напряжения на выводе  $V_o$  (вывод 8). Когда выходной ток относительно большой, а источник питания расположен далеко от электрической нагрузки, для исключения падения напряжения, вызванного паразитным импедансом соединительной линии,

Таблица 2. Значения выходного напряжения в зависимости от регулировочного сопротивления

Выходное напряжение, $V_o$ , В	RTR, кОм, эталонное значение
3,298	0,75
2,514	2,2
1,788	5,6
1,546	8,2
1,230	16
1,006	36
0,8	Сопротивление не подключено

можно использовать функцию внешней обратной связи, подключив вывод SENSE непосредственно к входному контакту удалённой нагрузки для обеспечения стабильного напряжения на выводе удалённой нагрузки. Необходимо обратить внимание, что, когда соединительная линия между источником питания и нагрузкой протяжённая, требуется предотвратить влияние на проводник SENSE для предотвращения колебаний выходного напряжения.

**Выводы входного и выходного напряжения**

Для нормальной работы преобразователя к выводу  $V_i$  должен быть подключён конденсатор определённой ёмкости. Рекомендуется применять полимерные танталовые конденсаторы с низким эквивалентным последовательным сопротивлением (ESR). Ёмкость танталового конденсатора должна быть от 100 до 470 мкФ. Входной конденсатор должен быть размещён как можно ближе к выводам  $V_i$  и GND.

Внутри модуля на выходе установлен конденсатор фильтра 330 мкФ, но, когда источник питания обеспечивает питанием FPGA, выходной ток модуля преобразователя будет вызывать относительно большие колебания напряжения, для снижения колебаний выходного напряжения рекомендуется также устанавливать определённый танталовый конденсатор на выходном выводе  $V_o$ . Рекомендуется применять полимерные танталовые конденсаторы с низким значением ESR, подобным входным конденсаторам. Один танталовый конденсатор может иметь ёмкость от 100 до 680 мкФ. Добавление нескольких керамических конденсаторов улучшит подавление пульсаций. Рекомендуемые ёмкости керамических конденсаторов от 1 до 22 мкФ. Общая ёмкость внешнего выходного конденсатора должна быть в диапазоне от 100 до 5000 мкФ.

Особенности танталовых и керамических конденсаторов, используемых в схемах источников питания и силовых преобразователях, рассмотрены в статье [1].

**Динамические характеристики**

Импульсное электропотребление современных цифровых устройств предъявляет к преобразователям напряжения жёсткие требования по качеству выходного напряжения при скачкообразном изменении выходного тока.

В табл. 3 и 4 приведены динамические характеристики модулей преобразователей напряжения HNFA0516SS и HNFA0510SS. Размах изменения нагрузки задан в диапазоне 50%.

Для объективной оценки качества обработки преобразователями напряжения импульсной нагрузки в конкретном практическом приложении необходимо запрашивать требуемую информацию у производителя.

**Типичные параметрические графики**

**Пульсации в устойчивом состоянии**

При установленных на выходе дополнительных танталовых конденсаторах 330 мкФ и двух керамических конденсаторах 1 мкФ пульсация выходного напряжения составляет 7,8 мВ при выходном напряжении 1 В и токе нагрузки 8 А, и 10,8 мВ при токе нагрузки 16 А и комнатной температуре. На рис. 5 и 6 показаны пульсации выходного напряжения преобразователя HNFA0516SS при разных токах нагрузки.

Зависимость КПД преобразователя HNFA0516SS от тока нагрузки при различных выходных напряжениях и температурах корпуса +25°C, +55°C и +125°C показаны на рис. 7...9. Значение КПД снижается при уменьшении выходного напряжения и повышении температуры корпуса.

Обеспечение оптимального теплового режима позволяет достичь приемлемого срока функционирования устройства, так как повышенная температура увеличивает интенсивность отказов компонентов. Интенсивность отказов удваивается с увеличением температуры на каждые +15°C. Зависимость среднего времени наработки до отказа от температуры для преобразователя напряжения HNFA0516SS представлена на рис. 10.

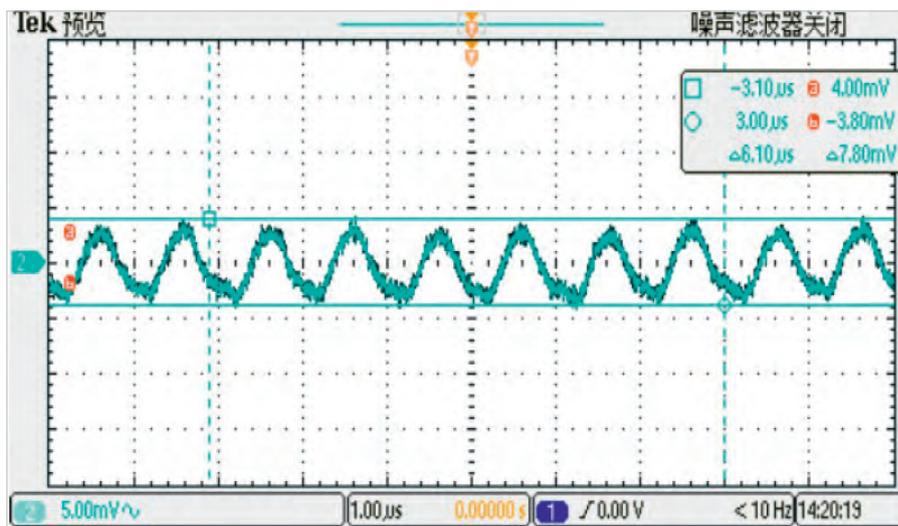


Рис. 5. Пульсация выходного напряжения HNFA0516SS при выходном напряжении  $V_0 = 1$  В, токе нагрузки  $I_0 = 8$  А, входное напряжение  $V_I = 5$  В;  $T = +25^\circ$

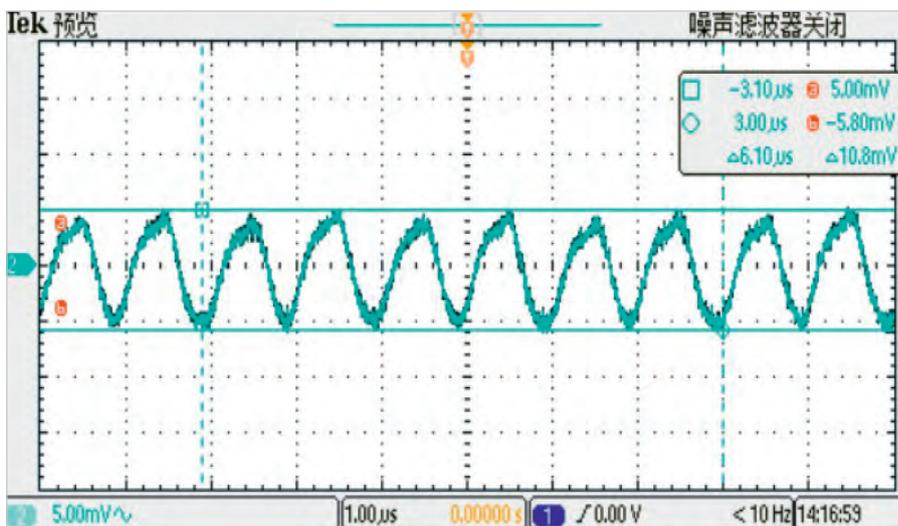


Рис. 6. Пульсация выходного напряжения модуля HNFA0516S при выходном напряжении  $V_0 = 1$  В, токе нагрузки  $I_0 = 16$  А, входном напряжении  $V_I = 5$  В;  $T = +25^\circ$

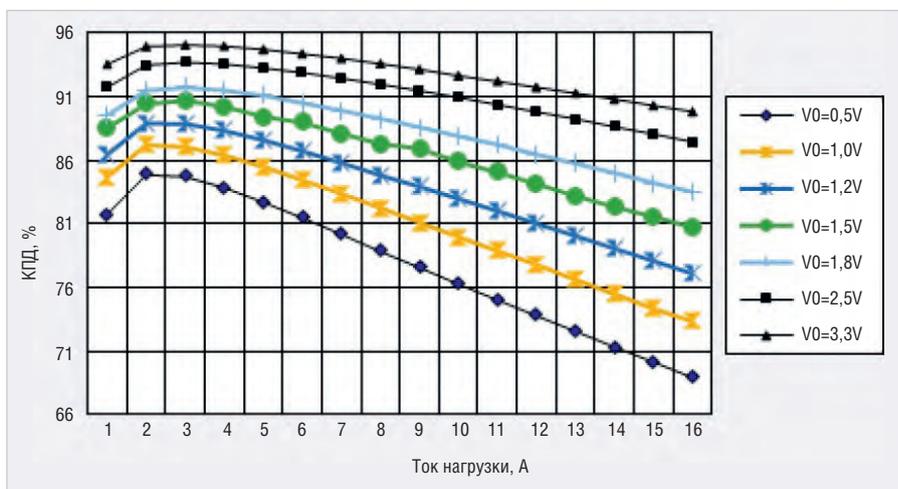


Рис. 7. Зависимость КПД от тока нагрузки при различных выходных напряжениях (температура корпуса 25°C,  $V_I = 5$  В)

**Защита от короткого замыкания**

При коротком замыкании нагрузки модуль переходит в режим защиты.

В это время выходное напряжение снижается до значения менее 0,5 В, потребляемая мощность в режиме короткого

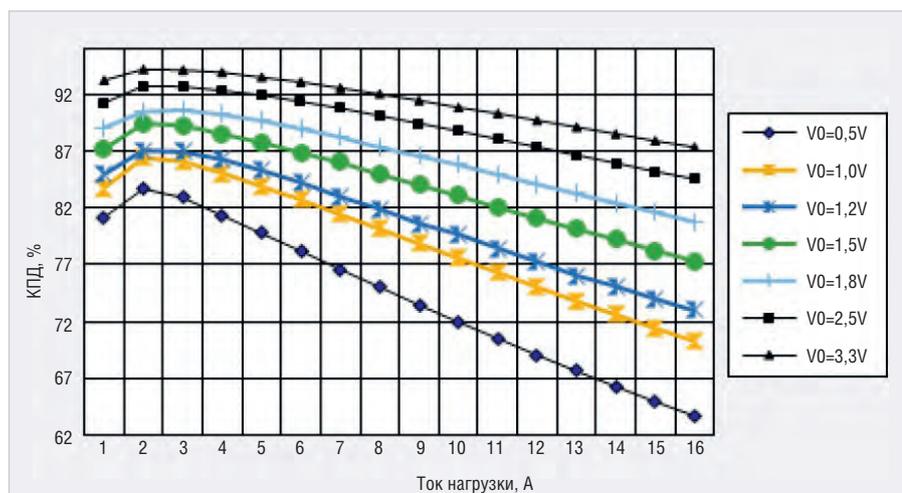


Рис. 8. Зависимость КПД от тока нагрузки при различных выходных напряжениях (температура корпуса +125°C, V = 5 В)

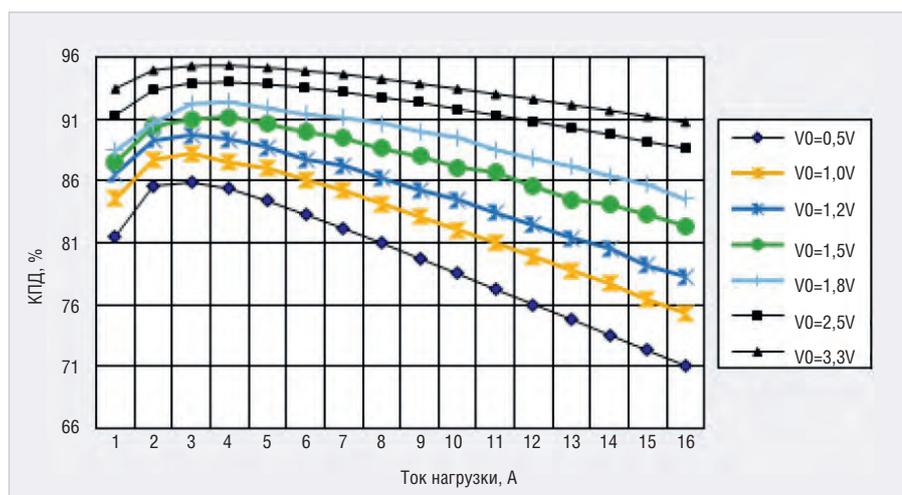


Рис. 9. Зависимость КПД от тока нагрузки при различных выходных напряжениях (температура корпуса +55°C, V = 5 В)

замыкания около 20 Вт, а режим короткого замыкания не может превышать 1 минуты. Длительное короткое замыкание запустит защиту от перегрева. Вышеприведенные параметры измерены у основания вывода выходного напряжения корпуса преобразователя при комнатной температуре окружающей среды. В том случае, если точка короткого замыкания находится на дальнем конце соединительной линии, а выходное напряжение зависит от импеданса соединительного проводника, выходное напряжение в этом случае будет выше 0,5 В.

### Безопасная рабочая область при воздействии одиночных заряженных частиц

График безопасной работы преобразователей при воздействии одиночных заряженных частиц для различных выходных напряжений и токов представлен на рис. 11.

При испытаниях на циклотроне для получения ЛПЭ = 99,8 МэВ·см<sup>2</sup>/мг использовались ионы Вi, для ЛПЭ = 81,4 МэВ·см<sup>2</sup>/мг использовались ионы Та, для ЛПЭ = 65 МэВ·см<sup>2</sup>/мг использовались ионы Хе. Стойкость преобразователя к воздействию одиночных тяжёлых заряженных частиц зависит от режима работы.

### Параллельная работа двух модулей

Повышение производительности программируемых пользователем матриц (Field-Programmable Gate Array, FPGA) требует дальнейшего повышения тока источника питания. Когда выходной ток 16 А не может удовлетворить фактическое требование конкретного применения, для получения большего значения выходного тока два модуля HNFA0516SS могут быть включены параллельно, а параллельное соединение может быть реализо-

вано применением метода гасящего сопротивления.

К каждому выходному выводу модулей устанавливаются последовательно сопротивления (Rp1 и Rp2 в схеме рис. 12). Номинальные значения резисторов должны быть 2,5 мОм для симметрирования импеданса проводников и уменьшения протекающего тока в режиме холостого хода. При компоновке и выборе монтажных соединений необходимо использовать симметричную схему, обеспечить одинаковую ширину и длину проводника конца соединения на печатной плате с резистором. На дополнительных резисторах будет определено падение напряжения. Например, когда общий выходной ток 24 А, на каждом выходе будет ток 12 А, протекающий через сопротивление 2,5 мОм. Падение напряжения сформировано на резисторе 30 мВ, поэтому значение сопротивления должно быть выбрано в соответствии с фактическим выходным током и приемлемым падением напряжения.

При параллельном соединении модулей напряжение Vsense не может осуществлять функционирование внешней обратной связи, и вывод SENSE каждого канала должен быть подключён к входному концу резисторов Rp1 и Rp2 соответственно.

Для минимизации импеданса проводников печатной платы необходимо установить модуль как можно ближе к корпусу FPGA. Так как измерительная точка выходного напряжения замкнутой обратной связи находится в начале измерительного сопротивления, разумным является обеспечить стабильность напряжения в точках выборки Vout1 и Vout2. В том случае, когда импеданс проводников печатной платы слишком большой, это вызовет падение напряжения, и действительное напряжение на нагрузке уменьшится. Колебание диапазона напряжения за пределами порога может повлиять на производительность FPGA. При компоновке и выборе проводников количество переходных отверстий должно быть увеличенным, насколько это возможно, импеданс линии может быть уменьшен использованием таких методов проектирования, как применение силовых сплошных плоскостей в печатной плате.

### Обеспечение нормального теплового режима работы

#### Определение пути отвода тепла

При преобразовании напряжения некоторое количество энергии будет теряться.

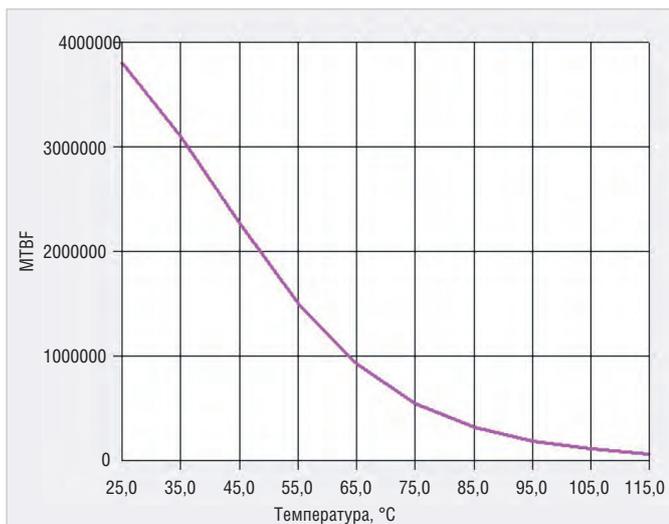


Рис. 10. Зависимость MTBF от температуры для условий орбитального космического полёта (SF)

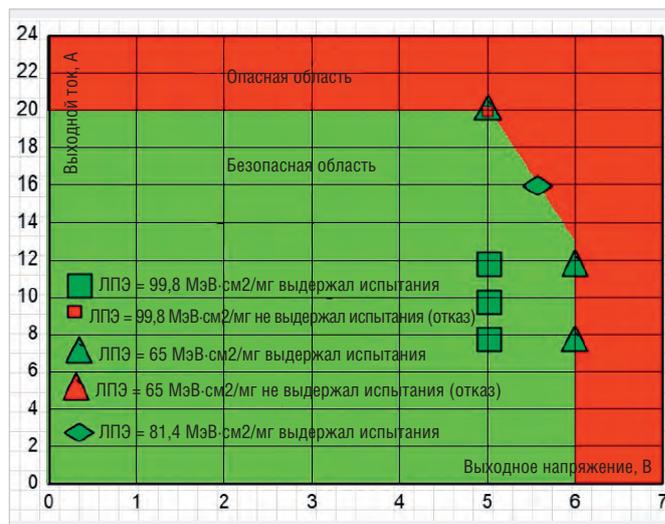


Рис. 11. Область безопасной работы при различных выходных напряжениях и токах при воздействии одиночных заряженных частиц

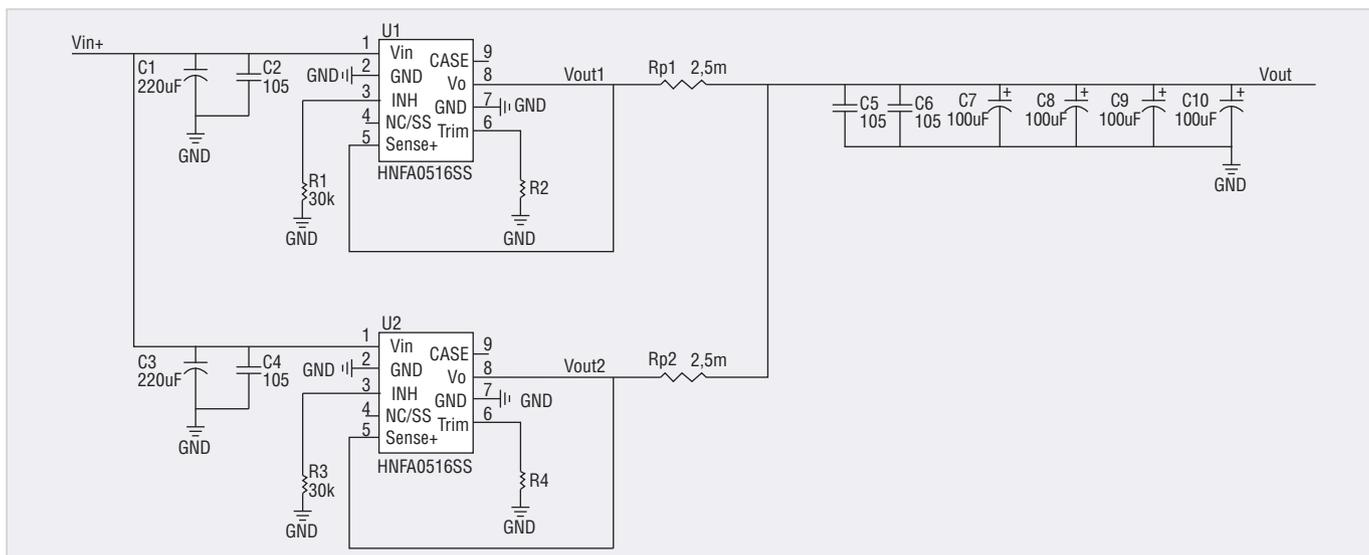


Рис. 12. Принципиальная схема параллельного соединения двух модулей HNFA0516SS

Часть энергии преобразуется в тепловую мощность. Поэтому должны быть сделаны определённые измерения рассеиваемой мощности, чтобы гарантировать, что температура перехода внутри устройства находится в безопасном диапазоне.

На рис. 13 показана типичная внутренняя конструкция гибридного толстоплёночного источника питания. Кристаллы непосредственно привариваются к керамической подложке, смонтированной в металлическом корпусе (обычно из ковара) к основанию корпуса. Тепло генерируется при работе кристалла, и, в конечном счёте, тепло проводится через основание корпуса керамической подложки устройства. Из внутренней конструкции источника, выполненного по гибридно-плёночной технологии, следует, что основание корпуса является наиболее эффективным

местом для рассеивания тепла, и тепло должно отводиться непосредственно от основания корпуса. Верхняя крышка играет очень небольшую роль при рассеивании тепла, и температура верхней крышки не может быть использована для определения температуры корпуса устройства. Определение реальной температуры позволяет выполнить точные расчёты надёжности.

Основные пассивные способы обеспечения тепловых режимов гибридно-плёночных преобразователей напряжения подробно изложены в статье [2].

При небольшой потребляемой мощности устройством для дополнительного рассеивания тепла может использоваться печатная плата. У многослойной печатной платы внутренний медный

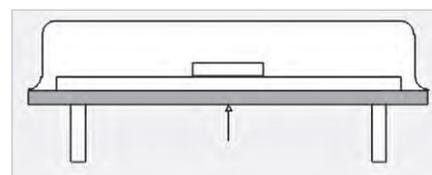


Рис. 13. Типичная конструкция гибридно-плёночного модуля питания

слой может быть использован для передачи тепла, верхний слой печатной платы должен быть подключён к внутреннему слою как можно большим числом металлизированных переходов.

**Конструкция печатной платы с учётом минимизации шума напряжения**

При обеспечении электропитанием FPGA и других устройств с динамическим потреблением тока необходи-

мо обратить пристальное внимание на конструирование топологии печатной платы. При работе FPGA будет генерироваться большая скорость изменения тока  $di/dt$  на выходе источника питания. Если имеется большая паразитная индуктивность на пути между входом и выходом, это будет способствовать генерированию значительного шума напряжения, который будет превышать максимальное пороговое напряжение микросхемы, и FPGA может выйти из строя. Кроме того, потребляемая мощ-

ность микросхемы должна быть учтена, и должны быть приняты соответствующие меры по рассеиванию тепловой энергии. Рекомендуется проектировать печатную плату в соответствии со следующими методами.

1. Все соединения к выводам должны быть как можно более короткими для уменьшения паразитной индуктивности линии.
2. Увеличивать ширину соединения выводов V1, Vo и GND для сокращения площади петли входа и выхода.

Рекомендуется использовать многослойную конструкцию платы и обеспечивать отдельный земляной слой GND.

3. Входные и выходные конденсаторы должны быть установлены как можно ближе к выводам  $V_1$  и  $V_o$  устройства для исключения подключения избыточного числа внешних конденсаторов.

### Закключение

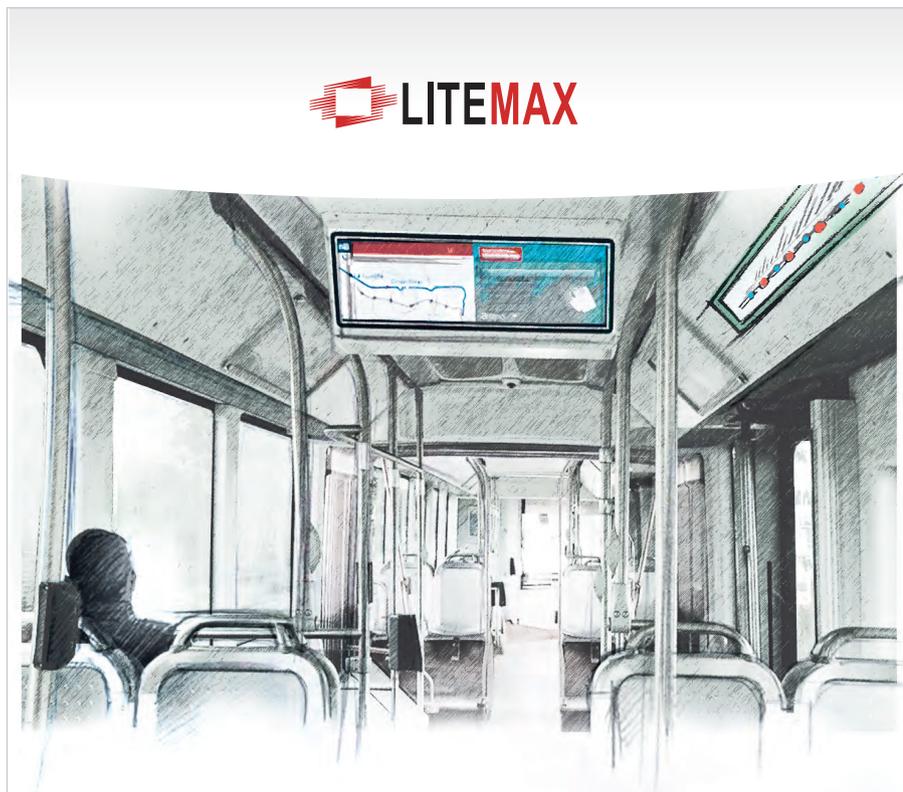
Программируемый диапазон выходных напряжений позволяет компоновать рассмотренные неизолированные POE-преобразователи в различные схемы и обеспечивать питанием современные высокоэффективные цифровые схемы.

Высокие показатели стойкости к воздействию ионизирующих излучений космического пространства обеспечивают длительный срок функционирования в аппаратуре ракетно-космической техники на различных орбитах.

Для формирования промежуточной шины 5 В можно использовать радиационно-стойкие изолированные DC/DC-преобразователи, выпускаемые компанией для работы в бортовых системах постоянного напряжения 28 и 100 В и подробно рассмотренные в статьях [4...6].

### Литература

1. *Чистяков А.* Конденсаторы для источников питания и преобразователей // Электронные компоненты. 2016. № 3.
2. *Жданкин В.* Обеспечение оптимальных тепловых режимов гибридно-плёночных DC/DC-преобразователей // Компоненты и технологии. 2016. № 7.
3. *Безродный В.* Радиационно-стойкие модули DC/DC-преобразователей напряжения для систем электроснабжения с постоянным напряжением // Компоненты и технологии. 2021. № 12.
4. *Безродный В.* Радиационно-стойкие модули DC/DC-преобразователей напряжения для систем электроснабжения с постоянным напряжением // Компоненты и технологии. 2022. № 1.
5. *Безродный В.* Радиационно-стойкие DC/DC-преобразователи из КНР. Часть 1 // Современная электроника. 2016. № 7.
6. *Безродный В.* Радиационно-стойкие DC/DC-преобразователи из КНР. Часть 2 // Современная электроника. 2016. № 8.



**LITEMAX**

## ВАШ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОПУТЧИК!

### Полосковые дисплеи для транспорта

- ЖК-дисплеи серии SPANPIXEL™ с яркостью до 3000 кд/м<sup>2</sup>
- Размеры по диагонали от 6,2 до 65"
- Разрешение до 4K2K
- Угол обзора 178° (во всех плоскостях)
- Диапазон рабочих температур (некоторых моделей) -30...+85°C
- Возможна разработка под заказ
- Ресурс до 100 000 часов

**ProCHIP**  
POWERED BY ProSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА  
(495) 232-2522 • INFO@PROCHIPRU • WWW.PROCHIPRU



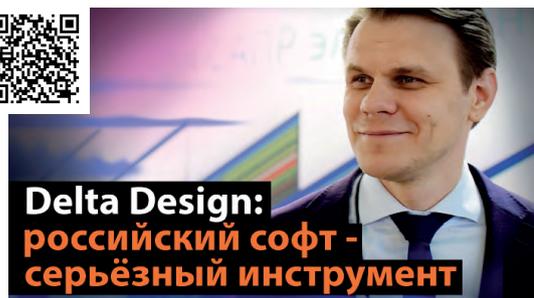
Реклама



## Смотрите на канале СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА



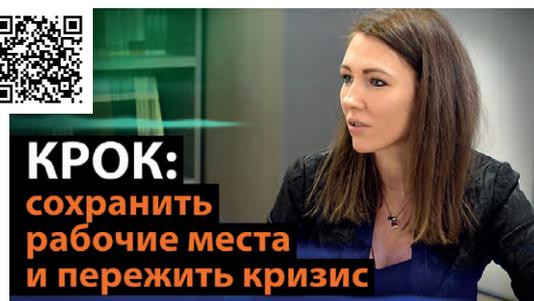
Будущее России –  
экспорт технологий  
Иван Покровский, АРПЭ



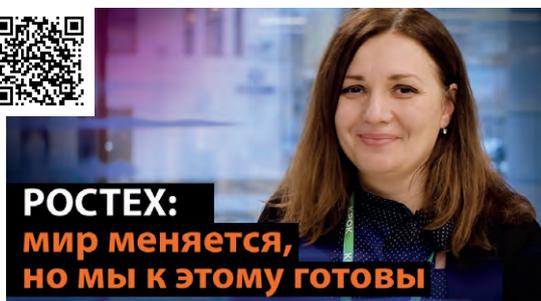
Delta Design: российский софт –  
серьёзный инструмент  
Антон Плаксин, ЭРЕМЕКС



FASTWEL I/O: российская  
автоматика может быть надёжной  
Александр Колесов, ВIOCAD



Крок: сохранить рабочие места  
и пережить кризис  
Наталья Софронова, КРОК



РОСТЕХ: мир меняется, но мы  
к этому готовы  
Виктория Кузнецова, РОСТЕХ



РУССОФТ: новый мировой порядок  
не за горами  
Валентин Макаров, РУССОФТ

# Практика измерений входных и выходных характеристик источников вторичного электропитания с применением опции R&S RTO6-K31

**Николай Лемешко** (nlem83@mail.ru),  
**Михаил Горелкин** (mikhail.Gorelkin@rohde-schwarz.com),  
**Павел Струнин** (pavel.strunin@rohde-schwarz.com)

В статье рассматриваются практические аспекты измерений входных и выходных параметров источников вторичного электропитания (ИВЭП) с использованием опции анализа параметров электропитания RTO6-K31, функционирующей на аппаратно-программной платформе осциллографов R&S RTO6. Рассмотрена типовая номенклатура параметров ИВЭП, подлежащих контролю с использованием средств радиоизмерений. Рассмотрен порядок общего конфигурирования опции, включая «выравнивание» пробников по времени запаздывания, необходимое для точного измерения фазовых соотношений. Представлены примеры измерений входных и выходных параметров, а также коэффициента полезного действия импульсного ИВЭП, реализованные с использованием указанной опции.

## Введение

Источники вторичного электропитания (ИВЭП) уже давно стали неотъемлемой частью практически любых электронных устройств (ЭУ). Их основное назначение состоит в приведении напряжения, поступающего от первичного источника, к уровню и роду тока, приемлемому для питания электрических цепей. Во вторую очередь ИВЭП должны защищать их от перенапряжений, а также осуществлять двуправленную фильтрацию для снижения эмиссии помех и для повышения помехоустойчивости. Как и для других элементов технических средств, для ИВЭП применимо понятие качества [1], под которым понимается способность выполнять заданные функции в течение установленного времени. Понятие качества для ИВЭП включает показатели надёжности, а также некоторые технические характеристики, которые определяют саму возможность применения конкретного типа ИВЭП в некотором устройстве, например, уровень пульсаций выходного напряжения и коэффициент мощности.

Проектирование ЭУ сегодня часто ведётся по принципу системной интеграции отдельных модулей, поэтому ИВЭП часто используются в их составе как отдельные, функционально законченные покупные узлы [2, 3]. Такие модули, даже сопровождаемые необходимой документацией, для инженеров

так и остаются «чёрным ящиком», параметры которого не только можно, но и нужно контролировать с использованием средств измерений. К сожалению, в погоне за снижением стоимости многие производители сильно упрощают электрические схемы ИВЭП, что приводит к ухудшению качества электрической энергии для нагрузок и к ухудшению условий отбора мощности от первичных источников энергии.

Как правило, ИВЭП модульного типа являются импульсными, что обусловлено, в первую очередь, более низкой стоимостью в сравнении с решениями на основе трансформаторов, в особенности при массовом производстве. Как показано в статье [4], полное тестирование ИВЭП должно включать анализ работы силового ключа и передачи мощности в нагрузку, однако для покупных ИВЭП его часто невозможно провести из-за отсутствия элементарного доступа к соответствующим элементам. Тем не менее тестирование ИВЭП по входу и по выходу способно многое рассказать о наиболее важных его свойствах. Для определённости в дальнейшем мы будем рассматривать те ИВЭП, которые питаются от сети переменного тока и предназначены для выдачи напряжения постоянного тока.

Все измерения для измерений характеристик ИВЭП могут быть выполнены при помощи осциллографа без дополнительных функций. Однако вычис-

ление некоторых параметров, таких как коэффициент мощности, уровни потребления на гармониках и пр., производится путём вторичной обработки, которую наиболее удобно выполнять с использованием специальных опций анализа параметров электропитания. В рамках настоящей публикации мы будем ориентироваться на опцию R&S RTO6-K31, предназначенную для использования на осциллографах компании Rohde&Schwarz новой серии – RTO6.

## Параметры ИВЭП, подлежащие контролю с использованием средств измерений

При строгом подходе ИВЭП следует рассматривать как преобразователь сигналов с алгоритмом работы, известным лишь в общих чертах. Если отсутствуют данные о схемотехнических решениях, а также доступ к внутренним контрольным точкам, то тогда о качестве ИВЭП можно судить только по тем параметрам, которые могут быть измерены на основе его входных и выходных токов и напряжений.

С точки зрения порядка преобразования энергии, поставляемой первичным источником, между линейными (трансформаторными) и импульсными ИВЭП имеются принципиальные различия. В ИВЭП первого из названных классов последовательно осуществляются понижение напряжения, его выпрямление, сглаживание путем фильтрации и стабилизация. В импульсных ИВЭП выпрямлению и сглаживанию обычно подвергается напряжение сети, далее такое напряжение трансформируется в импульсное и подаётся через силовой ключ на первичную обмотку трансформатора. Затем оно ещё раз выпрямляется и фильтруется, а управление отдачей мощности в нагрузку и поддержанием постоянства напряжения на неё выполняется контроллером широтно-импульсной модуляции, управляющим силовыми ключами и реализующим следящую обратную связь.

В составе импульсного ИВЭП в зависимости от конструкции, номинальной мощности и других факторов может использоваться один, два или более ключей, которые формируют импульсы напряжения на первичной обмотке силового трансформатора. Наличие упомянутой обратной связи определяет большой стартовый ток: в начальный момент после включения в сеть напряжение на выходе равно нулю, и, стремясь компенсировать это, схема управления силовым ключом обеспечивает протекание значительного импульсного тока в первичной обмотке силового трансформатора. Выход на установившийся режим потребления тока обычно достигается в течение 2...10 полупериодов сетевого напряжения. Это же характерно и для линейных ИВЭП. Более подробно принципы работы ИВЭП освещены в [2...4].

Исходя из этого, можно выделить для них группы подлежащих измерениям входных, выходных параметров электропитания, а также передачи энергии в нагрузку (табл. 1). При этом их же можно сопоставить с рядом других преобразователей электрической энергии, например, электромеханическим и DC/DC-конвертерами. Все перечисленные здесь характеристики, а также ряд других, в том числе относящихся к работе силового ключа импульсных ИВЭП, позволяет измерять опция R&S RTO6-K31, функционирующая на аппаратно-программной платформе осциллографов серии R&S RTO6.

Рассмотрим чуть более подробно перечисленные в табл. 1 группы характеристик. Оценка качества потребления электроэнергии выполняется на основе оценки фазового сдвига между током и напряжением, который характеризует долю нежелательной реактивной мощности и определяет значение коэффициента мощности. Коэффициенты напряжения и тока (Crest Factor) принято измерять как отношение их пикового значения к среднеквадратическому после выхода ИВЭП на установившийся режим. Эти параметры, номинально равные 1,41, являются интегральными характеристиками нелинейности отбора полной мощности из питающей сети. Для оценки качества потребления электрической энергии необходимо использовать дифференциальный и токовый пробники.

Измерения стартового тока осуществляются при помощи токового проб-

Типовая номенклатура контролируемых характеристик ИВЭП

Группа	Контролируемые характеристики
I. Тестирование ИВЭП по входу	
Качество потребления электрической энергии	Коэффициент мощности Значения активной, реактивной и полной мощности Коэффициенты амплитуды тока и напряжения
Пусковой ток	Максимальные значения пускового тока в заданных интервалах времени
Гармоники потребляемого тока	Максимальные значения токопотребления на гармониках Соответствие действующим нормам
II. Тестирование ИВЭП по выходу	
Пульсации на выходе	Статистические характеристики амплитуды, частоты, периода и скважности пульсаций
Переходная характеристика	Время нарастания, достижения пикового значения, вхождения в полосу допуска, задержка отклика, уровень выброса по амплитуде
Спектр	Амплитуды гармоник пульсаций выходного напряжения на частотах, кратных частоте преобразования
III. Оценка передачи мощности в нагрузку	
Энергетическая эффективность	Статистические характеристики для коэффициента полезного действия, входной и выходной мощности
Время включения/выключения	Временной интервал, в течение которого напряжение на нагрузке ИВЭП возрастёт до 90% (снизится до 10%) от номинального значения после достижения напряжением на входе ИВЭП заданного порогового уровня

ника. Их целью является определение кратности превышения им номинального значения, что влияет на выбор устройств защитного отключения. В типовом случае это отношение равно 2,5...4, а первоначальная накачка импульсных ИВЭП энергией занимает 2...7 полупериодов сетевого напряжения, в каждом из которых наблюдается уменьшение потребляемого тока. Также при помощи пробников тока выполняется измерение гармоник потребляемого тока. В отличие от многих других свойств ИВЭП, потребление тока на гармониках нормируется стандартами по электромагнитной совместимости в обеспечение сохранения приемлемого качества электрической энергии [5], т.е. результаты измерений требуют сопоставления с нормами, которые в большинстве случаев устанавливаются вплоть до сороковой гармоники. Опция R&S RTO6-K31 позволяет проводить испытания устройств согласно требованиям стандартов EN 61000-3-2, MIL-STD-1399 и RTCA DO-160F и выполнять автоматическое сопоставление с установленными ими нормами.

Тестирование ИВЭП по выходу предусматривает определение уровня пульсаций выходного напряжения и его спектра, а также, в общем случае, переходной характеристики, демонстрирующей способность ИВЭП следовать за изменяющейся нагрузкой. В последнем случае сопротивление нагрузки ИВЭП должно быть управляемым, а сам объект тестирования выводится из равновесного состояния соответствующим внешним событием, отслеживаемым по динамике изменения выходного тока ИВЭП. Здесь, очевидно, предпочтитель-

ным является применение электронных управляемых нагрузок.

Пульсации на выходе ИВЭП могут оцениваться по току или напряжению, и последний вариант является предпочтительным. При осуществлении таких измерений должны анализироваться как положительные, так и отрицательные выбросы напряжения и тока. Спектральные составляющие в составе выходного напряжения ИВЭП определяются не только наличием пульсаций, но и радишумом, прошедшим через фильтрующие цепи, а также порождённым переходными процессами при широтно-импульсной модуляции.

Наконец, третья группа характеристик из перечисленных в табл. 1 даёт представление об энергетической эффективности ИВЭП. Для проведения измерений входной и выходной мощности полезного действия необходимо использовать два токовых и два дифференциальных пробника. Возможные их колебания и соответствующие изменения коэффициента полезного действия оцениваются путём многократных измерений и набора соответствующей статистики. Измерения времени включения и выключения ИВЭП производятся с использованием двух дифференциальных пробников, подключаемых к его входу и выходу, а коммутационное событие специально формируется оператором.

Настройки опции R&S RTO6-K36 для каждого из перечисленных видов измерений пояснены в экспериментальной части статьи. Как мы видим, первоосновой для осуществления оценок названных параметров являются осциллограммы напряжения и/

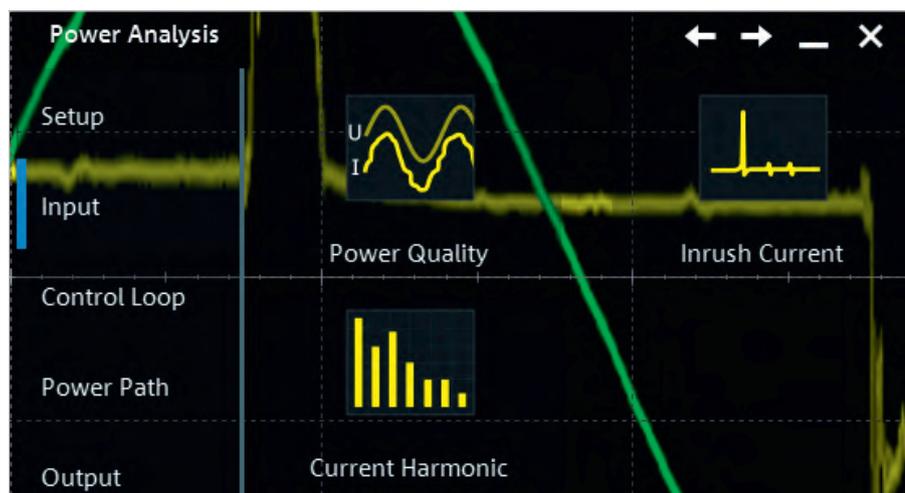


Рис. 1. Виды измеряемых параметров электропитания (открыта вкладка Input)

или тока. Коэффициенты амплитуды тока и напряжения, пусковой ток и пульсации выходного напряжения могут быть определены с использованием функций автоматических измерений современных осциллографов, амплитуды гармоник потребляемого тока, и спектр выходного напряжения вполне можно получить посредством быстрого преобразования Фурье. Вместе с тем современная концепция организации радиоизмерений предполагает их максимальную комплексность и автоматизацию, что и определяет перспективность использования опций анализа электропитания, например, R&S RTO6-K36.

Важно отметить, что условия выполнения таких измерений оказывают непосредственное влияние на их результат, и здесь следует учитывать следующие факторы.

1. Нагрузка ИВЭП должна соответствовать номинальной. Режим нагрузки выходного каскада ИВЭП оказывает определяющее влияние практически на все перечисленные в табл. 1 характеристики. При этом снижение потребления мощности приводит, как правило, к уменьшению коэффициентов амплитуды тока и напряжения, к снижению токопотребления на гармониках, коэффициентов мощности и полезного действия, к увеличению реактивной части потребляемой энергии.

2. Если ИВЭП имеет несколько выходных напряжений, то каждый выход должен иметь номинальную нагрузку.

3. Испытания любых технических средств, включая ИВЭП, должны сопровождаться априорной информацией об условиях их эксплуатации. При измерении переходной характеристики колебания токопотребления по выхо-

ду должны имитироваться с достаточным приближением к реальности. В идеальном случае измерения должны проводиться с использованием штатных нагрузок ИВЭП.

Таким образом, как и во многих других случаях, повторяемость и воспроизводимость результатов измерений перечисленных в табл. 1 параметров обеспечивается соблюдением условий их выполнения.

### Общее конфигурирование опции R&S RTO6-K31

Анализ параметров электропитания с использованием опции R&S RTO6-K31 выполняется в два этапа. Вначале осуществляется общее конфигурирование опции, а далее она настраивается для выполнения конкретных измерений. Помимо описанных выше и потенциально реализуемых для ИВЭП, у которых доступны только выход и выход, опция позволяет проводить измерения параметров широтно-импульсной модуляции управляющего сигнала ключа, его дифференциальное сопротивление во включённом режиме и скорость изменения тока, протекающего через ключ. В части передачи мощности от выхода к выходу могут измеряться время включения/выключения ИВЭП, потери на переключение в цикле широтно-импульсной модуляции. Также может выполняться оценка области надёжной работы ключа импульсных ИВЭП по критерию допустимого тепловыделения.

Общее конфигурирование выполняется с использованием специального меню, на котором отображены четыре основные группы измерений (рис. 1). Перед выполнением измерений, в которых одновременно учитываются пока-

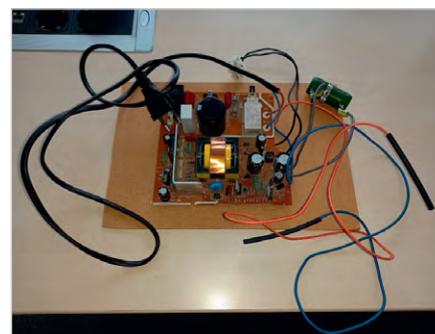


Рис. 2. Внешний вид исследуемого ИВЭП

зания, полученные с использованием пробников тока и напряжения, необходимо устранить имеющуюся для них разницу в запаздывании. В большинстве случаев частота питающих напряжений составляет 50 или 60 Гц, наличие даже небольшого сдвига фазы способно привести к существенным ошибкам в измерении коэффициента мощности и полезного действия ИВЭП, а также других их характеристик. Автокомпенсация фазы должна выполняться в сечении, соответствующем точкам подключения пробников тока и напряжения. Собственные настройки осциллографа позволяют устанавливать временной сдвиг между каналами в пределах  $\pm 100$  нс, что обычно применяется для компенсации различий в длине линий подключения при измерениях сигналов в дифференциальных парах [6]. Для выравнивания фаз используется калибровочная плата R&S RT-ZF20, имеющая внешнее электропитание и создающая импульсы тока и напряжения, по сопряжению которых и выполняется коррекция.

В процессе общего конфигурирования опции необходимо выбрать типы используемых пробников, и некоторые из них осциллографы R&S RTO6 способны распознать автоматически. Опция поддерживает работу с токовыми пробниками R&S RT-ZCxx, активными пробниками высокого напряжения R&S RT-ZD01, а также пробниками линии передачи R&S RT-ZZ80, которые не могут быть распознаны автоматически и должны быть выбраны пользователем из списка.

Каждый режим измерений характеризуется своими настройками, которые устанавливаются в индивидуальных окнах с тремя вкладками: Channels, Settings и Details (см. ниже), причём первые две из них в части конфигурирования являются основными. Вкладка Details во всех случаях содержит справочную информацию об источниках

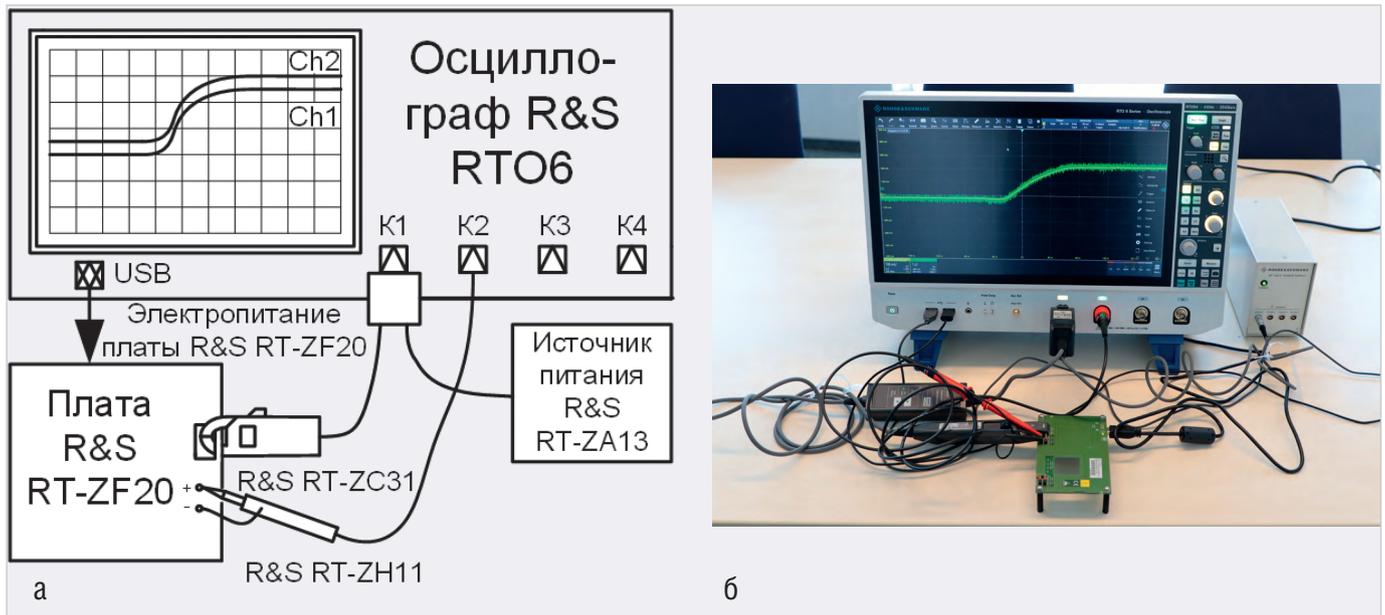


Рис. 3. Установка для выравнивания пробников: а) схема; б) фотография

сигналов и параметрах, выбранных для измерений и расчётов.

Дополнительная информация о конфигурировании приведена в экспериментальной части работы, где представлены результаты измерений некоторых из перечисленных в табл. 1 параметров.

### Практика измерений характеристик для ИВЭП

**Объект исследований и измерительное оборудование.** В качестве исследуемого объекта был выбран двухканальный импульсный ИВЭП с выходными постоянными напряжениями 18,2 В и 120 В (рис. 2). Измерения проводились при нагрузке ИВЭП по первому каналу на сопротивление 43 Ом, второй канал функционировал в режиме холостого хода. Такой ИВЭП можно рассматривать как типовой объект измерений с использованием опции R&S RTO6-K31. Согласно априорной информации, ИВЭП имеет гальваническую развязку между входом и выходом, что значительно расширяет номенклатуру допустимых к использованию пробников за счёт включения в неё пробников несимметричного типа.

В рассматриваемых ниже схемах измерений использовался осциллограф R&S RTO6 с полосой рабочих частот до 4 ГГц и четырьмя каналами. Как следует из изложенного выше, использование всех функциональных возможностей опции R&S RTO6-K31 возможно при одновременном подключении двух пробников тока и двух пробников напряжения, поэтому реко-

мендуется использование четырёхканальных осциллографов.

Для получения информации о протекающих на входе и выходе ИВЭП токах использовались пробники R&S RT-ZC31 с предельно измеряемым током 30 А и полосой рабочих частот до 120 МГц. Такие пробники имеют ручное управление выбором предельно измеряемого тока, от чего зависит коэффициент преобразования. При выборе пробника этого типа в настройках осциллографа необходимо указывать одно из таких значений — 0,5; 5 или 30 А, при этом шкала отображения зависимости тока от времени будет отображаться с учётом необходимого пересчёта. Пробники R&S RT-ZC31 имеют функцию саморазмагничивания, что позволяет практически полностью устранить остаточное смещение нуля. Они являются активными и подключаются к источнику электропитания R&S RT-ZA13, имеющему четыре канала.

При проведении измерений использовались несимметричные пробники напряжения R&S RT-ZH11 с полосой рабочих частот до 400 МГц, максимальным рабочим напряжением 1 кВ и коэффициентом деления 1:1000. Каналы осциллографа R&S RTO6 не имеют взаимной гальванической развязки, а также напрямую связаны с общим заземлением прибора, поэтому в общем случае должны применяться дифференциальные пробники. Использование несимметричных пробников возможно только в том случае, когда достоверно известно, что выход ИВЭП имеет гальваническую развязку

по отношению ко входу, а питающая сеть имеет заземлённую нейтраль, иначе результаты измерений могут оказаться некорректными, а электрические цепи осциллографа могут быть повреждены. Выполнение этих условий было дополнительно проверено перед проведением измерений.

*Процедура выравнивания пробников* осуществлялась в соответствии с руководством пользователя [7] попарно для пробников тока и напряжения, подключаемых к входной и выходной цепи ИВЭП. Схема и фотография установки для выравнивания пробников показана на рис. 3. Подключение пробников к плате должно выполняться таким образом, чтобы полярности отображаемых импульсов совпадали. Для этого на плате R&S RT-Z20 имеется соответствующая маркировка, причем для токовых пробников направление стрелок на корпусе и на плате должно совпадать.

После подключения пробников выравнивание по времени сводится к подбору такого временного сдвига между каналами, при котором осциллограммы фронтов импульсов будут максимально совпадать. Значение такого смещения индивидуально для каждой пары пробников тока и напряжения, поэтому при реконфигурировании установки необходимо не изменять составы таких пар и каналы подключения пробников. Для представленного на рис. 3 подключения пробников требуемое смещение составило -4 нс (рис. 4). Такое же значение было получено и установлено в настройках осциллографа для каналов 3 и 4.

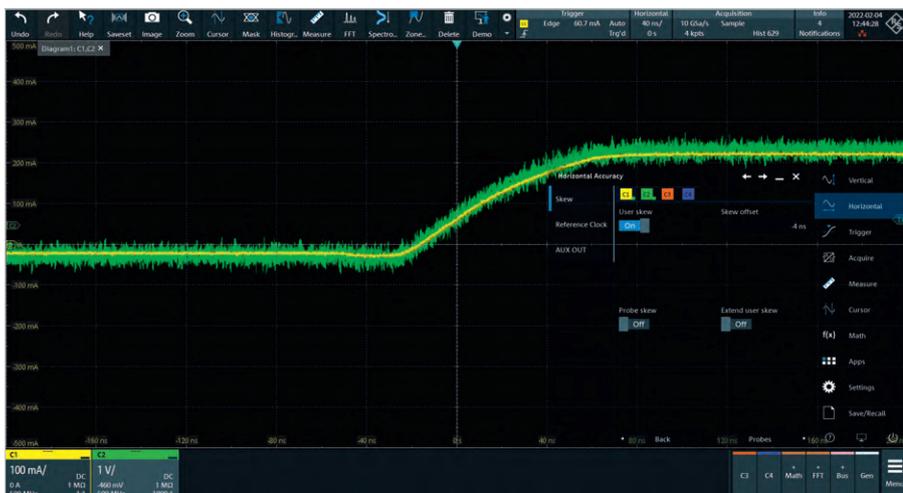


Рис. 4. Результат выравнивания времени запаздывания между пробниками

Результаты измерений по входу. Здесь для ИВЭП оценивались все параметры, перечисленные в группе I табл. 1. Схема и фотография изме-

рительной установки приведены на рис. 5.

Общее меню для тестирования ИВЭП по входу показано на рис. 1. На рис. 6

показаны меню настройки измерений качества потребления электрической энергии, стартового тока (включая меню параметров), гармоник потребляемого тока. Для измерений остальных групп меню имеют в целом аналогичный вид и далее не рассматриваются. Представленные меню показаны на фоне измеряемых осциллограмм, степень прозрачности может быть изменена в настройках осциллографа.

На рис. 7 показаны результаты измерений качества потребления электроэнергии, а также осциллограммы питающего напряжения и потребляемого тока. Как видно из данных, представленных в таблице, коэффициент мощности составляет 0,363, т.е. он существенно меньше единицы, что определяет высокую долю реактивной мощности в совокупном её отборе. Фазовый угол между током и напря-

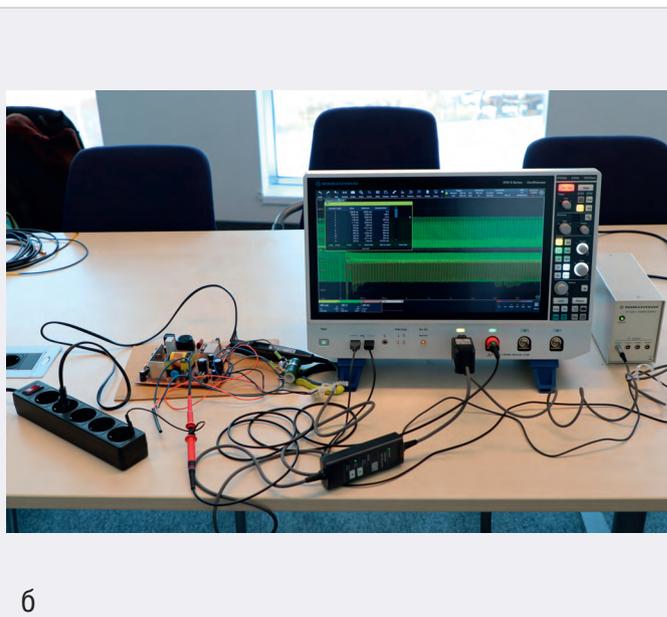
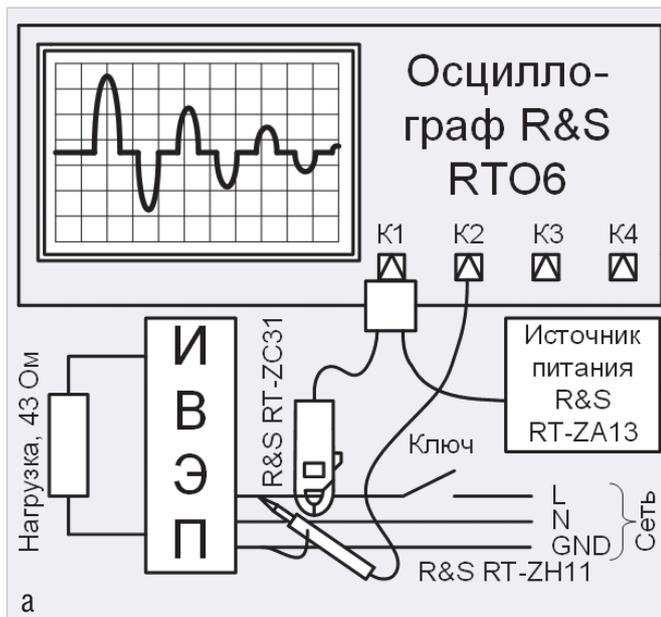


Рис. 5. Установка для тестирования ИВЭП по входу: а) схема; б) фотография

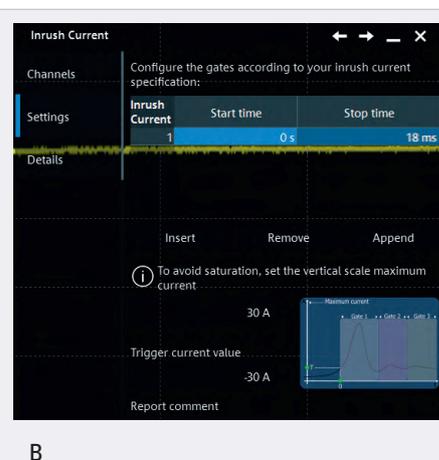
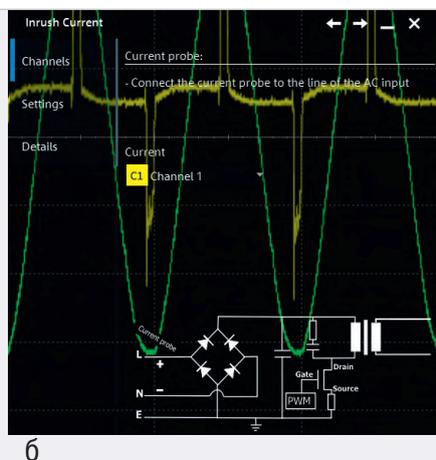
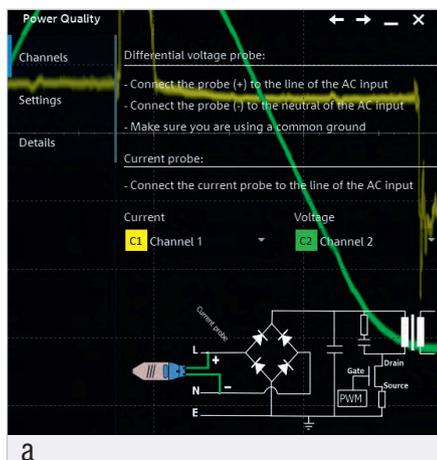


Рис. 6. Меню для тестирования ИВЭП по входу: а) по качеству потребления электрической энергии (вкладка Channels); б), в) по пусковому току (вкладки Channels и Settings);

жением составляет  $68,7^\circ$ , что также свидетельствует в пользу реактивного характера нагрузки. Коэффициент амплитуды напряжения соответствует синусоидальному его характеру, однако для тока его значение существенно выше, что определяется импульсным характером потребления вблизи максимумов полуволн напряжения. Это свидетельствует об эмиссии гармонических составляющих в питающую сеть. Таким образом, по результатам измерений ИВЭП нельзя считать эффективным потребителем мощности в электросети, несмотря на отсутствие нагрузки на втором его канале и всего половину номинальной мощности в первом, нагруженном канале.

Далее рассмотрим результаты измерений пускового тока для ИВЭП. Для инициации переходного процесса, сопровождающегося повышенным потреблением тока, в схеме на рис. 5 предусмотрено использование ключа. На рис. 6б показано, что в рамках конфигурирования опции R&S RTO6-K31 для проведения таких измерений требуется задать канал, к которому подключен пробник тока. Однако для получения точных результатов этого недостаточно. На рис. 6в показана вкладка настроек для измерений пускового тока, на которой требуется установить диапазон возможных его значений и интервал времени. Для определения этих параметров можно провести предварительные измерения с использованием обычных функций осциллографа. На рис. 8 показана осциллограмма потребляемого тока при включении ИВЭП, полученная в режиме однократной развёртки с запуском по положительному перепаду при уровне 4 А. Максимальное оценочное значение пускового тока составляет около 20 А. Учитывая, что повторный интенсивный отбор мощности из питающей электросети может наблюдаться через половину периода, максимальное время анализа следует задавать не менее 10 мс. Это отражено на вкладке настроек анализа пускового тока на рис. 6в, причём интервал пускового тока выбран в пределах  $\pm 30$  А.

Как видно из сопоставления рис. 7 и 8, стартовый ток может существенно превышать амплитудное его значение после выхода на установившийся режим. Это обстоятельство может потребовать изменение коэффициента преобразования токового пробника для этих измерений.



Рис. 7. Результаты измерений качества потребления электроэнергии

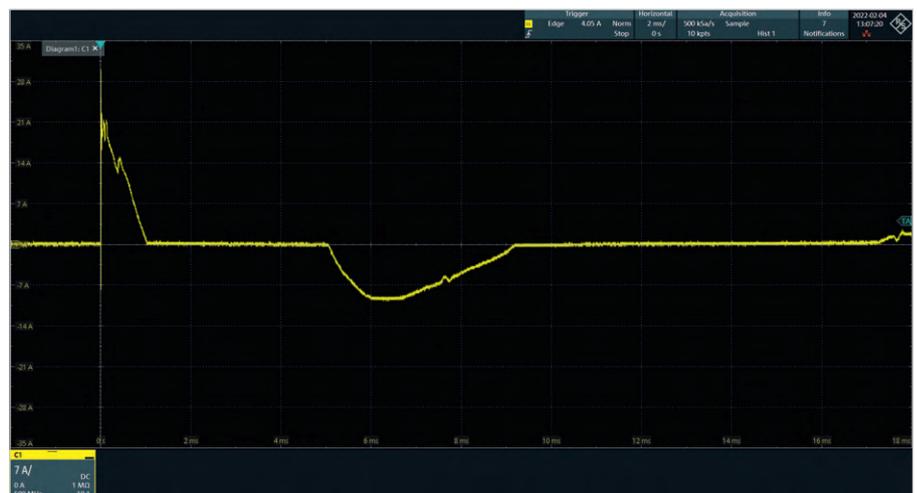


Рис. 8. Осциллограмма потребляемого тока при включении ИВЭП, единичная реализация

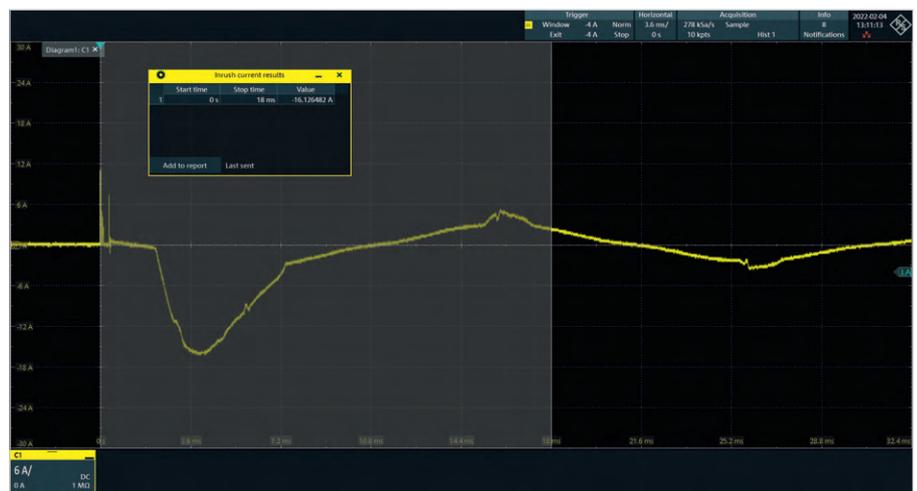


Рис. 9. Результаты измерений пускового тока

На рис. 9 представлены результаты измерений пускового тока с использованием опции R&S RTO6-K31. Его значение составило около 16 А. Известно [3], что для импульсных ИВЭП, питающихся переменным напряжением, значение пускового тока зависит от момента подключения к сети. Как пра-

вило, чем ближе это событие к максимальному значению, тем выше значение пускового тока. Таким образом, для определения максимального его значения следует провести несколько измерений.

Конфигурирование опции для измерения гармоник потребляемого тока

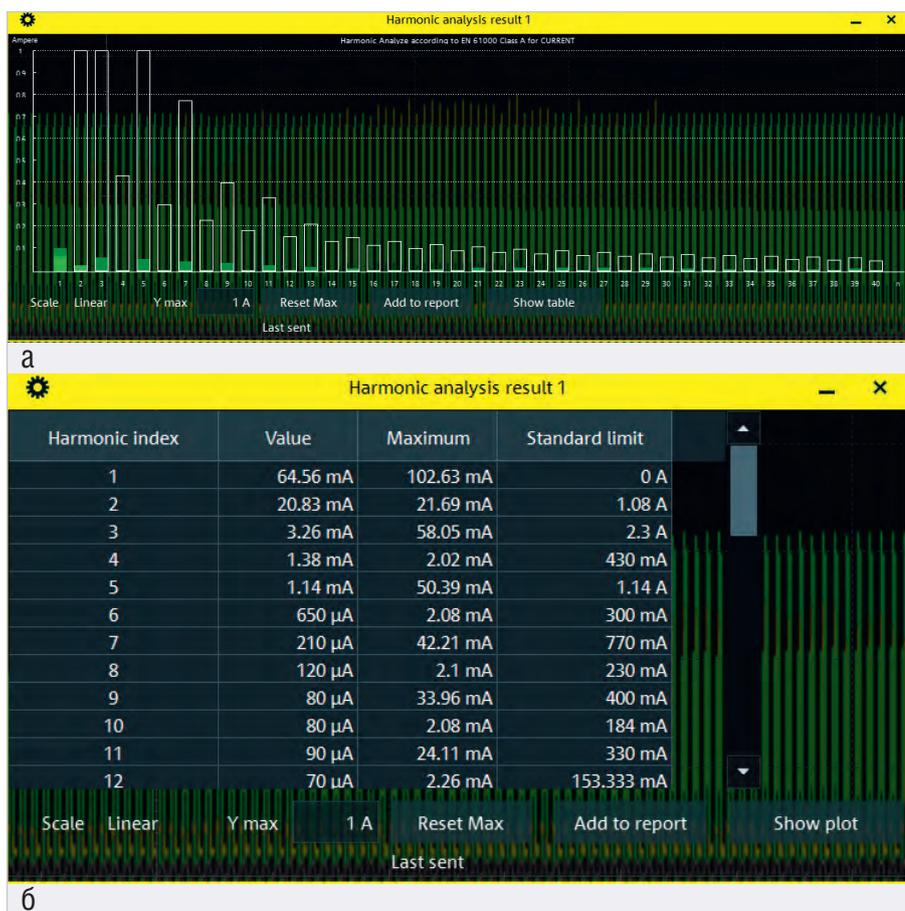


Рис. 10. Результаты измерений гармоник потребляемого тока: а) в графической форме; б) в табличной форме

осуществлялось с использованием меню, показанного на рис. 6г. Результаты измерений в графическом виде показаны на рис. 10а. Здесь верхняя граница столбчатой диаграммы показы-

вает допустимый уровень потребления на гармониках по стандарту EN 61000 для оборудования класса А. При необходимости в настройках опции могут быть выбраны другие стандарты, уста-

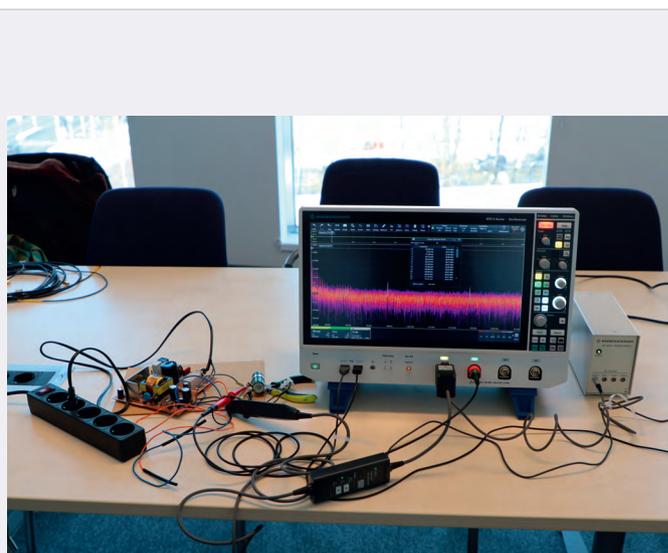
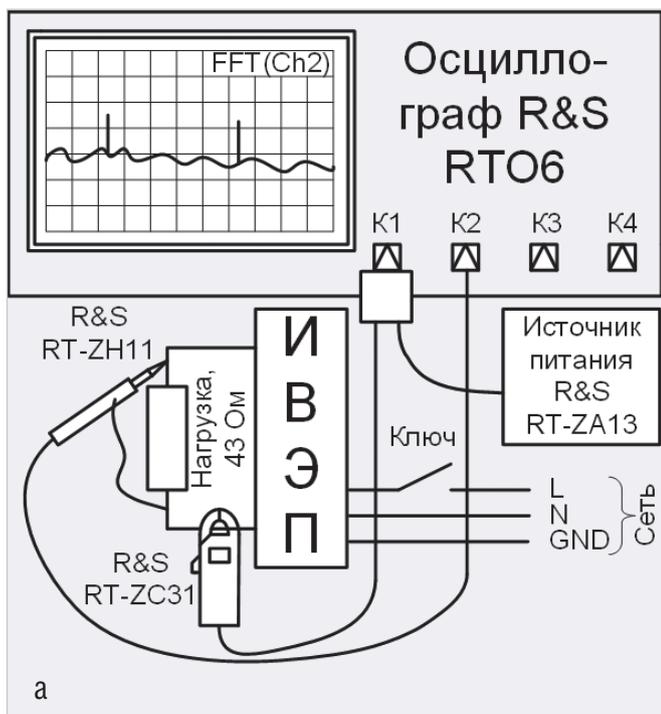


Рис. 11. Установка для тестирования ИВЭП по выходу: а) схема; б) фотография

навливающие нормы потребления на гармониках. Текущий уровень гармоник тока подсвечен салатным цветом, а зелёным цветом показаны зарегистрированные максимальные значения, которые, собственно, и следует сопоставлять с нормами. Если нагрузка ИВЭП работает по некоторым циклам, то сбор данных для сопоставления с нормами должен осуществляться как минимум на длительности одного из них. Превышение норм отмечается красным цветом. На рис. 10б результаты тех же измерений представлены в табличном виде.

Результаты измерений по выходу. Здесь для ИВЭП оценивалась статистика пульсаций выходного напряжения и его спектр, характеризующие структуру переменной составляющей на выходе ИВЭП. Схема и фотография измерительной установки приведены на рис. 11. Пробники тока и напряжения здесь подключались к выходу ИВЭП, для анализа пульсаций и спектра выходного напряжения могут быть использованы как осциллограммы тока, так и осциллограммы напряжения.

На рис. 12 в табличном виде представлены результаты измерений пульсаций выходного напряжения и тока. Средняя амплитуда пульсаций напряжения и тока составляет 300 мВп-п и 12,2 мАп-п соответственно. При этом пульсации напряжения и тока не имеют периодического характера либо постоянной частоты, что свидетель-



ствуется либо об использовании широтно-импульсной модуляции (ШИМ) с переменной частотой следования импульсов, либо о наложении на процесс формирования сигналов дополнительного процесса.

Последнее предположение оказалось верным, как это следует из спектрограммы выходного напряжения, показанной на рис. 13. Здесь в низкочастотной части спектра наблюдаются два лепестка, образованные эквидистантными по частоте линейными составляющими, первая из которых имеет мощность – 15,6 дБм и соответствует частоте ШИМ. На частотах, кратных 781 кГц, наблюдаются составляющие, не имеющие отношения к ШИМ и сформированные, по-видимому, контроллером управления ИВЭП. Спектр выходного напряжения ИВЭП можно использовать для оценки помеховой обстановки для нагрузки в части кондуктивных помех.

Результаты измерений коэффициента полезного действия ИВЭП были получены с использованием измерительной установки, схема и фотография которой показаны на рис. 14. Такие измерения предполагают использование всех четырёх каналов осциллографа. Каналы 1 и 2 осциллографу были сопоставлены выходу, а каналы 3 и 4 – входу ИВЭП. На рис. 15 в таблице представлены статистические данные по потребляемой и отдаваемой в нагрузку мощности, а также коэффициенту полезного действия ИВЭП. Он потребляет от электросети около 14,1 Вт, отдаёт в нагрузку 4,4 Вт

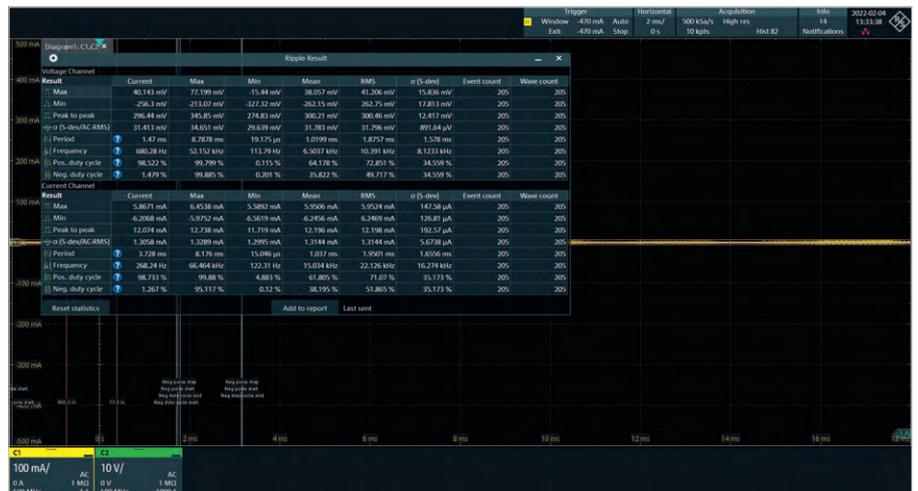


Рис. 12. Результаты измерений пульсаций выходного напряжения и тока ИВЭП

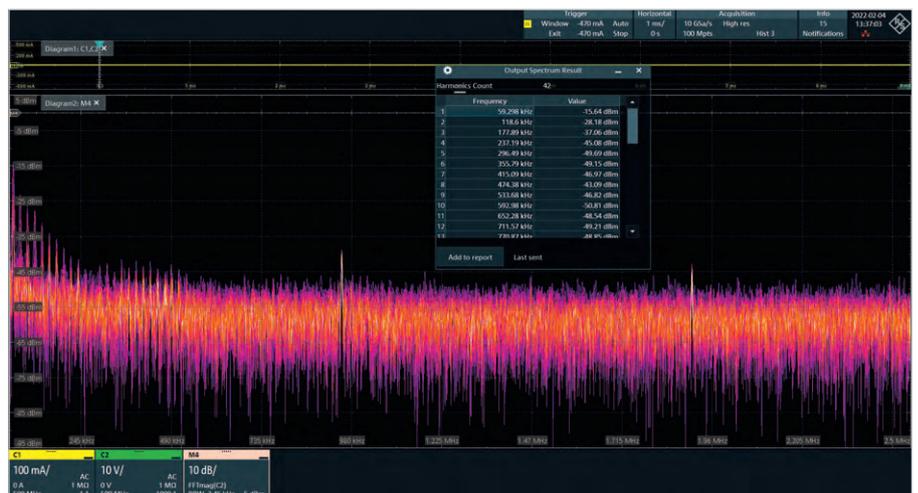


Рис. 13. Результаты измерений спектра выходного напряжения ИВЭП

и имеет коэффициент полезного действия, равный 31,1%, в то время как типовое значение показателя энергетической эффективности для ИВЭП обыч-

но превышает 80% [2]. Это объясняется работой ИВЭП в малонагруженном режиме. Представленный пример показывает, что наличие большого запаса

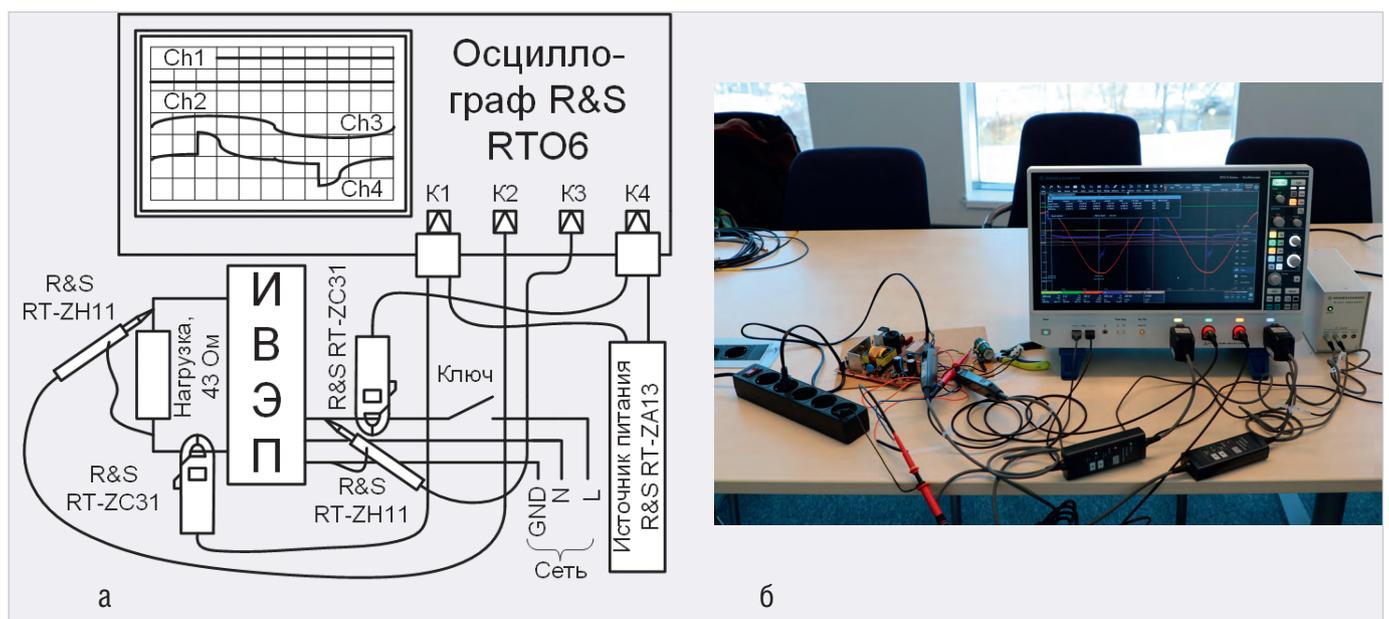


Рис. 14. Установка для измерения коэффициента полезного действия ИВЭП: а) схема; б) фотография



Рис. 15. Результаты измерений коэффициента полезного действия для импульсного ИВЭП

по мощности для импульсных ИВЭП снижает их энергетическую эффективность, и это надо учитывать при проектировании электронных устройств.

Таким образом, мы рассмотрели на примере результаты измерений основных параметров импульсного источника электропитания с использованием опции R&S RTO6-K31.

### Заключение

Потенциальная область применения опции R&S RTO6-K31 не ограничивается только тестированием AC/DC- и DC/

DC-преобразователей. В группу охвата могут быть отнесены практически любые устройства, предназначенные для трансформации электрической энергии, вплоть до электромеханических преобразователей.

Дополнительной функцией опции анализа параметров электропитания, детально рассмотренной в публикации [4], является оценка режима работы силового ключа в обеспечение надёжного функционирования импульсных ИВЭП. На основе измерений потерь на переключение могут быть сформулированы требования к теплоотводу. Следо-

вательно, опция R&S RTO6-K31 может применяться при разработке и макетировании ИВЭП и сходных по функции устройств.

### Литература

1. Ширман Я.Д., Багдасарян С.Т., Маляренко А.С. и др. Радиотехнические системы. Основы построения и теория / под ред. Я.Д. Ширмана. М.: Радиотехника, 2007. 512 с.
2. Шрайбер Г. 300 схем источников питания. Выпрямители, импульсные источники питания, линейные стабилизаторы и преобразователи. М.: ДМК, 2000. 224 с.
3. Гедзберг Ю.М. Импульсные блоки питания телевизоров и их ремонт. М.: ДОСААФ, 1989. 92 с.
4. Лемешко Н.В., Горелкин М.В., Струнин П.А. Функциональные возможности опции анализа параметров электропитания R&S RTO6-K31: универсальность и гибкость // Компоненты и технологии. 2020. № 5. С. 102–111.
5. ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». М.: Стандартинформ, 2014. 20 с.
6. Кечиев Л.Н. Печатные платы и узлы гигабитной электроники. М.: Грифон, 2017. 424 с.
7. R&S RT-ZF20. Power Deskew Fixture User manual. 2021.

## НОВОСТИ МИРА

### Цены на поддержанное оборудование для производства чипов взмыли в разы

О дефиците технологического оборудования, с которым TSMC пришлось столкнуться в этом году, руководство компании рассказало на недавней квартальной конференции.

Японские источники поясняют, что на вторичном рынке оборудования цены выросли на величину от двух до пяти раз, но от покупателей всё равно нет отбоя, поскольку производители получают возможность купить необходимое оборудование в пределах месяца. Новое же пришлось бы ждать до полутора лет.

Как поясняет издание Nikkei Asian Review, рынок поддержанного оборудования подогревается сразу несколькими факторами. Во-первых, на первичном рынке спрос превышает предложение, и сроки ожидания поставок выросли с одного до полутора лет. Во-вторых, возросший в пандемию спрос на ряд специфических компонентов, изготавливаемых из кремниевых пластин типоразмера 200 мм, спровоцировал рост спроса на соот-

ветствующее технологическое оборудование, а его гораздо проще найти на вторичном рынке, чем на первичном. Наконец, свою лепту вносит Китай, который на первичном рынке сильно обделён возможностями закупок из-за санкций, а на вторичном подобных барьеров несколько меньше.

Японские поставщики литографического оборудования за прошлый фискальный год, который завершился 31 марта, выручили рекордные \$26 млрд – на 41% больше, чем годом ранее. При этом производители оборудования и сами страдают от дефицита компонентов, необходимых для выпуска собственной продукции. Компания TSMC пытается им содействовать, отправляя в командировки своих специалистов для решения вопросов на местах.

Ситуация с ценами на вторичном рынке литографического оборудования стала непредсказуемой. Нормой является двойная переплата за экземпляр оборудования по сравнению с ценами на момент до начала пандемии. Некоторое оборудование более чем двадцатилетней давности приобретает по тем же ценам,

что и новое. Самые свежие из доступных экземпляров выросли в цене в пять раз. Производители чипов готовы покупать оборудование и по таким ценам, поскольку выигрывают время в условиях высокого спроса на их продукцию.

По оценкам SEMI, в 2020 году на оборудование для обработки кремниевых пластин типоразмера 200 мм во всём мире было потрачено \$3 млрд, но по итогам предыдущего и этого года расходы превысят \$5 млрд. Именно концентрация мощностей по выпуску чипов с использованием зрелой литографии позволит Китаю стать крупнейшим регионом мира с долей 21% в текущем году. Свою лепту внесёт и растущий спрос на электромобили, которым требуется гораздо больше полупроводниковых компонентов. Японские поставщики литографического оборудования даже решили возродить выпуск некоторых видов продукции, чтобы лучше соответствовать спросу. По оценкам участников рынка, высокий спрос на вторичном рынке литографического оборудования сохранится минимум до конца текущего года.

russianelectronics.ru

НОВОСТИ МИРА

**«Ростелеком» и НПЦ «Элвис» создали СП «с целью развития микроэлектроники»**

Российский провайдер цифровых услуг и решений «Ростелеком» создал с производителем электроники двойного назначения НПЦ «Элвис» совместное предприятие. Как пояснили в «Ростелекоме» ресурсу «Коммерсантъ», не вдаваясь в подробности, новое предприятие создано «с целью развития микроэлектроники».

Согласно данным базы «СПАРК-Интерфакс», в учрежденном 26 апреля совместном предприятии ООО «ЭсАй Майкро» с уставным капиталом 100 тыс. руб. 49% принадлежит «Элвису» и 51% – «Вестелкому» (принадлежит «Ростелекому»).

В числе выпускаемой НПЦ «Элвис» продукции мобильный процессор «Скиф» собственной разработки, а также микросхемы на базе собственной платформы проектирования «Мультитор».

Ожидалось, что компания примет участие в реализации сквозного проекта Минпромторга по разработке и выпуску программно-аппаратных комплексов для робототехнических систем охраны.

По мнению главы консорциума «Базис» Арсения Брыкина, «Ростелеком» видит в «Элвиса» стратегического партнера на рынке дизайн-центров для эксклюзивной разработки решений. Его мнение поддержал источник «Коммерсанта» на рынке микроэлектроники, который считает, что «Ростелеком» может привлечь «Элвис» к разработке решений в области Интернета вещей. «Это выглядит логично на фоне механизма сквозных проектов правительства, который предполагает, что конечный заказчик оборудования, разработанного в России, может получить от государства компенсацию до 50% на его закупку», – утверждает он.

Помимо заявлений источников «Коммерсанта» об оттоке персонала, в апреле 2022 г. CNews выяснил, что выручка «Элвиса» сократилась вдвое. Согласно базе «Контур.фокус», выручка компании по итогам 2021 г. составила 1,1 млрд руб., что на 55% ниже, чем по итогам 2020 г. (2,4 млрд руб.).

Также у компании почти в 100 раз сократилась прибыль. По данным базы «Контур.фокус», по результатам 2021 г.

прибыль компании составила 2,5 млн руб., по итогам 2020 г. – 237,1 млн руб. При этом баланс компании увеличился более чем в два раза: в 2021 г. он составил 8,5 млрд руб., в 2020 г. – 3 млрд руб.

В добавление ко всему, в начале апреля 2022 г., совместный проект «Роснано» и «Элвис» – «Элвис-неотек» выставил на продажу два своих чипа.

Согласно прогнозу J'son & Partners Consulting, российский рынок Интернета вещей вырастет к 2025 году практически в два раза: до 183,5 млрд руб. Основным стимулом станут облачные IoT-сервисы, системы «умного дома», инфраструктура промышленной и городской безопасности, к которым «Ростелеком», как и другие операторы связи, проявляет большой интерес в последние годы.

*russianelectronics.ru*



**Магнитодиэлектрики MICROMETALS**

**Применение сердечников Micrometals гарантирует:**

- снижение стоимости индуктивных компонентов
- повышение надёжности аппаратуры
- снижение потерь на 30...50% по сравнению с ферритами
- оптимизацию конструкции и уменьшение габаритов индуктивных компонентов



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА  
(495) 232-2522 • INFO@PROCHIPRU • WWW.PROCHIPRU



# Фотореле с нестандартным алгоритмом для светодиодной лампы

Александр Одинец (a\_odinets@tut.by, г. Минск, Беларусь)

В статье рассмотрен улучшенный вариант фотореле, полностью исключая ложные срабатывания от посторонних засветок и необходимость оптической изоляции фотодатчика. Автомат дополнен фотодиодным усилителем и супервизором питания, что необходимо для повышения устойчивости работы в условиях нестабильности напряжения питающей сети.

## Общие сведения

Существующие конструкции фотореле с классическим (стандартным) алгоритмом требуют оптической изоляции фотодатчика посредством расположения фотодиода на удалении от коммутируемой лампы, что требует дополнительной проводки. Чтобы устранить указанный недостаток, фотореле необходимо дополнить таймером с интервалом отсчёта 20...30 минут. При этом в процессе

работы лампа будет кратковременно выключаться на десятые доли секунды и затем включаться вновь, при условии, если уровень внешней освещённости оказывается ниже заданного порога (в тёмное время суток). После достижения освещённости порогового уровня в момент очередного выключения лампы фотореле переходит в ждущий режим до момента снижения уровня внешней освещённости до порогового уровня.

По сравнению с базовой версией [1], предназначенной для работы со светодиодной лампой, данный вариант фотореле дополнен фотодиодным усилителем и супервизором питания, который улучшает сброс таймера в исходное состояние и полностью исключает ложное 20-минутное включение в светлое время суток в случае длительных провалов напряжения в питающей сети, что особенно актуально для сельской местности.

В отличие от второй версии фотореле с нестандартным алгоритмом, рассмотренной в [2], и предназначенной для совместной работы с лампой накаливания, данный вариант фотореле предназначен для работы именно со светодиодной лампой и не содержит фазоимпульсного регулятора яркости. Мощность светодиодной лампы не должна превышать 10 Вт. Предлагаемое фотореле монтируется непосредственно в корпусе светильника. При этом излучение коммутируемой лампы должно падать непосредственно на фотодиод для нормальной работы устройства.

## Схема и принцип работы

Схема электрическая принципиальная фотореле показана на рис. 1. Фотореле содержит:

- стабилизатор и фильтр питания на элементах R1, R2, VD1...VD3, DA1, C1...C5;
- фотодиодный усилитель на транзисторах VT3, VT4;
- супервизор питания на транзисторах VT5...VT7;
- две RC-цепочки сброса на элементах C6, R12 и C7, R26;
- генератор прямоугольных импульсов на основе триггера Шмитта DD1.4;
- счётчик-делитель на 2048 на ИМС DD2;
- схему сдвига уровня на транзисторах VT1 и VT2 и коммутирующий симистор VS1.

При первом включении питания в светлое время суток фотореле включает лампу на 2 секунды, а затем переходит в режим ожидания до момента снижения уровня освещённости до заданного порога. При первом включении в

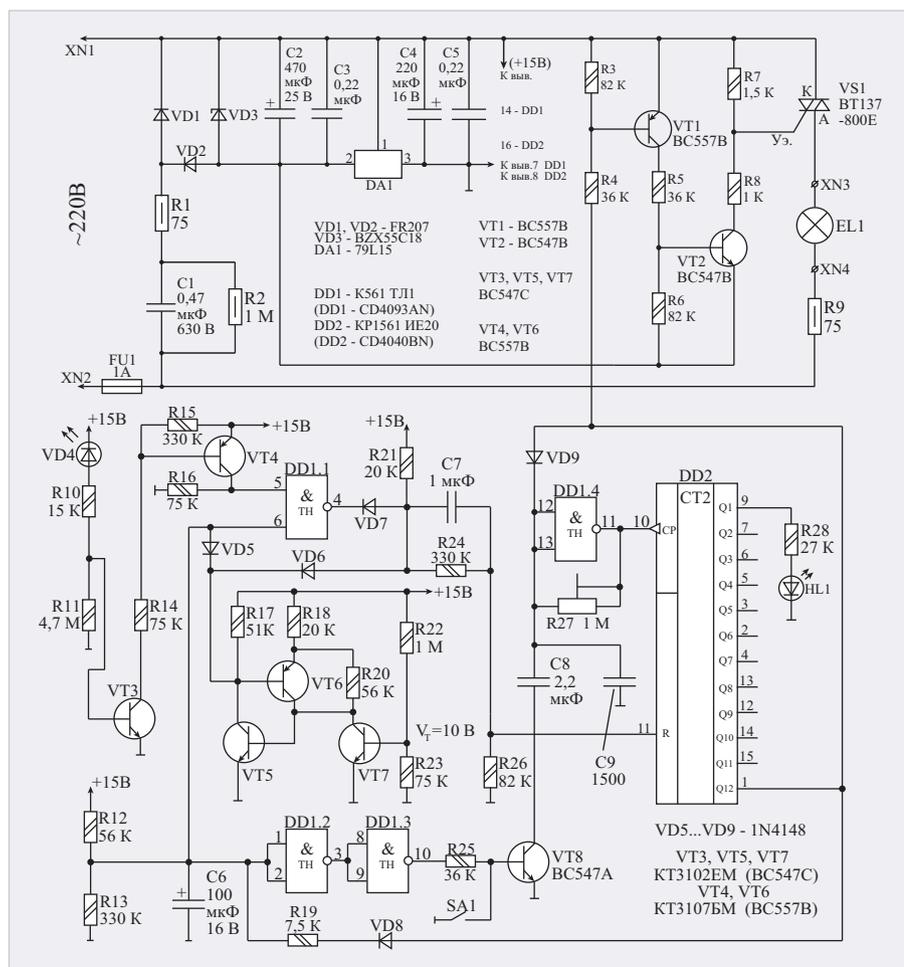


Рис. 1. Фотореле с нестандартным алгоритмом для светодиодной лампы. Схема электрическая принципиальная

тёмное время суток лампа также включается на 2 секунды, но затем фотореле переходит в нормальный рабочий режим с интервалом отсчёта таймера 20 минут до момента возрастания внешней освещённости до заданного порога.

Рассмотрим работу фотореле, считая, что оно было первоначально включено в светлое время суток. В начальный момент времени конденсаторы С6 и С7 разряжены. При подключении к сети питающее напряжение на выходе стабилизатора появляется не мгновенно, а нарастает от 0 до 15 В в течение десятых долей секунды. В это время срабатывает супервизор, собранный на транзисторах VT5...VT7, который формирует короткий отрицательный импульс при изменении питающего напряжения в пределах 1,5...10 В. Такой же отрицательный импульс формируется на выходе супервизора (на коллекторе VT5) и при снижении питающего напряжения от 10 до 1,5 В. В этом промежутке изменения питающих напряжений на выходе элемента DD1.1 поддерживается уровень лог. «1». Конденсаторы С6 и С7 остаются разряженными благодаря току через диоды VD5 и VD6. После достижения питающим напряжением уровня 10 В и выше транзистор VT7 супервизора открывается, а VT6 и VT5 закрываются. Диоды VD5 и VD6 закрываются и на дальнейшую работу схемы влияния не оказывают. Конденсатор С6 начинает заряжаться через резистор R12, а левая по схеме обкладка конденсатора С7 оказывается подключённой к напряжению источника питания через резистор R21. Теперь конденсатор С7 начинает заряжаться через резистор R26, и на его правой по схеме обкладке формируется короткий импульс положительной полярности, который сбрасывает счётчик DD2 в исходное нулевое состояние.

На выходе старшего разряда счётчика DD2 появляется уровень лог. «0», который разблокирует генератор на элементе DD1.4. На счётном входе счётчика появляются прямоугольные импульсы, увеличивающие его состояние. Светодиод HL1 при этом светится постоянно. Одновременно уровень лог. «0» через резистор R4 открывает транзистор VT1, а вслед за ним открываются транзисторы VT2 и симистор VS1, что приводит к включению светодиодной лампы.

После достижения счётчиком DD2 2048-го состояния на выходе его старшего разряда появляется уровень лог. «1», который через цепочку

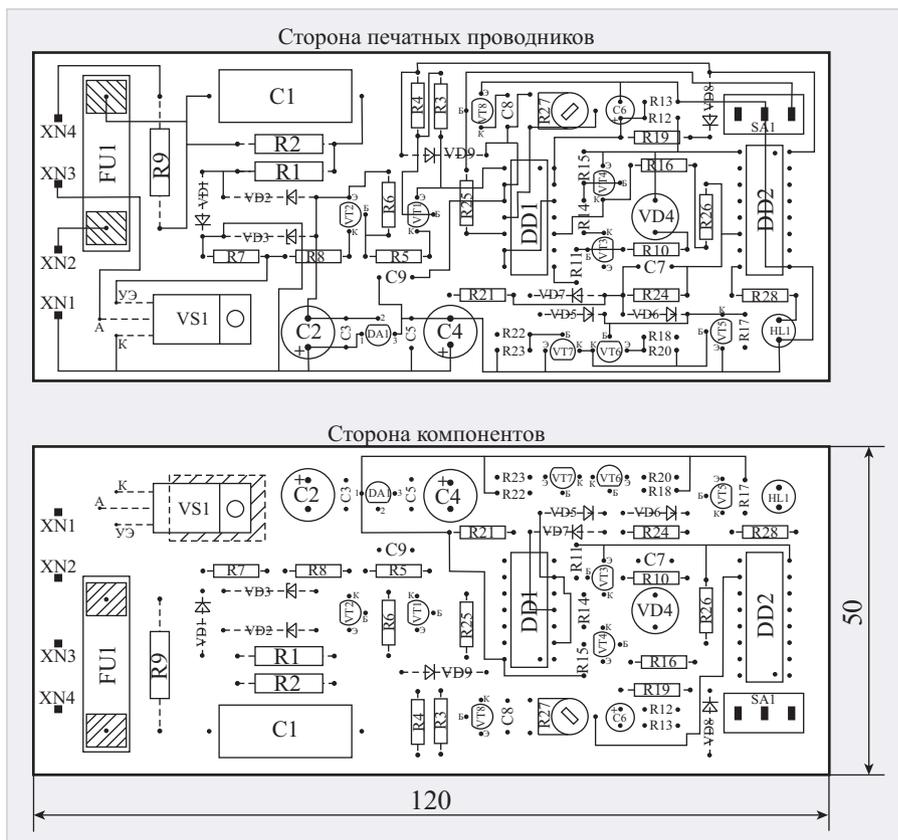


Рис. 2. Фотореле с нестандартным алгоритмом для светодиодной лампы. Рисунок печатной платы

ку VD8-R19 быстро заряжает конденсатор С6 и устанавливает на выходе DD1.3 уровень лог. «1». Транзистор VT8 открывается и подключает нижний по схеме вывод конденсатора С8 к общему проводу. Благодаря этому следующий запуск генератора произойдёт уже на частоте около 2 Гц. Одновременно уровень лог. «1» закрывает транзисторы VT1, VT2 и симистор VS1; лампа при этом выключается.

Как отмечено выше, излучение лампы должно быть направлено на фотодиод VD4. Если уровень внешнего освещения при выключении лампы окажется достаточно высоким (в светлое время суток), то перезапуска таймера не произойдёт, и лампа останется в выключенном состоянии. При этом фотодиод VD4 будет засвечен, и сопротивление его перехода будет относительно невысоким, а транзисторы VT3 и VT4 будут оставаться в открытом состоянии и на верхнем по схеме входе элемента DD1.1 будет поддерживаться уровень лог. «1».

При снижении уровня внешней освещённости до заданного порога сопротивление перехода фотодиода VD4 возрастёт настолько, что транзисторы VT3 и VT4 закроются, и на верхнем по схеме входе элемента DD1.1 будет сформирован уровень лог. «0». Соответственно на выходе DD1.1 будет сформирован

положительный перепад напряжения, который, дифференцируясь цепочкой С7-R26, обнулит счётчик DD2 и разблокирует генератор на логическом элементе DD1.4. Как отмечено выше, генератор заработает на частоте около 2 Гц и таймер начнёт обрабатывать выдержку около 20 мин (точное значение 17 мин 4 с при частоте вспышек светодиода 1 Гц).

После завершения выдержки вышеописанный процесс повторится: лампа погаснет на доли секунды и включится вновь при условии, если уровень внешней освещённости окажется ниже заданного порога (в тёмное время суток). Так будет повторяться с интервалами 20 минут до тех пор, пока уровень внешней освещённости не достигнет заданного порога (на рассвете или в светлое время суток). При этом перезапуска таймера не произойдёт, и лампа будет оставаться в выключенном состоянии до момента уменьшения уровня внешней освещённости до заданного порога.

### Конструкция и детали

Фотореле собрано на печатной плате из двустороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм размерами 120×50 мм (рис. 2). Пла-

та устанавливается в пластмассовую разветвительную коробку подходящих размеров. В крышке коробки необходимо предусмотреть отверстия для фотодиода и переключателя SA1.

В устройстве использованы постоянные резисторы типа МЛТ-0,5 (R1, R2, R9), подстроечный (R27) – типа СПЗ-386 в горизонтальном исполнении, остальные – МЛТ-0,125, конденсаторы неполярные типа К73-17 (C1), остальные – К10-17, оксидные типа К50-35 или импортные, интегральный стабилизатор DA1 – типа 79L15. ИМС К561ТЛ1 заменяема на КР1561ТЛ1 или импортные аналоги CD4093AN или CD4093BN, а КР1561ИЕ20 – на CD4040BN. Транзистор VT3 в фотодиодном усилителе должен быть с максимальным коэффициентом усиления, например, из серии КТ3102 с индексами «ГМ» или «ЕМ» или импортный BC547C. Транзисторы VT2, VT5, VT7 могут быть из серии КТ3102 с любыми индексами, например, «БМ» или «ВМ» или импортные BC547A, BC547B. Транзисторы VT2, VT4, VT6 могут быть из серии КТ3107 с любыми индексами или импортные из серии BC557. Транзистор VT8 может быть из серий КТ503 или КТ3102 с любыми индексами. Стабилитрон VD3 может быть с напряжением стабилизации 18...22 В, например, BZX55C20, BZX55C22, BZX85C18 или

аналогичный. Фотодиод использован типа ФД263. Диоды VD1, VD2 средней мощности должны быть с минимально допустимым рабочим напряжением не менее 400 В. Диоды VD5...VD9 могут быть любыми маломощными кремниевыми из серий КД503, КД521, КД522, 1N4148 или аналогичные. Для распайки переключателя SA1 типа П1Т-1-1В на плате предусмотрены отверстия соответствующей конфигурации. Симистор VS1 может быть из серий ВТ137, ВТ138, ВТ139 с рабочим напряжением не менее 400 В. Симистор в радиаторе не нуждается. Он фиксируется на плате с помощью винтового соединения. Для этого на плате предусмотрено отверстие диаметром 3 мм.

Настройка фотореле заключается в установке требуемого времени выдержки с помощью резистора R27. При настройке лампы EL1 направляют на фотодиод и подключают автомат к сети в **основном** режиме при показанном на схеме положении переключателя SA1. Подстроечным резистором R27 добиваются мигания светодиода с частотой около 1 Гц. Затем фотореле отключают от сети (!) и переводят в **сервисный** режим переключением SA1 в нижнее по схеме (замкнутое) положение. Лампа должна быть направлена на фотодиод, а уровень внешнего освещения должен

быть минимальным (как в тёмное время суток). Автомат вновь подключают к сети и теперь при низком уровне внешней освещённости контролируют кратковременное погасание и включение лампы с периодом около 2 секунд. Далее с помощью вспомогательного источника света (например, другой лампы или фонарика) освещают фотодиод. Мигание лампы EL1 должно прекратиться, и она должна оставаться в выключенном состоянии. Затем фотореле переводят в **основной** рабочий режим (**при отключённой сети!**) переключением SA1 в верхнее по схеме (разомкнутое) положение. На этом настройка завершена. Фотореле готово к работе.

**Внимание!** При настройке устройства необходимо помнить о соблюдении правил техники безопасности. Конструкция не имеет гальванической развязки от сети переменного тока! Все элементы находятся под напряжением ~220 В. При настройке устройства необходимо использовать отвёртку с ручкой из изоляционного материала.

## Литература

1. *Одинец А.Л.* Фотореле с нестандартным алгоритмом // Электрик. 2013. № 11.
2. *Одинец А.Л.* Фотореле с нестандартным алгоритмом и функцией таймера // Современная электроника. 2016. № 6. 

## НОВОСТИ МИРА

### Китай становится экспортёром интеллектуальной собственности для всего мира: за год там выдали рекордные 700 тыс. патентов

Глава Китайской национальной администрации интеллектуальной собственности сообщил, что в 2021 году в стране выдано 696 000 патентов на изобретения, что на 30% больше по сравнению с 2020 годом.

Это «смещает инновации на Восток», констатировало высшее должностное лицо в данной сфере. Не менее важно, что Китай продолжает наводить порядок в области использования интеллектуальной собственности, чем привлекает иностранный бизнес и технологии.

Помимо количества Китай не забывает о качестве патентов. В 2021 году в среднем на 10 тыс. патентных заявок было подано 7,5 патента с «высокой ценностью» (high-value patents). Это патенты, за которыми стоит государственная премия в области науки и техники или патентная премия Китая. В 2021 году число таких «ценных» патентов было

почти в два раза больше, чем в 2017 году.

«Китай показал хорошие результаты по многим сегментированным показателям. <...> Это говорит о том, что Китай превращается из импортёра интеллектуальной собственности в крупного создателя интеллектуальной собственности», – сказал глава патентного управления Шэнь Чаньюй (Shen Changyu).

За последние пять лет Китай умножил усилия по превращению в страну с богатой интеллектуальной собственностью. За этот период было выдано свыше 2,53 млн патентов на изобретения, а среднегодовой темп роста составил 13,4%. Признают это и за рубежом. В глобальном инновационном индексе Всемирной организации интеллектуальной собственности Китай занял 12-е место, поднявшись туда с 22-го места, которое он занимал в 2017 году. Тем самым Китай опередил в этом списке целый ряд развитых стран, включая Японию, Израиль и Канаду.

Другой рекордный показатель для Китая – это подача в 2021 году в стране 69 500 международных патентных заявок через Договор о

патентной кооперации. Это также самый высокий показатель в мире, который фиксируется третий год подряд. Это означает, что инновационная активность в Китае самая сильная на планете и с 2019 года выше, чем в США.

Эффективность использования прав интеллектуальной собственности также растёт. Если в 2019 году добавленная стоимость патентоёмких отраслей составляла 11,6% ВВП Китая, то в 2020 году она поднялась до 12% и достигла 12,13 трлн юаней (\$1,86 трлн). К 2025 году этот показатель должен подняться до 13%.

Наконец, в этом году Китай присоединился к Гаагской системе международной регистрации промышленных образцов, что означает, что после 5 мая, когда правила вступят в силу, иностранные граждане смогут получить в Китае международную защиту промышленных образцов. Это и другие инициативы должны привести к тому, что к 2035 году страна станет сильнейшей державой с соблюдением прав интеллектуальной собственности со своей спецификой и мировыми стандартами.

[russianelectronics.ru](http://russianelectronics.ru)

## НОВОСТИ МИРА

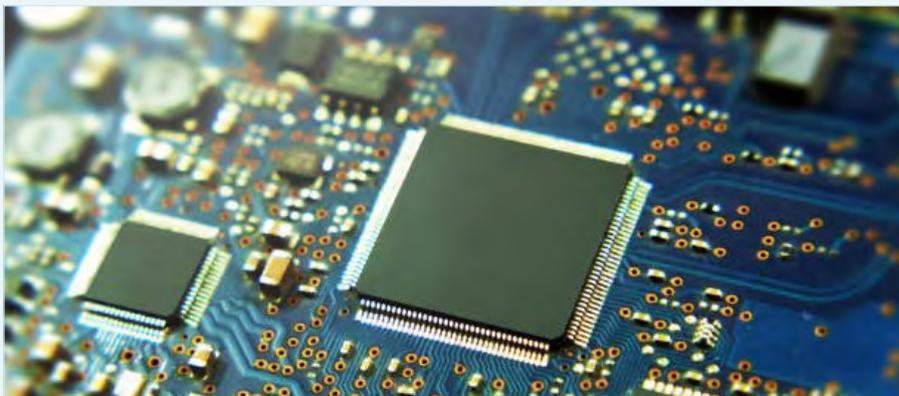
## Учёный рассказал об успехах России в производстве микроэлектроники

В России приступили к строительству завода для производства современных процессоров 28 нм и разрабатывают фотолитографы. Об этом рассказал кандидат технических наук, доцент кафедры телекоммуникационных систем НИУ МИЭТ Александр Тимошенко 28 апреля в комментарии ИА Красная Весна.

«Сейчас в России полностью отлажено производство по технологиям уровня 90 нм, есть наработки по 65 нм. Если переводить в термины потребительской электроники, то это уровень процессоров 2005–2008 годов», – рассказал Тимошенко.

По его мнению, маловероятно, что в России станут массово производить подобные процессоры. Причины в том, что нет потребности в большом количестве технологически старых процессоров и нет достаточных производственных мощностей.

«Другое дело – это производство микроэлектронной продукции для отдельных компаний или под отдельные задачи, как, например, замена чипов для банковских и транспортных карт», – добавил учёный. Он



объяснил, что правительство Москвы оплатило изготовление чипов для карт на зеленоградском «Микроне».

«Сейчас уже идёт строительство завода на 28 нм, кроме того, развивается проект по созданию кластерных фабрик, где можно изготовить отдельные микросхемы», – рассказал эксперт. По его словам, невозможно в короткий срок заменить всё иностранное оборудование для создания отечественных интегральных схем. Отрасль слишком долго нуждалась в экономической поддержке, пояснил эксперт.

Часть технологического оборудования для микроэлектроники уже разрабатывается в России, отметил Тимошенко.

«В конце прошлого года Зеленоградский нанотехнологический центр (ЗНТЦ) начал разработку одного из ключевых типов оборудования для производства микроэлектроники, фотолитографа», – рассказал эксперт. Он добавил, что современные фотолитографы сейчас изготавливаются только в Нидерландах (ASML) и Японии (Nikon и Canon).

«Кроме того, разработкой безмасочного фотолитографа для технологии 28 нм в этом году занялись специалисты Московского института электронной техники (МИЭТ)», – подвёл итог кандидат технических наук.

*rossaprimavera.ru*

## Учеными ЛЭТИ синтезированы новые композитные материалы для СВЧ-электроники будущего

В Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) – сокращённо СПбГЭТУ «ЛЭТИ» – рассказали о синтезировании новых композитных материалов для СВЧ-электроники будущего. Как отметили в вузе, количество информации, переданной посредством беспроводной связи, во всём мире возрастает с конца XIX века, когда учёные сделали новаторские открытия в сфере телекоммуникаций. Внёс вклад в передачу данных с помощью электромагнитных сигналов и выдающийся российский исследователь, создатель радио и первый выборный директор СПбГЭТУ «ЛЭТИ» Александр Попов.

Сегодня больше всего распространены системы радиосвязи, радиовещания, навигации и спутниковой связи, действующие на частотах, которые не превышают несколько ГГц. Между тем необходимость увеличения объёма передаваемых данных заставляет учёных искать пути для перехода на более сверхвысокие частоты (СВЧ), что



требует новых материалов и компонентной базы для производства. В ЛЭТИ получили композитный материал для создания СВЧ-электроники будущего.

В его состав входит силикатное стекло (KFeSi) и классический сегнетоэлектрик – титанат бария (BaTiO<sub>3</sub>). Смешивая данные материалы в различных пропорциях, можно синтезировать композит с заданными электрическими свойствами – диэлектрической проницаемостью и потерями. Помимо этого, свойства сегнетоэлектрика позволяют управлять проницаемостью композита, напри-

мер, внешним электромагнитным полем, – рассказали в вузе.

Низкий уровень диэлектрических потерь и высокая управляемость разработанных материалов позволят в будущем на их основе создать такие СВЧ-устройства, как фазовращатели, конденсаторы с переменной ёмкостью, фазированные антенные решётки и управляемые фильтры.

В конце прошлого месяца также стало известно о спроектированной учёными ЛЭТИ компактной и энергоэффективной ячейке памяти для квантового компьютера.

*industry-hunter.com*

# «Умный» дом для райцентра

Сергей Шишкин (svshi1969@mail.ru)

**В статье представлено построение «умного» дома в сельской местности, в райцентре на базе программируемого реле ОВЕН ПР200. Автор приводит построение каждой из систем УД в среде OWEN Logic.**

«Умными» называют жилые дома современного типа, организованные для проживания людей при помощи автоматизации и высокотехнологичных устройств. В Интернете, в научно-технической литературе, в рекламе компаний, которые предлагают построить жильё с элементами «умного» дома, информации о них предостаточно. Под «умным» домом следует понимать систему, которая обеспечивает безопасность, комфорт и ресурсосбережение. В простейшем случае она должна уметь распознавать конкретные ситуации, происходящие в доме, и соответствующим образом на них реагировать. Для того чтобы сделать свою жизнь полной комфорта и безопасности, не обязательно перестраивать всё в доме или в квартире за один раз. Можно постепенно добавлять (или убирать) необходимые системы и шаг за шагом приближаться к своей мечте. Более того, практически каждому, желающему обзавестись умным домом, вполне по силам собрать его своими руками и по необходимости совершенствовать. Причём «глубину интеллекта» умного дома, видимо, должен задать (или ограничить) пользователь. Можно создать в виртуально-цифровом пространстве цифровые двойники составных частей объекта автоматизации. Отрабатывать и проверять до бесконечности оптимизацию процесса без «существенных» затрат. А зачем? Видимо, здесь пользователь должен решить для самого себя, что же ему нужно. Задать чёткие границы, красные линии, которые нет смысла переходить.

Приезжая на свою малую родину из города, каждый раз отмечаю, как хорошеет и благоустраивается райцентр. Да, конечно, проблем хватает. Но тем не менее строятся новые дороги (ремонтируются старые), муниципальное жильё, инфраструктура. Не стоит на месте и ИЖС. Наверное, половина домов у селян – каменные, «изб нет – одни палаты». Архитектурный облик российского райцентра в средней полосе за последние 20 лет значительно изменился в лучшую

сторону. Рассмотрим более подробно объект автоматизации в сельской местности, в райцентре. Пусть это добротный каменный дом с жилой площадью в районе 100 м<sup>2</sup> с подвалом. Имеются газ, вода, канализация. Центрального горячего водоснабжения, как правило, нет. Есть гараж (нередко дом и гараж – одно здание, гараж может быть в цокольном этаже), приусадебный участок с садом и огородом, дворовые постройки, погреб, подпол, баня, колодец с насосом, теплица, птичник и др. (для автоматизации задач более чем достаточно). Как объект автоматизации, дом с приусадебным участком и постройками даже интереснее квартиры. Зимнего сада, оранжереи с тропической флорой и бассейна, как правило, нет. Единой системы диспетчерского контроля с выходом на центральный диспетчерский пульт поселка (райцентра) тоже нет. Границы автоматизированной системы управления «умный дом» (далее АСУ УД) проходят по периметру приусадебного участка. Условия жизни и ментальность сельских жителей в глубинке несколько иная, чем жителей «умных деревень» мегаполисов. Для сельского жителя при применении АСУ УД на первый план выходят вопросы экономии ресурсов, времени, а также вопрос эксплуатации и обслуживания самой системы. Его мало интересуют различные замысловатые сценарии для системы освещения или загрузка программ в стиральную машину через Интернет. Большинство сельского населения вообще не видит смысла в этих дорогих игрушках и относится к ним как к ненужной роскоши. Если что и автоматизировать, то самое необходимое, самое основное, незаменимое. Здесь нужны простые надёжные решения, прошедшие проверку временем, доступные для массового пользователя.

Основные инженерные системы, каналы измерений и функциональные узлы в доме, которые можно автоматизировать и встроить в АСУ УД:

- система контроля температуры (дома и дворовых построек);

- контроль температуры в доме (канал измерения и контроля температуры № 1);
- контроль температуры на улице (канал измерения и контроля температуры № 2);
- контроль температуры в погребе (канал измерения и контроля температуры № 3);
- контроль температуры в гараже (канал измерения и контроля температуры № 4);
- система управления освещением (дома, приусадебной и придомовой территории);
- система обогрева и отопления (в том числе и сезонный обогрев гаража, теплицы);
- управление автоматическими воротами;
- система охранной сигнализации (охрана дома и внешнего периметра);
- система пожарной сигнализации;
- контроль влажности;
- контроль газа;
- контроль затопления подвала;
- имитация присутствия;
- автоматическое выключение света в помещениях;
- приточно-вытяжная вентиляция;
- система резервного электропитания.

Каналы измерения и контроля температуры условно отнесены к системе контроля температуры. При этом измеренная температура может быть задействована в других системах АСУ УД.

Блок управления выполнен на базе устройства функционального ОВЕН ПР200-24.4.2 (далее – ПР200). Устройство управляющее многофункциональное ПР200 относится к классу приборов «программируемое реле». Подобные приборы широко применяются для построения автоматизированных систем управления при решении задач локальной автоматизации. Их применение снижает затраты на проектирование и изготовление систем управления, повышает их надёжность, снижает издержки и эксплуатационные расходы. Его внешний вид приведён на рис. 1.

Фактически ПР200 представляет собой программируемое реле с дисплеем. Прибор предназначен для построения простых автоматизированных систем управления технологическим оборудованием. ПР200 программиру-



Рис. 1. Внешний вид реле PR200

ется в OwenLogic на языке FBD. Пользовательская программа записывается в энергонезависимую Flash-память прибора. Прибор поддерживает следующие функции:

- работа по программе, записанной в память;
- работа в сети RS-485 по протоколу Modbus RTU/Modbus ASCII в режиме Master или Slave;
- обработка входных сигналов от датчиков;
- управление подключёнными устройствами с помощью дискретных или аналоговых сигналов;
- отображение данных на ЖКИ;
- ввод и редактирование данных с помощью кнопок на лицевой панели.

PR200 – это программируемый управляемый автомат с дисплеем, который позволяет посмотреть на дисплее состояние выходов и входов. Для увеличения количества входов и выходов головного устройства PR200, а значит, и для увеличения его функциональных возможностей необходимо задействовать следующие модули расширения: дискретного ввода/вывода ПРМ-Х.1; аналоговых входов и дискретных выходов ПРМ-Х.2; аналогового ввода-вывода ПРМ-Х.3. Каждый модуль имеет независимое питание с усиленной гальванической изоляцией, что позволяет подключать к прибору модули любой модификации с любым питающим напряжением. Допускается подключение модулей с различным напряжением питания к одному головному устройству в различных комбинациях. Внешний вид PR200 с подключёнными модулями расширения ПРМ-24.1, ПРМ-24.2 приведён на рис. 2.

Для удалённого обмена данными через беспроводную сеть GPRS задействован сетевой шлюз ПМ210-24. Он предназначен для передачи данных в OwenCloud. Облачный сервис OwenCloud можно подключить за впол-



Рис. 2. Внешний вид PR200 с подключёнными модулями расширения ПРМ-24.1, ПРМ-24.2

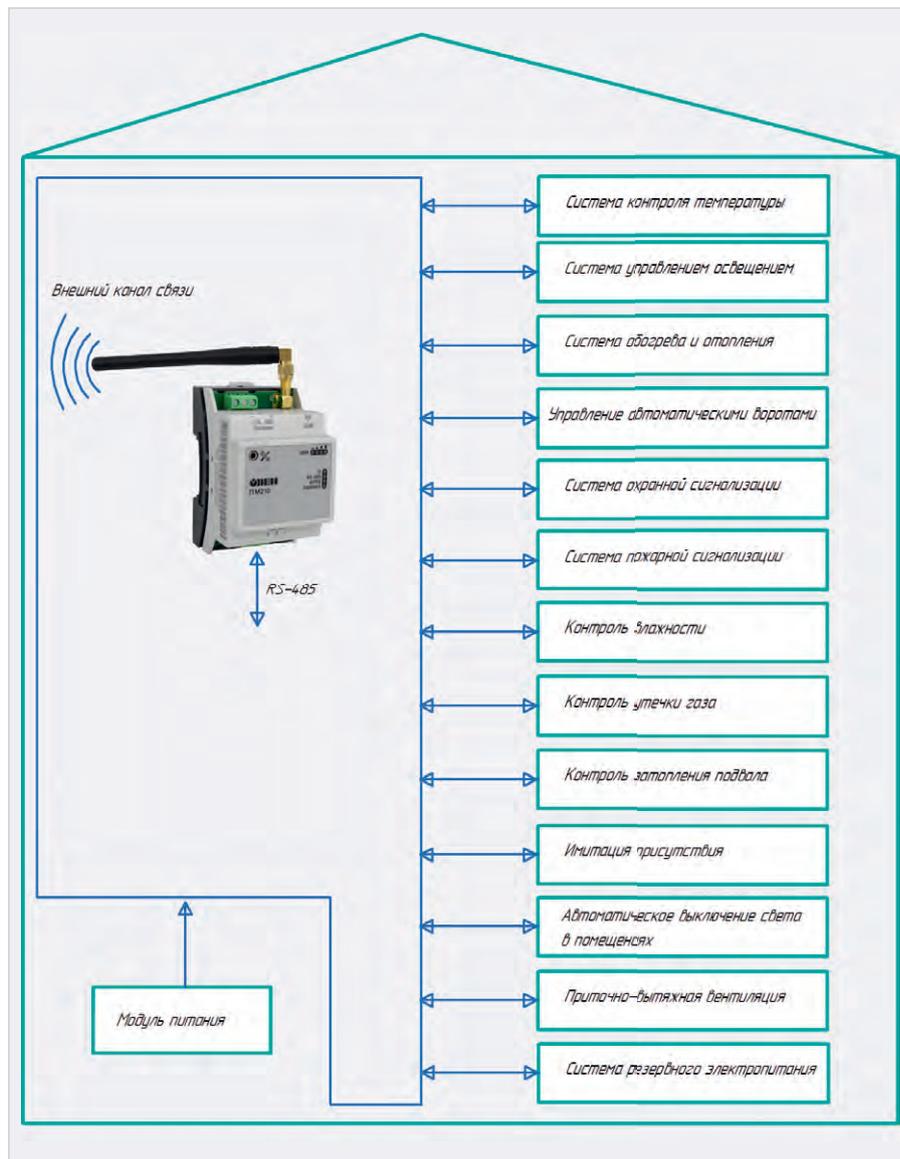


Рис. 3. Структурная схема АСУ УД на базе PR200

не умеренную плату. Структурная схема АСУ УД, на базе PR200 приведена на рис. 3.

Принципиальная схема PR200 с модулями расширения ПРМ-24.1 и ПРМ-24.2 приведена на рис. 4.

На принципиальной схеме приведено только подключение органов управления и датчиков к входным цепям

PR200 и ПРМ-24.1. Тумблеры SA1-SA7 МТД1, кнопка S1 (без фиксации) ПКн – 105М-1. Пожарный извещатель ВА1 типа ИП-212-4С. Извещатель охранный ВА2 типа ИО 102 Люкс. В качестве датчика освещённости ВА3 можно задействовать фотореле типа ФР-9М. ВА4-ВА6 – датчики протечки типа «h2o-Контакт» ТУ 4214-002-52738979-2015.

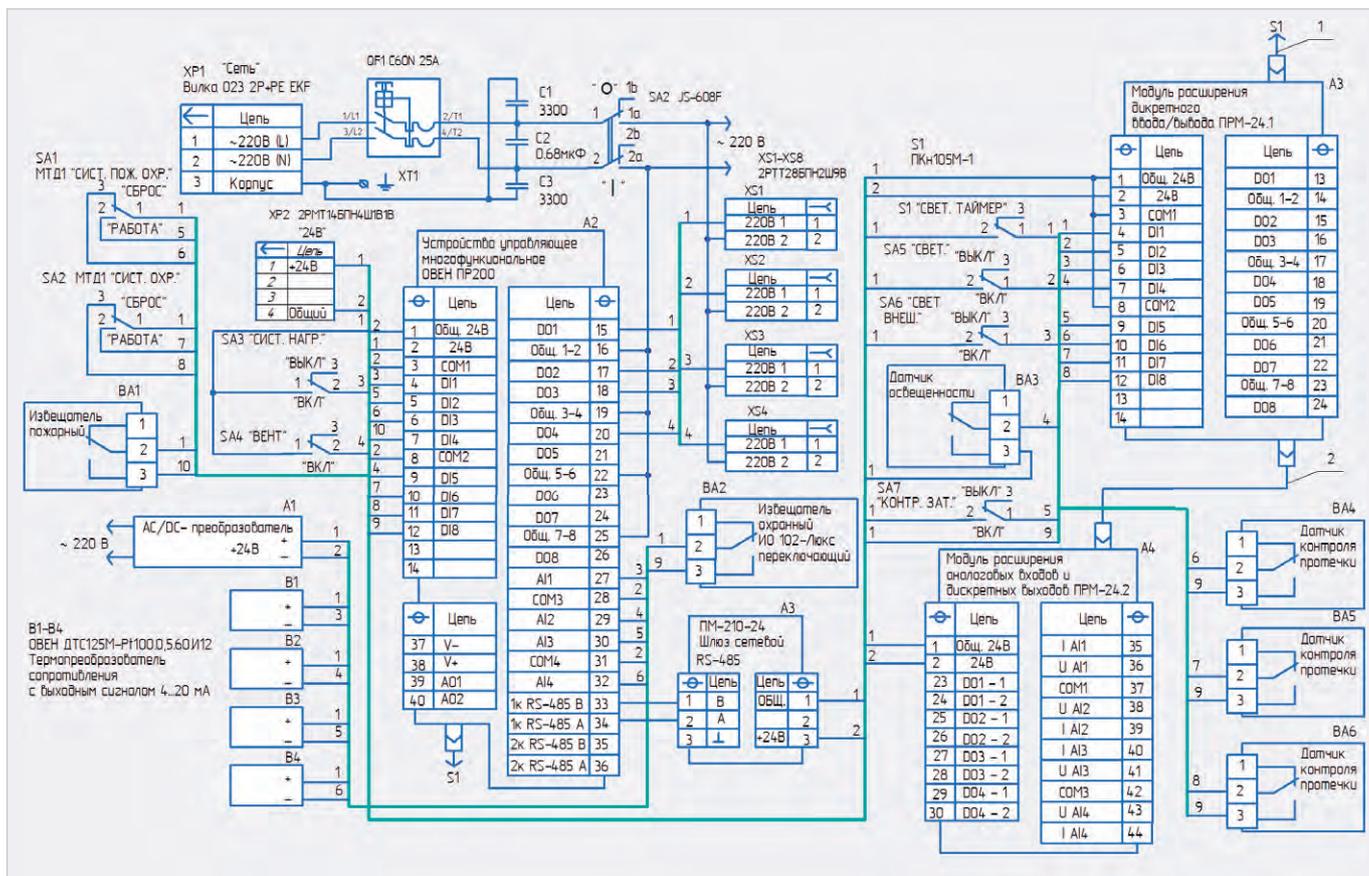


Рис. 4. Принципиальная схема PR200 с модулями расширения PPM-24.1 и PPM-24.2

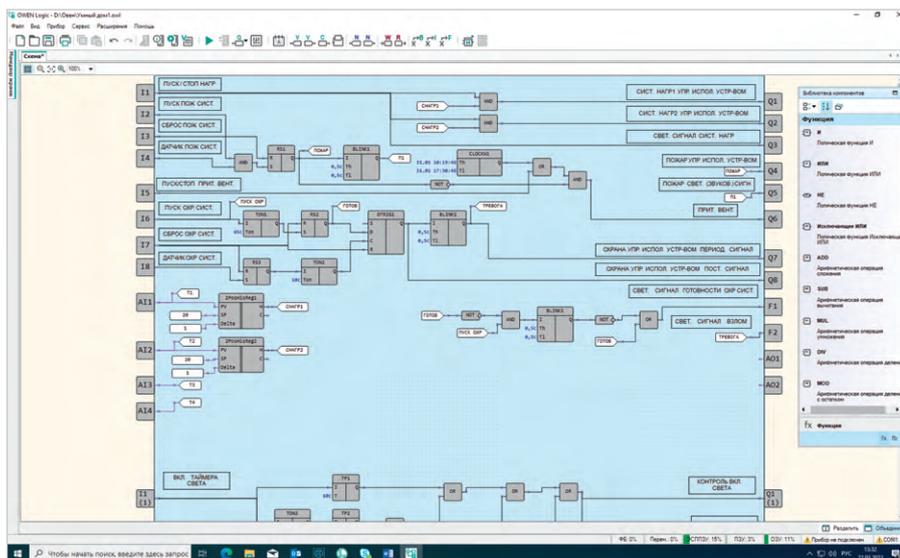


Рис. 5. Скриншот управляющей программы для систем контроля и измерения температуры, систем обогрева № 1 и № 2, пожарной и охранной сигнализации, приточно-вытяжной вентиляции в среде OWEN Logic

Датчики температуры В1...В4 типа ОВЕН ДТС125М-Rt100.0,5,6.0.И12.

В данной конфигурации PR200 вместе с PPM-24.1 и PPM-24.2 можно задействовать 8 универсальных аналоговых входов, 16 дискретных входов, 20 дискретных выходов, 2 аналоговых выхода. Причём 8 универсальных аналоговых входов можно сконфигурировать как дискретные. Допустимый ток нагруз-

ки по каждому каналу реле в PR200 и в модулях расширения PPM (дискретные выходы DO): 5 А, при напряжении не более 250 В переменного тока. При управлении мощными нагрузками необходимо применять промежуточные реле, магнитные пускатели, контакторы, мощные симисторные блоки или твердотельные реле, рассчитанные на соответствующую нагрузку. Техно-

логические шлейфы 1 и 2 (входят в комплект поставки) подключают соответственно PR200 к PPM-24.1 и PPM-24.1 к PPM-24.2. На принципиальной схеме показано подключение кнопок управления S1, S2 и четырёх датчиков температуры В1...В4 с токовым выходом. Данные датчики подключаются к аналоговым входам А11- А14 реле PR200. Датчики подключаются через нормирующий преобразователь с унифицированным выходом (0...10 В; 4...20 мА). Для этого входы А11...А14 необходимо аппаратно и программно сконфигурировать соответствующим образом. Нормирующий преобразователь может быть встроен в первичный датчик.

Рассмотрим примеры построения некоторых систем АСУ УД, приведённых в статье. Разработку управляющей программы в среде OWEN Logic рекомендуется начинать после тщательного ознакомления с алгоритмом работы объекта локальной автоматизации и его составных частей. Необходимо иметь представление о всех возможных состояниях ПР при функционировании (в виде диаграммы режимов, таблицы состояний, электрической или функциональной схемы и/или др.). После того как продуманы все задачи, которые должны выполняться, необходимо

составить программу на основе функций (логических элементов), функциональных блоков, а также макросов проекта. Применение макросов значительно сокращает время разработки ПО АСУ УД. На рис. 5 приведён скриншот управляющей программы для систем контроля и измерения температуры, систем обогрева № 1 и № 2, пожарной и охранной сигнализации, приточно-вытяжной вентиляции в среде OWEN Logic. Все датчики и исполнительные устройства вышеуказанных систем подключены к ПР200.

В табл. 1 приведено функциональное назначение дискретных и аналоговых входов реле ПР200 в устройстве.

В табл. 2 приведено функциональное назначение дискретных выходов реле ПР200 в устройстве.

В скриншоте управляющей программы для управления аппаратной частью ПР200 можно выделить пять функциональных блоков и систем: система обогрева № 1; система обогрева № 2; блок пожарной сигнализации; блок охранной сигнализации; блок управления приточно-вытяжной вентиляцией. Системы нагрева № 1 и № 2 выполнены на базе макросов 2PosHisReg1 и 2PosHisReg2 и двух логических элементов 2И-НЕ. Данные макросы представляют собой двухпозиционные регуляторы, в которых только нужно задать уставку SP и гистерезис Delta. При нажатии на кнопку S1 (кнопка с фиксацией) лог. 1 поступает на входы элементов 2И, при этом выходные сигналы с 2PosHisReg1 и 2PosHisReg2 поступают соответственно на выходы Q1 и Q2. Блок пожарной сигнализации включает в себя следующие основные элементы: RS-триггер RS1; генератор импульсов BLINK1, а также логические элементы ИЛИ, 2И. Блок пожарной сигнализации готов к работе после установки тумблера SA1 в положение «1». При срабатывании датчика пожарной сигнализации выход RS-триггер RS1 устанавливается в лог. 1. Включается исполнительное устройство, подключённое к выходу Q4 (автоматическая система пожаротушения или ревун). Блок управления приточно-вытяжной вентиляцией включает в себя следующие основные элементы: интервальный таймер с недельным циклом работы CLOCKW1; логические элементы 2И и НЕ. Вышеуказанный блок может работать в двух режимах. В ручном, при нажатии на кнопку S2 (кнопка с фиксацией), либо в автоматическом.

Таблица 1. Функциональное назначение дискретных и аналоговых входов реле ПР200

Дискретный вход в ПР200	Обозначение в среде OWEN Logic	Функциональное назначение в устройстве	Примечание
DI1	I1	Подключение тумблера SA3	Тумблер для управления системами нагрева № 1 и № 2
DI2	I2	Подключение тумблера SA1	Тумблер SA1 в положении «РАБОТА» – пуск системы пожарной охраны (включение)
DI3	I3	Подключение тумблера SA1	Тумблер SA1 в положении «СБРОС» – сброс системы пожарной охраны (выключение)
DI4	I4	Подключение датчика пожарной сигнализации BA1	
DI5	I5	Подключение тумблера SA4	Управление приточно-вытяжной вентиляцией в ручном режиме
DI6	I6	Подключение тумблера SA2	Тумблер SA2 в положении «РАБОТА» – пуск системы охраны (включение)
DI7	I7	Подключение тумблера SA2	Тумблер SA2 в положении «СБРОС» – сброс системы охраны (выключение)
DI8	I8	Подключение датчика охранной сигнализации BA2	
Аналоговый вход в ПР200	Обозначение в среде OWEN Logic		
AI1	A11	Канал измерения и контроля температуры № 1	Контроль температуры в системе обогрева № 1 (в гараже)
AI2	A12	Канал измерения и контроля температуры № 2	Контроль температуры в системе обогрева № 2 (в теплице)
AI3	A13	Канал измерения и контроля температуры № 3	Измерение температуры в доме
AI4	A14	Канал измерения и контроля температуры № 4	Измерение температуры на улице

Таблица 2. Функциональное назначение дискретных выходов реле ПР200 в устройстве

Дискретный выход в ПР200	Обозначение в среде OWEN Logic	Функциональное назначение выхода в устройстве	Примечание
D01	Q1	Управление исполнительным устройством системы нагрева № 1	
D02	Q2	Управление исполнительным устройством системы нагрева № 2	
D03	Q3	Световой сигнал работы систем нагрева № 1 и № 2	
D04	Q4	Включение системы пожаротушения	
D05	Q5	Световой (звуковой) сигнал включения системы пожаротушения	
D06	Q6	Включение исполнительных устройств приточно-вытяжной вентиляции	
D07	Q7	В блоке охранной сигнализации, включение исполнительного устройства в режиме «Охрана» при наличии сигнала «Тревога»	Постоянный сигнал
D08	Q8	В блоке охранной сигнализации, включение исполнительного устройства в режиме «Охрана» при наличии сигнала «Тревога»	Периодический сигнал с периодом 1 с
Индикаторы в ПР200			
F1	F1	Световой сигнал готовности блока охранной сигнализации к выдаче сигнала «Тревога»	
F2	F2	Световой сигнал «Тревога»	

В автоматическом режиме работу приточно-вытяжной вентиляции определяет интервальный таймер с недельным циклом работы CLOCKW1. Он задаёт интервал работы данного блока от 0 до 24 ч каждый день по часам реального времени с учётом дней недели. При срабатывании пожарной сигнализации работа приточно-вытяжной вентиляции блокируется. Блок охранной сигнализации включает в себя следующие

основные элементы: RS-триггеры RS2, RS3; таймеры с задержкой включения TON1, TON2; D-триггер DTRIG1; генератор импульсов BLINK2, BLINK3; элемент 2И; два элемента НЕ.

Рассмотрим работу блока охраны. После установки тумблера SA2 в положении «Работа» запускается процедура перехода в режим «Охрана». Начинается обратный отсчёт времени таймера с задержкой включения TON1 (время

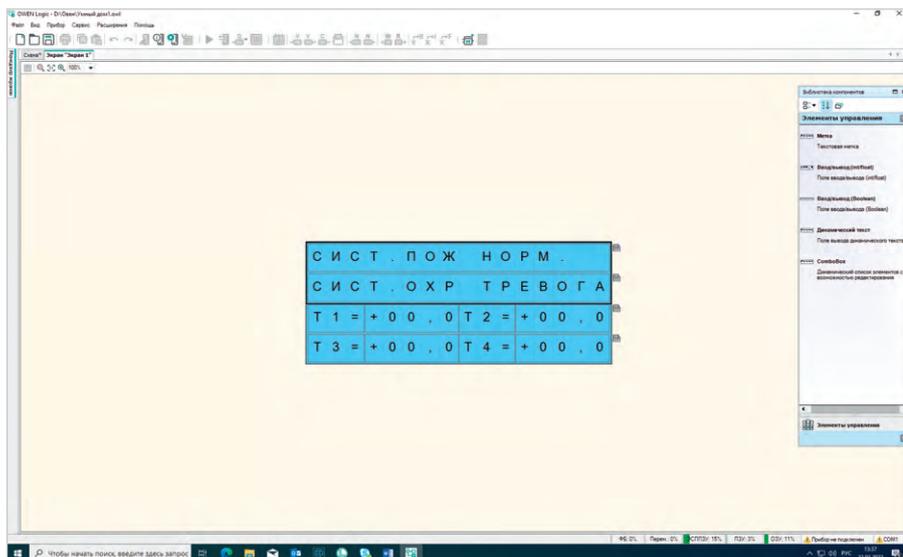


Рис. 6. Скриншот менеджера экранов в среде OWEN Logic

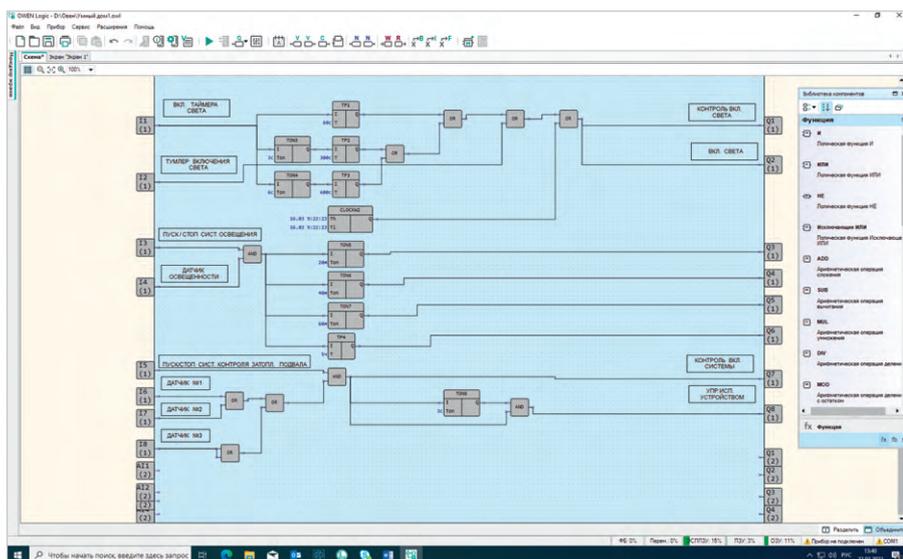


Рис. 7. Скриншот управляющей программы для системы включения света с автоматическим выключением, системы управления внешним освещением дома и приусадебного участка, системы контроля затопления подвала в среде OWEN Logic

задержки – 65 с). При этом индикатор F1 реле ПР200 периодически мигает. За это время нужно покинуть помещение, закрыть двери, окна – «Сдать помещение под охрану». Кроме того, у некоторых датчиков (извещателей) охраны после подачи питания имеется дежурный режим, его длительность определяется типом датчика. После дежурного режима датчики переходят в рабочий (активируются). То есть интервал задержки для TON1 заведомо должен быть больше этого значения и задаваться под каждый конкретный тип датчика охраны. Как только заданное значение времени таймера с задержкой включения TON1 примет нулевое значение, устройство ставится под охрану (режим «Охрана»). При этом индикатор F1 реле ПР200 горит постоянно. При включении охранно-

го извещателя, подключённого к входу DI8 реле ПР200, на выходе регистра RS3 устанавливается лог. 1. Начинается обратный отсчёт времени таймера с задержкой включения TON2 (время задержки – 10 с). Как только заданное значение времени таймера с задержкой включения TON2 примет нулевое значение, на выходе D-триггера DTRIG1 устанавливается лог. 1 (режим – «Тревога»). При этом индикатор F2 начнёт мигать. Для выхода из режимов «Охрана» или «Тревога» необходимо установить тумблер SA2 в положение «Сброс».

Состояние систем охраны и пожарной сигнализации в устройстве, а также показания датчиков температур выводятся на дисплей (экран) ПР200. На рис. 6 приведён скриншот менеджера экранов в среде OWEN Logic.

На рис. 7 приведён скриншот управляющей программы для системы включения света с автоматическим выключением, системы управления внешним освещением дома и приусадебного участка, системы контроля затопления подвала. Все датчики и исполнительные устройства вышеуказанных систем подключены к ПРМ-24.1.

В табл. 3 приведено функциональное назначение дискретных входов модуля расширения ПРМ-24.1 в устройстве.

В табл. 4 приведено функциональное назначение дискретных выходов ПРМ-24.1 в устройстве.

Система автоматического выключения света включает в себя следующие основные элементы: таймеры с задержкой включения TON3, TON4; таймеры с заданной длительностью включения TP1-TP3; четыре элемента ИЛИ и интервальный таймер с недельным циклом работы CLOCKW2. Алгоритм работы вышеуказанной системы следующий. При кратковременном (менее 2 с) нажатии на кнопку S3 запустится формирователь импульса TP1 с длительностью 60 с. Этот импульс проходит через три элемента ИЛИ, поступает на выход Q2(1) и, соответственно, включит свет в помещении на 60 с. При нажатии на кнопку S3 более 3 с и менее 6 с запустится формирователь импульса TP2 с длительностью 300 с. Этот импульс совершенно аналогично через три элемента ИЛИ поступит на выход Q2(1) и, соответственно, включит свет в помещении на 300 с. При нажатии на кнопку S3 более 6 с свет в помещении включится на 600 с. В данном случае длительность интервала включения света определяет формирователь импульса TP3. Интервальный таймер с недельным циклом работы CLOCKW1 позволяет автоматически включить свет в любой день недели по часам реального времени.

Система освещения придомовой территории выполнена на следующих элементах: таймеры с задержкой включения TON5–TON7; таймер с заданной длительностью включения TP4; логический элемент 2И. Данная система начинает функционировать после включения кнопки S3 (ПУСК) и срабатывания датчика освещённости. Меняя количество таймеров с задержкой включения TON и таймеров с заданной длительностью включения TP в OWEN Logic, а также их параметры, можно реализовать различные сценарии освещения придомовой территории.

Система контроля затопления подвала выполнена на следующих элементах:

Таблица 3. Функциональное назначение дискретных входов модуля расширения ПРМ-24.1

Дискретный вход в ПРМ-24.1	Обозначение в среде OWEN Logic	Функциональное назначение в устройстве	Примечание
DI1	I1(1)	Подключение кнопки S1 (без фиксации)	Включение света на 1, 5, 10 мин внутри помещения
DI2	I2(1)	Подключение тумблера SA5	Тумблер независимого (постоянного) включения света
DI3	I3(1)	Подключение тумблера SA6	Тумблер для управления системы освещения придомовой территории
DI4	I4(1)	Подключение датчика освещённости BA3	Датчик системы освещения придомовой территории
DI5	I5(1)	Подключение тумблера SA7	Тумблер для управления системы контроля затопления подвала
DI6	I6(1)	Датчик контроля протечки BA4	Датчики системы контроля затопления подвала
DI7	I7(1)	Датчик контроля протечки BA5	
DI8	I8(1)	Датчик контроля протечки BA6	

Таблица 4. Функциональное назначение дискретных выходов ПРМ-24.1 в устройстве

Дискретный выход в ПРМ-24.1	Обозначение в среде OWEN Logic	Функциональное назначение выхода в устройстве	Примечание
DO1	Q1(1)	Контроль включения света	Вкл/выкл индикатора
DO2	Q2(1)	Включение света в помещении	
DO3	Q3(1)	Включение света в отдельной зоне через 20 минут с момента включения датчика освещённости	
DO4	Q4(1)	Включение света в отдельной зоне через 40 минут с момента включения датчика освещённости	
DO5	Q5(1)	Включение света в отдельной зоне через 60 минут с момента включения датчика освещённости	
DO6	Q6(1)	Автоматическое выключение света в отдельной зоне через 5 ч с момента включения датчика освещённости	
DO7	Q7(1)	Контроль работы системы затопления подвала	Вкл/выкл индикатора
DO8	Q8(1)	Включение световой и звуковой сигнализации при включении датчиков протечки	

трёх элементах ИЛИ; таймере с задержкой включения TON8; двух элементах 2И. Функциональный узел, выполненный на таймере с задержкой включения TON8, увеличивает достоверность определения включения датчиков протечки. Для реализации остальных систем, приведённых на рис. 3, необходимо задействовать аппаратные и программные ресурсы ПРМ-24.2. Если их не хватит, то ничего страшного. В АСУ УД можно добавить ещё один узел ПР220 с модулями расширения ПРМ. Необходимая конфигурация модулей расширения ПРМ определяется конкретными задачами. ПР220 с модулями расширения ПРМ позволяет быстро организовать достаточно гибкий необходимый алгоритм работы различных систем АСУ УД и при необходимости оперативно его изменить с минимальными доработками в аппаратной части.

### Литература

1. Оборудование для автоматизации – официальный сайт компании «Овен» // URL: <http://www.owen.ru>.
2. Средства автоматизации технологических процессов. Сайт компании НПФ «Контрафт» // URL: <http://www.contravt.ru>. ©

**innodisk**

Industrial  
**SATADOM-MV**  
3ME4 Series

**SATADOM — ИДЕАЛЬНОЕ ЗАГРУЗОЧНОЕ РЕШЕНИЕ**

Компактные твердотельные накопители с интерфейсом SATA III с высокой скоростью передачи данных

**PROSOFT®** ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР (495) 234-0636 INFO@PROSOFT.RU WWW.PROSOFT.RU



уровень или аварийный минимальный уровень.

Для всех измерительных электродов, подключённых к контакту 1, используется общий электрод, подключённый к контакту 10 обмотки III трансформатора и находящийся в нижней точке контролируемой жидкости. Таким образом, в контролируемой по уровню жидкости устанавливаются несколько электродов на разных фиксируемых уровнях в общем объёме жидкости для измерения его уровня. Каждый контролируемый уровень, определяемый установленным измерительным электродом, требует применения отдельного узла контроля. Всё устройство контроля состоит из нескольких одинаковых узлов контроля уровня жидкости. При этом питание переменным током для всех устройств контроля осуществляется от общего маломощного источника. При отсутствии возможности использования переменного напряжения для питания узлов контроля возможно применение различных преобразователей с частотой не ниже 50 Гц с двухполярным напряжением  $\pm 12$  В и средней точкой. Общей точкой выходных сигналов контроля уровня жидкости явля-

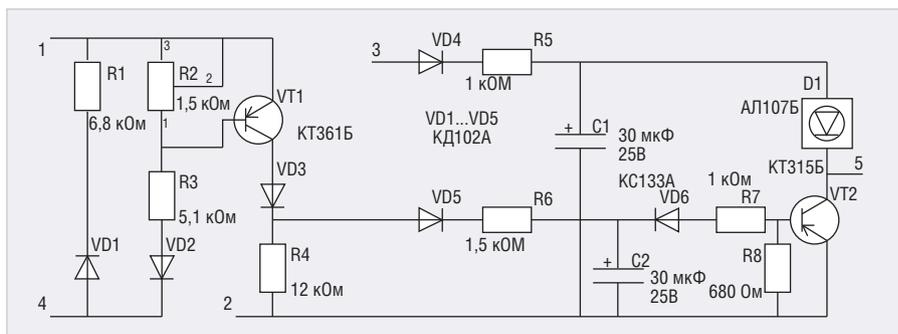


Рис. 2. Схема узла контроля датчика уровня

ется контакт 2 узла контроля датчика уровня жидкости (см. рис. 2). Выходные напряжения низкого уровня каждого узла контроля уровня жидкости (контакт 5) с током до 10 мА соответствуют состоянию электродов, помещённых в жидкость, контролируются свечением соответствующих индикаторов (D1). Выходное напряжение, отличное от нижнего уровня, соответствует электродам, которые находятся вне жидкости, контролируется отсутствием свечения индикаторов. Эти сигналы (с контакта 5) предназначены для последующей обработки. Расстояние между электродами, находящимися в жидкости, и печатной платой, изгото-

товленной по типовой технологии, на которой установлены радиоэлементы узлов контроля уровня жидкости, могут быть длиной до 30 метров. Установленные радиоэлементы и печатная плата должны быть покрыты защитным лаком.

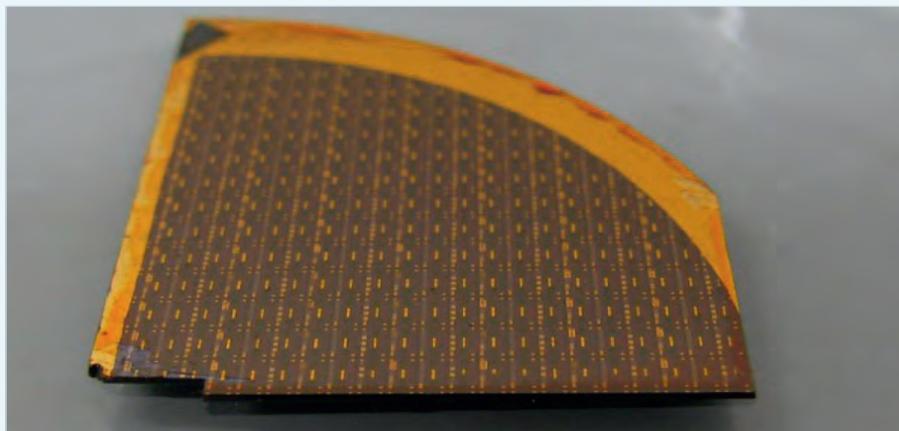
Устройство в процессе эксплуатации специального обслуживания не требует. Применение данного сигнализатора – датчика уровня воды предназначено для промышленных и бытовых устройств для жидкостей различного назначения с различным уровнем pH и растворённых солей в широком диапазоне температур воды и различных внешних воздействий. ☺

## НОВОСТИ МИРА

### В Сибири создали фотодиоды для телекоммуникационных систем нового поколения

О новой разработке группы учёных из России и Белоруссии рассказала пресс-служба Института физики полупроводников Сибирского отделения Российской академии наук (ИФП СО РАН). Речь идёт о фотодиодах для телекоммуникационных систем нового поколения, способных выдавать быстрорастущий ток большой мощности, преобразуя его из высокочастотного лазерного излучения. Разработанные мощные сверхвысокочастотные (СВЧ) фотодиоды являются сравнительно маленькими для обеспечения быстродействия и могут использоваться в качестве ключевых компонентов на волоконно-оптических линиях связи.

Технология передачи информации, в которой применяются СВЧ-фотодиоды, относится к радиофотонным и позволяет транслировать СВЧ-сигнал на большие расстояния по оптоволокну почти без потерь и не требует преобразований сигнала вида «аналог-цифра», прокомментировали разработчики, напомнив, что волоконно-оптические



линии связи используются повсеместно: в первую очередь, для предоставления широкополосного кабельного Интернета и передачи данных сотовой связи.

Помимо того, что разработанная в ИФП СО РАН новая технология не требует преобразования радиочастотного сигнала в цифровой, она обеспечивает широкую полосу пропускания (от 10 гигагерц и выше), что эквивалентно передаче десятков-сотен гигабит в секунду на расстояния до 100 км. В целом технические характеристики новых устройств, по замечанию их авторов, аналогичны характе-

ристикам производимых за рубежом компонентов, а поскольку в ИФП СО РАН полностью владеют технологией, при необходимости учёные готовы в ней что-либо поменять.

В ближайшее время специалисты собираются рассказать о результатах следующего шага: изготовлении фотоприёмника с интегрированным усилителем. Эту задачу исследователи решают вместе с коллегами из Томска, вооружившись технологическими приёмами, которые разработаны при создании вышеописанных мощных СВЧ-фотодиодов.

iot.ru

# Системы RFID в СВЧ, микроволновом диапазоне, перспективы их развития и некоторые способы защиты данных

Андрей Кашкаров (ak35@yandex.ru)

Метки RFID крайне востребованы и всё активнее внедряются в повседневную жизнь. Именно по этой причине технологии RFID быстро развиваются. Эта статья является обзором текущего состояния и перспектив эволюционирования технологий RFID.

История радиочастотной идентификации как беспроводной технологии автоматического сбора данных прослеживается с конца 1940-х годов XX века. RFID сопутствовал быстрый рост в связи с разработкой интегральных схем. Если в 2020 году объём рынка RFID-решений составлял порядка 9 млрд долларов, то к 2028 году сей объём предположительно составит 19,5 млрд. Одним из основных стимулирующих рост рынка RFID факторов является увеличение числа RFID-систем в производственных подразделениях, призванных улучшить контроль качества и логистику. В производстве освоен первый отечественный RFID-считыватель, работающий на СВЧ [1]. Решения на основе RFID позволяют контролировать состояние и производительность оборудования, дефекты в процессах и системные сбои, а также обеспечивают предиктивное техническое обслуживание оборудования и систем.

Пассивные метки или транспондеры не имеют автономного (собственного) источника питания. На рис. 1 представлен вариативный вид пассивной метки. Современная их форма может быть разной.

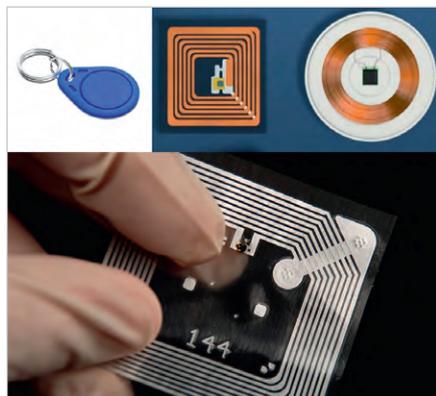


Рис. 1. Виды пассивной метки

Пассивные метки, отвечая на сигнал считывателя, модулируют нагрузку своей антенной системы при находке её в поле несущей частоты считывателя.

## Принцип и особенности взаимодействия метки и считывателя

Вид пассивных меток может быть различным, об этом сказано, к примеру, тут [2]. Они взаимодействуют со считывателем с помощью электромагнитной индукции, для возникновения чего необходима хотя бы минимальная напряжённость поля, чтобы обеспечить транспондер энергией для взаимосвязи. Кроме того, сигнал, отражённый транспондером и вернувшийся к считывателю, должен быть сильным настолько, чтобы детектировать его корректно, без ошибок. Поэтому пассивные RFID-метки применяются в условиях относительно близкого расстояния. Поскольку величина напряжения, индуцируемого в RFID-метке, прямо зависит от частоты ЭМ-поля, проходящего через антенну метки, системы RFID, действующие на относительно высоких частотах, имеют более высокую дальность считывания, чем системы, работающие на низких частотах.

## Факторы уверенной связи между меткой и транспондером

К классификационным признакам, используемым в RFID, относятся следующие:

- принцип действия носителей данных в системах RFID;
- способ обеспечения энергией RFID-метки;
- возможность записи данных в RFID-метку;
- тип передачи данных от радиометки к считывателю;

- тип взаимодействия между считывателем и радиометкой;
- функции обработки информации в RFID-метке.

Пассивные радиочастотные метки получают энергию для работы с помощью напряжения, индуцированного в обмотке своей антенны, – с помощью индуктивной связи. Если говорить упрощённо, то антенна считывателя является первичной обмоткой, которая с помощью индуктивной связи передаёт напряжение на антенну транспондера, действующую как вторичная обмотка. Индуктивная связь между антеннами считывателя и метки возможна в ближнем поле, притом что обе антенны параллельны друг другу – это необходимо для получения максимального расстояния считывания в типичной системе RFID с индуктивной связью. Коэффициент связи, зависящий только от геометрических параметров, может быть максимальным, если обе антенны имеют одинаковую эффективную площадь. Соответственно, оптимизация расстояния считывания обусловлена так: чем ближе метка к считывателю, тем лучше связь между их антеннами. Следующее условие эффективного взаимодействия – минимизация угла между обеими антеннами [3], когда метка перемещается и не имеет ориентированной (зафиксированной) позиции. К примеру, при идентификации животных, спортивных мероприятий и т.д. – это фактор дополнительного риска корректной идентификации. Поскольку передача данных в системе RFID определяется качеством взаимодействия двух отдельных резонансных цепей с магнитной связью, взаимодействующих как цепь последовательного резонанса в считывателе и цепь параллельного резонанса в метке, фактором риска являются, кроме неточной взаимной ориентации метки и транспондера, температурные влияния, а также номинальные допуски компонентов (L, R, C). Уверенная обработка сигнала обеспечивается при напряжении порядка 1 мкВ. Проблема усиления в приёмнике неотделима от проблемы выделения

сигнала на фоне помех. Важным параметром приёмника является избирательность, способность выделять полезные сигналы из совокупности сигнала и посторонних воздействий (помех), отличающихся от сигнала частотой. Частотная избирательность осуществляется с помощью резонансных колебательных цепей.

Для передачи информации используется радиочастотный канал, работающий по схеме передатчик-приёмник. Передача данных в RFID-системе от считывателя к радиочастотной метке предусматривает выполнение следующих операций:

- цифрового кодирования сообщения, выдаваемого считывателем;
- модуляции кодированного сообщения;
- передачи по каналу связи;
- демодуляции принятого транспондером сообщения;
- декодирования принятого цифрового кода.

Модуляция – процедура изменения параметров (амплитуды, частоты или фазы) сигнала высокой несущей частоты в соответствии с модулирующим сигналом. Частоты модулирующего сигнала, как правило, малы по сравнению с несущей частотой.

В системах RFID, работающих в диапазоне ВЧ, используется модуляция методом обратного отражения – через изменение индуктивности резонансного контура: считыватель принимает отражённый транспондером сигнал, обрабатывает его, и если частота резонансного контура антенны транспондера отклоняется от настройки считывателя (в случае с ВЧ 13,56 МГц), считыватель воспринимает его как более слабый амплитудно-модулированный сигнал RFID-метки и декодирует из него цифровые данные. Так, принимая, детектируя и декодируя эти сигналы, считыватель извлекает из них данные, хранившиеся в RFID-метке. Затем эта информация обрабатывается, и так решается проблема идентификации метки.

### Популярные стандарты RFID и их особенности

Общепринятыми международными стандартами и протоколами RFID являются ISO / IEC 18000, ISO 11784, ISO 11785, ISO / IEC 14443, ISO / IEC 15693, EPC Gen2 и др.

Стандарты серии ISO/IEC 18000 наиболее популярны в системе беспровод-

ного пространственного интерфейса RFID. Серия ISO 18000 включает несколько стандартов:

- 18000-1: Общие параметры радиointерфейсов для общепринятых частот;
- 18000-2: Радиointерфейс для частоты 135 кГц;
- 18000-3: Радиointерфейс для 13,56 МГц;
- 18000-4: Радиointерфейс для 2,45 ГГц;
- 18000-5: Радиointерфейс для 5,8 ГГц;
- 18000-6: Радиointерфейс от 860 МГц до 930 МГц;
- 18000-7: Радиointерфейс для 433,92 МГц.

ISO 11784/11785 (134,2 кГц являются международными стандартами, регулирующими вопросы имплантации, введения или прикрепления транспондера, содержащего микрочип, к животному).

ISO 11784 определяет структуру идентификационного кода, в том числе метод передачи данных транспондера и спецификацию считывателя, работающего на частоте 134,2 кГц.

ISO 11785 – технический стандарт, определяющий условия активизации транспондера, считывания и сохранения информации при взаимосвязи метка-считыватель. RFID-метки разных производителей считываются без учёта размеров, формы и назначения транспондеров: стеклянные трубки, ушные вкладыши или ошейники для животных.

ISO / IEC 14443 определяет стандартизацию и параметры идентификационных карт, как определено в ISO 7810, и использование таких карт для международного обмена. Протокол ISO / IEC 14443 делится на 2 типа: TypeA и TypeB, оба работают на 13,56 МГц (RFID HF). Расстояние чтения-записи этикетки 0...10 см. Различия между вариантами A и B в схемах модуляции, кодирования и методах предотвращения столкновений.

ISO / IEC 14443A считается защищённым от помех, применяется в транспортной области как карты доступа на объект, транспортные карты, где требуются относительно небольшие объёмы информации.

ISO / IEC 14443B отличается стабильностью, высоким уровнем безопасности из-за отлаженного протокола шифрования, уместен для хранения «цифровой подписи», однако относительно уязвим к условиям внешней среды.

В табл. 1 представлены стандарты RFID с пояснениями.

Наиболее распространены три типа пассивных меток-тегов. Они связаны с разной частотой, которая определяет расстояние взаимосвязи.

- Сверхвысокая частота (СВЧ) 0,3...3 ГГц (СВЧ) – диапазон уверенного считывания до 12 м с возможностью относительно быстрой передачи данных. На функциональность отрицательно влияют жидкости и металлы, а также электромагнитные сигналы, воспринимаемые как помехи. Таковы системы дальнего действия (long-range systems) в СВЧ «микроволновом диапазоне». В этом же сегменте применяются транспондеры на поверхностных акустических волнах (ПАВ) на частотах 868 МГц (Европа) и 915 МГц (США), а также 2,5 ГГц и 5,8 ГГц. Об этом мы будем говорить ниже.

- Высокая частота (ВЧ) 3...30 МГц – примерный диапазон уверенного считывания, используется в электронных документах идентификации, контроля доступа. Протокол чтения ISO / EC 15693 совместим с ISO 18000-3, обеспечивает уверенную связь на расстоянии до 10 см. Другие распространённые стандарты (протоколы логического и физического уровня) ISO 14443A, его низкоуровневая реплика ISO 18092 и др. Типичная (популярная) частота взаимодействия 13,56 МГц. Ошибочно называть это технологией NFC, имеющей собственные отличия.

- Низкочастотный (НЧ) 30...300 кГц – диапазон считывания до 1 см с относительно низкой скоростью передачи данных. Практически незаменимы для металлических и водных поверхностей, но применяются также в формате электронных билетов, иногда для оплаты пластиковыми картами.

В последнем случае типичная частота взаимодействия 135 кГц. К этому сегменту относятся RFID-системы с «сильной связью» (close coupling systems), но малой дальностью действия, обычно в интервале до 1 см, для их уверенной работы радиочастотная метка должна быть либо вставлена в считыватель, либо помещена на специально предназначенную поверхность. Используется как электрическое, так и магнитное поле, поэтому взаимодействие с такой меткой не сильно зависит от других ЭМ-полей в зоне действия. Системы с «сильной связью» используют в приложениях с повышенными требованиями к безопасности в качестве бесконтакт-

Таблица 1. Стандарты RFID с пояснениями

Стандарт RFID	Определение
ISO 10536	Стандарт ISO RFID для моноблочных карт
ISO 14223	Радиочастотная идентификация животных – усовершенствованный транспондер
ISO 11784	Стандарт ISO RFID, определяющий способ структурирования данных на метке RFID
ISO 11785	Стандарт ISO RFID, определяющий протокол радиоинтерфейса
ISO 14443	Стандарт ISO RFID, который предоставляет определения протокола радиоинтерфейса для меток, используемых в бесконтактных системах, предназначен для использования с платёжными системами
ISO 15459	Уникальные идентификаторы транспортных единиц (используются в управлении торговли и логистики)
ISO 15693	Стандарт ISO RFID для использования с Proximity card или «картами близости» – пассивная бесконтактная карта стандартного размера
ISO 15961	Стандарт ISO RFID для управления предметами (интерфейс приложения (часть 1), регистрация конструкций данных RFID (часть 2) и конструкции данных RFID (часть 3))
ISO 15962	Стандарт ISO RFID для управления предметами – правила кодирования данных и функции логической памяти
ISO 16963	Стандарт ISO RFID для управления товарами – уникальный идентификатор RF-метки
ISO 18000	Стандарт ISO RFID для радиоинтерфейса для частот RFID по всему миру
ISO 18001	RFID для управления товарами – профили требований приложений
ISO 18046	Методы испытаний RFID-меток и запросчиков
ISO 18047	Стандарт ISO RFID, который определяет тестирование, включая проверку соответствия RFID-меток и считывателей. Он разделён на несколько частей, которые отражают части ISO 18000
ISO 18185	Это промышленный стандарт для электронных пломб, предназначенных для отслеживания грузовых контейнеров с использованием частот 433 МГц и 2,4 ГГц
ISO 18092	Информационные технологии. Телекоммуникации и обмен информацией между системами. Связь ближнего поля. Интерфейс и Протокол 1 (NFCIP-1)
ISO 21481	Информационные технологии. Телекоммуникации и обмен информацией между системами. Интерфейс связи ближнего поля и Протокол 2 (NFCIP-2)
ISO 24710	Информационные технологии, автоматическая идентификация и методы сбора данных. RFID для управления предметами. Элементарная функция номерного знака для радиоинтерфейса ISO 18000
ISO 24729	Руководство по внедрению RFID: а) метки с поддержкой RFID; б) возможность вторичной переработки радиочастотных меток; в) RFID-технология, установка антенны
ISO 24730	Система определения местоположения в реальном времени RFID: Часть 1: Интерфейс прикладного программирования (API); Часть 2: 2,4 ГГц; Часть 3: 433 МГц; Часть 4: Глобальные системы локации
ISO 24752	Протокол управления системой для автоматической идентификации и сбора данных с помощью RFID
ISO 24753	Команды радиоинтерфейса для работы от аккумулятора и датчиков
ISO 24769	Методы тестирования устройств системы определения местоположения в реальном времени (RTLS)
ISO 24770	Методы тестирования производительности устройства системы определения местоположения в реальном времени (RTLS)
ISO 28560-2	Задаёт стандарты кодирования и модель данных для использования в библиотеках
ASTM D7434	Стандартный метод испытаний для определения эффективности транспондеров с пассивной радиочастотной идентификацией (RFID) на паллетированных, сборных грузах
ASTM D7435	Стандартный метод испытаний для определения эффективности транспондеров пассивной радиочастотной идентификации (RFID) на загруженных контейнерах
ASTM D7580	Стандартный метод испытаний вращающейся эластичной упаковки. Метод определения читаемости пассивных RFID-транспондеров на однородных паллетированных или единичных грузах

ных смарт-карт (стандарт ISO 10536), в том числе для электронных платежей.

Ещё есть «полупассивные» метки (также называются BAP – Battery Assisted Passive), которые используются радиоинтерфейсом и протоколом обмена пассивной системы, но с присутствием источника питания. Постоянное и автономное питание чипа улучшило характеристики метки по «дальности регистрации», но на практике дополнительное питание используется для второстепенных датчиков (температуры,

ускорения, влажности и т.д.). Батарея используется для питания датчиков и накопления данных при нахождении метки вне поля считывателя, с последующим их считыванием при входе в зону регистрации.

### Важные отличия

Одно из важных отличий между транспондерами в системе RFID на разных частотах в том, что метки, взаимодействующие по НЧ, имеют встроенные антенны в виде многоконтурных (до



Рис. 2. Вид электронного «глушителя», делающего большинство популярных меток в системе RFID бесполезными

сотен витков) обмоток тонкого трансформаторного провода (рис. 1). Высокочастотные метки имеют одноконтурные обмотки или диполь-антенны. 90% всех продаваемых RFID-систем являются системами с индуктивной связью. Используемая частота определяет конструктивные параметры антенны радиометки. Почему столь много внимания мы уделили конкретным частотам и конструктивным особенностям? Чтобы понять: с применением специальной техники «электронных глушителей» соответствующей частоты все подобные рассматриваемым дистанционные метки становятся бесполезными, а если они используются в качестве платёжного средства или идентификатора доступа (в помещение), то нельзя ни заплатить, ни обналчить, ни пройти. На рис. 2 представлен (для сведения) один из таких доступных электронных приборов-глушителей, его успешно применяют в радиусе до 30 м от объекта блокировки.

### Особенности и применение RFID-меток в сложных условиях среды

А есть особые «неидеальные» условия, связанные с повышенной влажностью, загрязнением среды (пыль, в том чис-



Рис. 3. Вид корпусной пассивной метки X1114-EU100-H3 для условий загрязнённой и влажной среды, в том числе для металлических поверхностей

ле металлическая), химическими воздействиями; в таких условиях нужны и специальные метки. Так, метка Ultra High Frequency не будет «идеальной» при использовании в условиях металлических поверхностей, и тут применяют корпусную RFID UHF Xerafy Roswell, H3, X1114-EU100-H3 (см. рис. 3).

Эта метка использует стальной корпус из нержавеющей стали в качестве антенны. Конструкция метки с гальванической развязкой состоит из двух цилиндрических корпусов, между которыми находится тонкий высокотемпературный наполнитель-диэлектрик. В результате разработчиком достигнута надёжность и отказоустойчивость метки, снижен риск некорректной работы в условиях воздействия высокой температуры и высокого давления, а также коррозионных жидкостей. Подобная метка конструктивно удобна для прикрепления к поверхности, включая сварку с металлическими конструкциями, тележками либо прикрепление стальными скобами к медицинскому оборудованию.

Типичные технические характеристики корпусных RFID с «повышенным» классом защиты IP 69K меток кратко: рабочая температура от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ . Допустимая влажность 5...95%. С эффектом памяти 96-bit EPC; 512-bit пользовательской; 64-bit TID. При факторе  $48 \times 28 \times 13,5$  мм, весе 21 г и рабочей частоте (СВЧ) 866...868 МГц обеспечивает дальность взаимодействия со считывателем до 5 м по протоколу EPC Class1 Gen2. В соответствии со стандартом ISO18000-6C возможен контроль до 400 меток в секунду при 96-EPC bit.

### Стандарт EPC Gen2

EPC Gen2 – известный с 2006 г. стандарт радиointерфейса RFID Class1 UHF.

В своё время этим занималась компания EPCglobal. Примерно с 2010 г. и по настоящее время стандарт стал лидирующим на рынке устройств RFID. По условиям стандарт аналогичен ISO18000-6, с которым можно ознакомиться в [4]. Протокол ISO 18000-6C (EPC Gen2) наиболее популярен (используется) на условно средних и больших расстояниях. Теги по протоколу EPC Gen2 считываются многократно и перезаписываются, обладают конфиденциальностью (защитой информации), что важно для общей безопасности системы, актуальной против скимминга. Рекордная дистанция регистрации меток для пассивных RFID-систем до 10...12 м объясняется использованием «полного» электромагнитного поля, а не магнитной связи петлевых антенн считывателя и метки, как в LF и HF. «Антиколлизонный» механизм, позволяющий считывать одновременно до 300 уникальных меток в зоне регистрации, а также высокая скорость считывания метки – до 300–400 раз в с, практически подтверждённая возможность регистрации одиночных меток при их перемещении через зону регистрации на скорости до 250 км/ч при цене 10 рос. рублей в оптовом варианте закупок – всё это очевидные преимущества.

Для EPC Gen2 в мировом масштабе используется UHF-диапазон 860...960 МГц, но локально в регионах используются более узкие полосы. К примеру, в России используются частоты европейского диапазона 865,6...867,6 МГц в соответствии со стандартом ETSI EN302-208-1 V1.2.1, хотя формально для этого выделена полоса 866,6...867,4 МГц. Внешний вид меток для различных условий представлен на рис. 4.

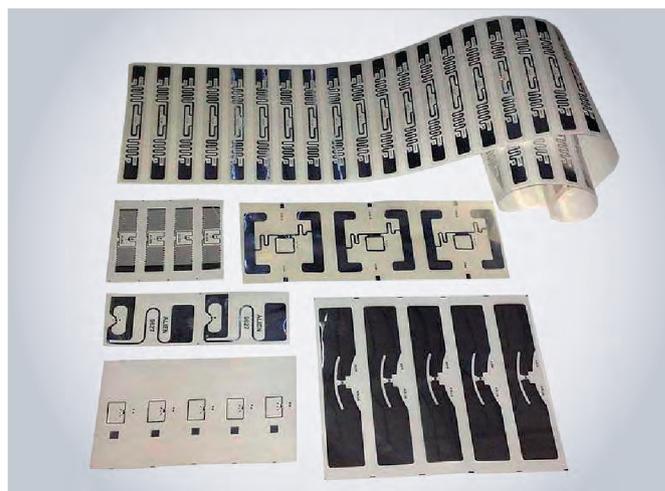


Рис. 4. Внешний вид метки для RFID стандарта EPC Gen2

Представленные метки могут иметь клеящую основу и разный размер, к примеру, более 1 м, что удобно при считывании с большого расстояния.

### Особенности RFID-меток в стандартизации EPC Gen2

Изначально на производстве «банк» выпускается с пустыми ячейками EPC, информация в них (если необходимо) перезаписывается непосредственно пользователем. Можно установить защиту от перезаписи информации. Память меток стандарта Gen2 условно разделена на 4 банка, адресуемых командами радиointерфейса [5].

Так, Reserved Memory (00) используется для хранения:

- KILL-пароля (32 бита). При его ненулевом значении с помощью KILL-команды метка «стирается» навсегда без возможности восстановления;
- ACCESS-пароля (32 бита). При его установке доступ к метке возможен только при знании этого пароля.

EPC (01, Electronic Product Code). Уникальный идентификатор метки с памятью, по которому они отличаются друг от друга. Память от 240 бит EPC и выше.

TID (10, Transponder ID). Идентифицирует производителя и модель чипа метки выделенным уникальным кодом. Есть возможность установки дополнительного уникального идентификатора отдельной метки (Serialized TID), как средство защиты метки от подделки. EPC меток может быть продублирован, но банк TID защищается от перезаписи при производстве метки и при наличии Serialized TID совместно с идентификатором производителя и чипа гарантированно уникален.

User Memory (11) – параметр необязательный. Используется для хранения

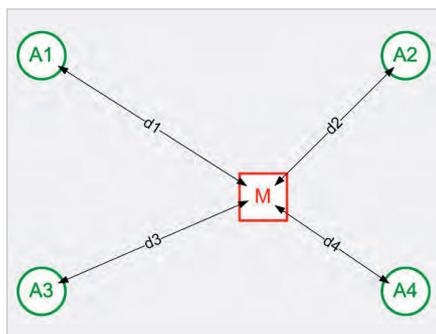


Рис. 5. Позиционирование условной метки М относительно анкеров А1–А4

любой дополнительной информации. Размер 512 бит и выше позволяет записать относительно много, однако на практике встречаются случаи несовместимости с разными считывателями.

Содержание банков EPC, User Memory, отдельных областей KILL и ACCESS может быть защищено от изменения значения, временно или навсегда (Permalock = Permanent Lock).

Диапазон частот 860...960 МГц является международным стандартом, благодаря чему его применяют универсально в системах бесконтактной идентификации: автомобильные транспондеры, транспортные карты, магнитные пропуска и метки на товарах. Подобные метки удобно отслеживать на относительно большом удалении, что активно применяется на складах.

Также есть специальный класс активных меток RTLS – Real Time Locating Systems – системы определения положения в реальном времени. Они применяются для контроля за животными, на спортивных мероприятиях и в др. случаях. Для позиционирования используются технологии CSS (Chirp Spread Spectrum) и SDS-TWR (Symmetrical Double-Sided Two Way Ranging), основанные на измерении времени распространения радиосигнала от передатчика до приёмника (time of flight) и вычисления расстояния от метки до нескольких (не менее трёх) анкеров – рабочих узлов инфраструктуры, имеющих фиксированные координаты. Метка взаимодействует с инфраструктурой через двунаправленный радиointерфейс – как принимает, так и передаёт сигнал. Инфраструктура обеспечивает связь программного интерфейса приложения (API) с сервером. Сервер управляет инфраструктурой, метками и процессами измерения, анализирует результаты измерений и информацию о состоянии меток. На рис. 5 представлено позиционирова-

ние условной метки М относительно анкеров А1...А4.

Вкратце разобрав отличия RFID разных стандартов, протоколов связи и частотных диапазонов, посмотрим на перспективы, важные для разработчиков РЭА.

### СВЧ-метки и аспекты дальности идентификации

В RFID-системах с пассивными метками считыватель чередует передачи непрерывной волны и модулированных радиочастотных команд в метку [6]. Дальность считывания в значительной степени определяется характеристиками обмотки антенн считывателя и транспондера. Чем больше размер правильно рассчитанной и сконструированной антенны, тем большее расстояние для уверенной взаимосвязи можно ожидать. Для увеличения дальности считывания транспондера разработчики переходят на более высокую частоту, чтобы обеспечить наведённое ЭМ-полем минимально допустимое напряжение, необходимое для питания RFID-метки.

Для оценки мощности, нужной для работы пассивного транспондера в СВЧ и микроволновом диапазонах, используют понятие потери энергии в свободном пространстве. Потери определяют соотношение между энергией ВЧ, излучаемой считывателем в пространство, и ВЧ-энергией, принимаемой меткой. Эти потери зависят от расстояния между меткой и антенной считывателя, частоты передачи считывателя, коэффициентов усиления антенны метки и антенны считывателя.

При использовании полупроводниковой технологии чипы для RFID-метки применяют с условным расходом энергии < 5 мкВт. Тогда для работы чипа принимаемая антенной метки энергия  $P_t < 50$  мкВт.

При условии получения максимально возможной мощности на антенне метки следует: когда излучаемая мощность передатчика считывателя  $P \sim 0,5$  Вт, тогда потери в свободном пространстве не превысят 40 дБ. Для обеспечения дальности взаимодействия на относительно больших расстояниях, более 10 м, чипированные метки обеспечивают функционалом сбережения энергии в режиме «выключение питания» или «резерв».

Так, метки с условно большой потребляемой мощностью с функцией «обратного рассеяния» снабжают

батареей резервного питания чипа. Если RFID-метка выходит из зоны действия считывателя, чип автоматически переключается в энергосберегающий режим «выключение питания». В этом состоянии потребление энергии составляет несколько микроампер. И напротив: чип реактивируется, как только принят достаточно сильный сигнал в рабочей зоне считывателя, так он переключается обратно в нормальный режим. При этом в активной радиочастотной метке «резервная» батарея обеспечивает только питание микрочипа, что позволяет системе длительную работу без замены автономного элемента питания. Для передачи данных от метки к считывателю используется энергия ЭМ-поля, излучаемого считывателем – как и в системе RFID с пассивными метками.

Весьма важен аспект влияния чувствительности приёмника СВЧ на дальность считывания. Появление многих отражений переменной интенсивности от разных объектов ведёт к изменениям напряжённости ЭМ-поля вокруг метки и считывателя. Такие фоновые или «помехозависимые» эффекты вероятны в среде, насыщенной металлическими объектами, что характерно для промышленного производства. При идентификации активной метки в СВЧ-системах ЭМ-помехи влияют на напряжённость поля, и транспондеру может не хватить сигнала считывателя для перехода первого в рабочий режим.

Сигнал транспондера может быть ниже уровня несущего сигнала передатчика не более чем на 100 дБ; так полагают на практике. Однако в расчётах много разных факторов влияния, поэтому он может быть и другим, на уровне 75 дБ ниже уровня несущего сигнала передатчика. Поскольку для передачи данных производится модуляция сигнала, отражённого транспондером, отражённая мощность разбивается на отражённый несущий сигнал и 2 боковые полосы. При беспримесной ASK-модуляции с коэффициентом, приближённым к 100%, две «боковые полосы» содержат каждая по 25% от общей отражённой мощности, а при более низком коэффициенте модуляции – пропорционально меньше. Отражённый несущий сигнал не будет корректно принят приёмником считывателя, ибо он полностью маскируется передаваемым сигналом на той же частоте. Поэтому значимая информация передаётся исключительно на боковых полосах, а при расчёте мощно-

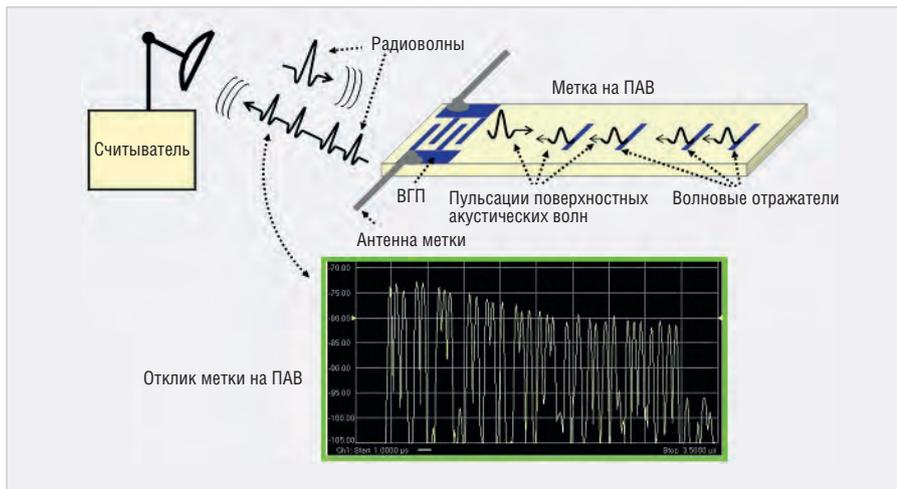


Рис. 6. Пример временного кодирования меток, взаимодействующих на ПАВ

сти передатчика RFID учитывают реальное значение коэффициента модуляции. Если известна чувствительность приёмника RF-считывателя, можно вычислить максимальное расстояние между транспондером и считывателем, при котором сигнал транспондера будет корректно принят считывателем. Чтобы приёмник считывателя обнаружил отражённый модулированный сигнал на одной боковой полосе, мощность транспондера должна быть соответственно увеличена.

### Совершенствование системы

В основе СВЧ RFID-считывателя лежит микроконтроллер, обеспечивающий программную реализацию работы устройства. Ранее типичный (других частот) радиочастотный считыватель работал с одной антенной, имея небольшую мощность излучения – до 0,4 Вт. СВЧ RFID-считыватель действует в соответствии с международным стандартом. Для увеличения дальности идентификации модуль считывателя дополнен двумя антенными контурами, в результате мощность излучения достигает 2 Вт и более. Условная дальность считывания пассивных систем RFID зависит от конфигурации системы и следующих факторов: рабочей частоты и характеристик обмоток антенн, добротности антенны и её резонансной добротности, ориентации антенны, тока намагничивания, чувствительности приёмника (определяются используемым протоколом коммуникации системы RFID), алгоритмов кодирования (или модуляции) и декодирования (демодуляции), числа битов данных и алгоритма детектирования (интерпретации), условий рабочей среды, к примеру, электромагнит-

ных помех, и т.д. Влияние последнего (из перечисленных) фактора может быть уменьшено установкой полосового фильтра в считывателе. К примеру, киевская компания Nest Info, выполнявшая работы по брендированию служебного транспорта в Украине, успешно применила RFID-систему идентификации транспорта предприятия.

### Взаимодействие на основе ПАВ бесчиповых радиочастотных меток

Бесчиповые метки-идентификаторы в системе RFID и их отдельные компоненты служат заменой других устройств с сопоставимым функционалом, таких как RFID-метки с чипом, штрих-коды и т.д. Бесчиповые радиочастотные метки, кроме низкой себестоимости, отличаются тем, что не содержат интегральной микросхемы. Они имеют преимущества как перед штрих-кодами, так и перед типичными радиочастотными метками (не СВЧ). Кодирование в бесчиповых радиочастотных метках осуществляется во временной и в частотной областях. Так, метки с временным кодированием взаимодействуют со считывателем на поверхностных акустических волнах (ПАВ). На рис. 6 представлена иллюстрация временного кодирования меток на ПАВ.

Зондирующий импульс преобразуется в ПАВ на встречно-гребенчатом преобразователе (ВГП). ПАВ распространяются вдоль подложки и отражаются обратно на рефлекторах, создающих пакет импульсов с временной задержкой [7]. Пакет импульсов преобразуется обратно в электромагнитную волну на ВГП. Конструктивно метки создавались на подложке из пьезоэлектрического материала, что ограничивало широкое



Рис. 7. RFID-метка IDN – 0101 на кольцевых щелевых резонаторах с двумя резонансными состояниями

распространение. Их нельзя напечатать на банкнотах, почтовых марках и других предметах на бумажной или пластиковой основе.

### Кольцевые металло-диэлектрические износостойкие метки

Примером рассмотрения меток на ПАВ служат кольцевые металло-диэлектрические структуры плоскостного типа для RFID СВЧ-диапазона. По сути, это частотно-селективные устройства, направленные ответвители и элементы планарных антенн. Кольцевые структуры в планарной конструкции, как излучающие (отражающие) системы, имеют относительно малые размеры. Кольцевой щелевой резонатор может возбуждать колебания в широком спектре ВЧ с обоими видами поляризации. Отличительные свойства кольцевых структур ранее открыты при конструировании антенн бегущей волны. Это широкая полоса рабочих частот и смещение резонансной частоты колебаний низшего типа в НЧ-область в сравнении с резонансной частотой колебаний низшего типа дискового резонатора при сопоставимых размерах и форме. Кольцевой резонатор обладает меньшей величиной собственной добротности, а средняя длина пути, по которому протекает ток в кольце, на низшем типе колебаний оказывается длиннее, чем в диске [8].

Различия в частотных откликах объясняются взаимной связью между щелями. При обработке данных, принятых считывателем, незначительное изменение частоты не имеет определяющего влияния на точность идентификации, так как отклик происходит не на конкретной частоте, а в определённом диапазоне частот. На рис. 7 представле-

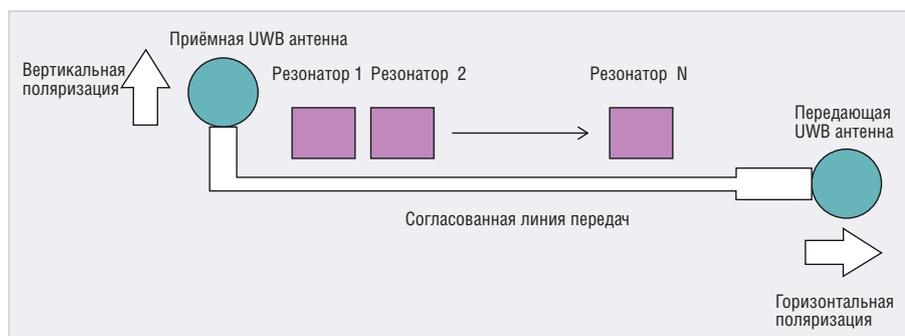


Рис. 8. Блок-схема RFID-метки с использованием мультирезонаторов

на RFID-метка на кольцевых щелевых резонаторах, имеющая 2 резонанса.

Метка с малыми размерами состоит из двух сверхширокополосных антенн, развязанных по поляризации – приёмной и передающей, а также мультирезонатора из спиральных резонаторов. Считыватель получает информацию аналогичным образом (как и с других типов бесчиповых пассивных меток, рассмотренных выше), отличие в том, что микропроцессором считывателя анализируется не отражённый, а поглощённый сигнал, поэтому их рассматривают как частотно-селективную поверхность. На рис. 8 представлена блок-схема RFID-метки на мультирезонаторах.

Да, с таким типом меток трудно добиться высокой плотности кода. Однако существуют и другие, более успешные разработки в области компактных бесчиповых меток для идентификации в диапазоне СВЧ.

### Перспективные варианты применения

В сравнении с чипованными RFID-метками бесчиповые обладают меньшей себестоимостью ввиду отсутствия интегральных схем, но проигрывают в дальности обнаружения; в сравнительном анализе они корректно работают в системе идентификации на расстоянии до 0,4 м от считывателя. Малый радиус повышает защищённость данных, записанных на метке. В сравнении со штрих-кодами, которые можно распечатывать на простом принтере, бесчиповые метки приближаются к «копеечной» стоимости первых с явным сопутствующим преимуществом: обладают значительной износоустойчивостью и не требуют визуального контакта для детектирования. Ввиду износоустойчивости метки спектр применения в перспективе весьма широк: метка помещается в обувь, и отпадает необходимости манипуля-

ции руками с RFID-картой для входа – так решается вопрос доступа, к примеру, в СКУД. Видится перспектива применения в пищевой промышленности. Другие варианты: метки могут быть интегрированы в «пешеходные дорожки», так реализуется навигация «для слепых»; при этом изменение меток детектируется, и человеку с особыми потребностями станет доступным звуковое оповещение об изменении маршрута – уход с безопасной дорожки и т.д. Метки могут быть интегрированы не только в обувь, но и в вещи. Для незрячих, к примеру, так можно создать «умную» «белую трость» со встроенной меткой и звуковым сигнализатором. При соответствующей инфраструктуре и RFID-считывателях такой человек сможет относительно безопасно и быстро перемещаться по дорожкам, не останавливаясь, не путаясь и не ожидая помощи.

### Экранирующие материалы для специалистов и разработчиков РЭА

Для предотвращения несанкционированного съёма информации далее рассмотрим применение экранирующих материалов как элементов комплексного решения по защите информации на разных носителях – смартфонах, картах и др., а также для безопасности использования бесконтактных идентификаторов в RFID на примере Proximity card. Экранирующие материалы, разработанные специально в качестве блокирующих RFID-сигнал, условно можно разделить на три направления: защита данных, здоровья, оборудования.

При защите данных специальные материалы блокируют RF-сигналы. Имея свойства сверхмалой толщины, материал подходит для подкладки портмоне, обложек документов, включая дисконтные, банковские карты и иные носители персонифицированной



Рис. 9. Защитный материал RF-53A

информации в форме пластиковой карты, чехлов для сотового телефона. Особенная перспектива применения сверхтонких экранирующих материалов связана со скорым введением (согласно анонсам) новой формы внутригосударственных и международных удостоверений личности, ID-card, «паспортов». В США и странах Европы такие карты уже более 30 лет заменяют документы, удостоверяющие личность в гос. учреждениях, медицинской и в целом – социальной сфере, являются многофакторным идентификатором личности. В России на документы подобного функционала, содержащие сведения о владельце: его ИНН, пенсионный счет, медицинский полис (и многое другое) – только ещё переходит государственная система: в Москве раньше, по стране – много позже. Для исключения съёма информации с таких носителей служат рассматриваемые материалы. На рис. 9 представлен вид на защитный материал RF-53A.

Второй аспект безопасности – «защита здоровья», это ещё один важный фактор, в основе которого лежит защита от электромагнитных излучений посредством экранирования стен, окон, спальных мест (включая одеяла), элементов одежды. Для кого-то все поднятые вопросы (решаемые в Европе давно) – ещё только «завтрашний день», однако нам никто не запрещает думать о нём, анализируя сторонний опыт. Защита оборудования оправдана там, где экранирующие материалы применяются при изготовлении оборудования, для экранирования электромагнитных полей и защиты от радиационного излучения.

По форме, в соответствии с назначением, материалы, исключая несанкционированное изъятие и сбор данных мобильным устройством при проведении закрытых совещаний и переговоров, могут быть разными.

Экранирующая клейкая (самоклеющаяся, что придает ей универсальность применения) лента RF-53T (вариант RF53-AT) шириной 20...25 мм изготавливается из ткани RF-53A в составе: медь 23%, никель 27%, полиэстер 50%. Обеспечивает экранирование, что корректно называть «ослаблением сигнала» до 69,3 дБ (RF53-AT – 62 дБ). Сюда же можно отнести материалы более широкого спектра применения, такие, например, как специальная, обладающая высокой электропроводимостью, экранирующая ткань RF-53ST (является полупрозрачной версией ткани RF-53). В её состав входит: медь 23%, никель 27%. При ширине в рулоне 110 мм, плотности 70 г/м<sup>2</sup> и толщине 0,07 мм ткань обеспечивает ослабление сигнала до 72,7 дБ. Испытания выполнены лабораторией SGS-TUV Saarland Forster GmbH и SIMT (Германия) в соответствии со стандартами и требованиями MILSTD 285, IEEE 299, NSA 65-6, EN50147-1. Для сверхтонкой ткани возможна даже стирка без химических средств при температуре < 35° С.

В сравнении представляет интерес специальная экранирующая ткань RF-56, полностью блокирующая GSM, 3G, LTE, Wi-Fi, Bluetooth-сигналы сотовых телефонов. Состав не сильно отличается от вышеприведённых: медь 23%, никель 27%, полиэстер 50%, однако этот материал при толщине ткани 0,085 мм и плотности 100 г/м<sup>2</sup> имеет дополнительный металлический слой. Материал обеспечивает ослабление сигнала до 86,2 дБ. Это придаёт материалу некоторые полезные свойства, такие как устойчивость к гниению, морозостой-

**Таблица 2. Зависимость коэффициента экранирования (ослабления) от частоты сигнала**

Частота сигнала, МГц	Коэффициент экранирования, дБ
10	73,3
13,56	73,2
30	73,2
100	73,5
300	75,2
1000	80,4
3000	86,2
7000	84,5

чивость, пригодность к окрашиванию, антистатика и в целом – надёжность пользования. Это на практике подтверждает сделанный из RF-56 чехол для банковской карты, которая сама представляет источник RFID. Чехол применялся автором в течение 6 лет (при ежедневной носке и частом вложении/вынимании), при этом остаётся без разрывов. На рис. 10 представлен внешний вид защитного чехла из материала RF-56 для банковской карты.

В табл. 2 представлена зависимость коэффициента экранирования (ослабления) от частоты сигнала.

По этим значениям можно понять эффективность ослабления сигнала на разных частотах, в том числе приближённых к стандартным GSM 900/1800, 3G, LTE, Wi-Fi и Bluetooth. На основе таких материалов, с применением дополнительной «обложки» из нейлона, кожи и (или) другого подходящего материала, создаются бытовые (повседневные) аксессуары. К приме-



**Рис. 10. Внешний вид защитного чехла из RF-56 для банковской карты**

ру, экранирующий нейлоновый чехол «безопасности» вмещает 1-2 смартфона, имеет дополнительный отсек для банковских карт или купюр. Такой чехол защищает смартфон или другое устройство с функцией беспроводной передачи/обмена данными от посторонних сигналов несанкционированного воздействия и предотвращает «утечку» данных. В закрытом виде может блокировать запись (разговора вокруг смартфона), предотвращая свободный доступ к микрофону, а также защитить владельца от негативного излучения телефона, если предполагать, что такое может иметь место. Кроме этого, устройство на основе экранирующих материалов блокирует утечку информации по каналам сотовой связи, цифровым каналам передачи данных Bluetooth, Wi-Fi, 4G, 3G, DECT1800, IMT-TC-450, IMT-2000 / UMTS (3G), LTE, WiMAX (4G) и, как видно из табл. 2, подавляет сигналы систем глобального позиционирования GPS и ГЛОНАСС. ©

## НОВОСТИ МИРА

### «РОСЭЛЕКТРОНИКА» БЫСТРО НАРАЩИВАЕТ ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

Входящий в состав ГК «Ростех» холдинг «Росэлектроника» заявил, что быстрыми темпами наращивает производство отечественных изделий. Для выпуска электронно-компонентной базы, ламп бегущей волны и монтажного производства на предприятиях компании организованы дополнительные смены.

В настоящее время ведутся работы по организации двух- и трёхсменной работы для выпуска изделий, используемых в бортовых радиолокационных станциях – многорежимных усилителях большой мощно-

сти на лампах бегущей волны. За работу в этом направлении отвечает саратовское НПП «Алмаз», а на Кимовском радиоэлектромеханическом заводе ведутся работы по организации второй смены для выпуска магнитов, а также ветрогенераторов, используемых в атомной отрасли.

«В текущих реалиях важно обеспечить бесперебойность выпуска отечественной радиоэлектронной продукции и стабильную работу предприятий», – сообщил журналистам представитель группы компаний.

Известно, что интенсивность работ повысилась и на других направлениях. Так, на Рязанском радиозаводе, воронежском «Электросигнале», а также в концерне «Со-

звездие» и НПП «Радиосвязь», базирующемся в Красноярске, ряд площадок перешёл к работе в три смены, а тамбовский завод «Октябрь» создал новые бригады рабочих и инженеров-конструкторов.

«Росэлектроника» объединяет более 140 предприятий, а также научных организаций, занимающихся разработкой и выпуском всевозможных электронных компонентов и готовых изделий, от автоматизированных систем управления до вычислительной техники и телекоммуникационного оборудования. Общая численность сотрудников – более 70 тыс. человек. В ГК «Ростех» входят более 800 предприятий и научных организаций.

[russianelectronics.ru](http://russianelectronics.ru)

# Использование плоскостей симметрии волноводных структур при расчёте в ANSYS HFSS

Виктор Конев, Александр Курушин, Евгений Лаврецкий, Евгений Новосёлов, Валентин Чернышов

С помощью программы ANSYS HFSS проведены расчёты осесимметричного перехода между круглыми волноводами и перехода от круглого волновода к прямоугольному волноводу. Рассмотрено возбуждение переходов разными модами круглого волновода (TE<sub>11</sub>, TM<sub>01</sub> и TE<sub>21</sub>). Ширина относительной полосы частот при расчёте составляла 40% (8...12 ГГц), наибольший поперечный размер волноводов равен  $2,4\lambda$  на центральной частоте. Показано, что для подобных вычислительных задач применение ANSYS HFSS может давать ошибочные результаты из-за ограничения максимального числа мод в волновых портах 25 модами. Предложено вводить в анализируемой структуре продольные плоскости симметрии, на которых должны быть введены граничные условия, соответствующие возбуждающим модам, и получать вырезки в форме «половинки» или «четвертинки» структуры. Результаты расчёта в ANSYS HFSS для «четвертинки» структуры сравниваются с результатами, полученными по методу моментов, и получено полное совпадение.

## Введение

Одной из наиболее мощных программ электродинамического моделирования, широко применяемых в практической деятельности для расчётов различных волноводных структур и антенн, является пакет ANSYS [1, 2]. При расчёте волноводных структур в ANSYS HFSS возбуждение обычно вводится в виде волновых портов (Wave port). По умолчанию в волновых портах вводится по одной моде. Результатом расчёта является S-матрица волноводной структуры. При задании в волновых портах нескольких мод рассчитывается многомодовая S-матрица. Максимальное число мод в волновых портах в ANSYS HFSS ограничено и равно  $N = 25$ .

В данной статье рассмотрены две расчётные модельные задачи. Первая задача состоит в расчёте волноводной конструкции, представляющей собой

ступенчатый переход между круглыми волноводами (рис. 1). Диаметр меньшего волновода выберем равным  $\varnothing 36$  мм, диаметр большего волновода выберем равным  $\varnothing 72$  мм. Введем три ступени между волноводами: первая ступень с диаметром  $D_1 = \varnothing 45$  мм и длиной  $L_1 = 10$  мм; вторая ступень с  $D_2 = \varnothing 54$  мм,  $L_2 = 10$  мм; третья ступень с  $D_3 = \varnothing 63$  мм,  $L_3 = 10$  мм. Для всех цилиндрических областей вводим сегментацию с числом сегментов  $N_{seg} = 36$ . Сегментация позволяет контролировать точность расчёта, так как задаёт явным образом аппроксимацию криволинейных поверхностей плоскими участками, которая необходима для введения сетки тетраэдров. Длина регулярного волновода слева и справа была равна в проекте  $L_{reg} = 35$  мм.

Вторая задача состоит в расчёте волноводной конструкции, которая пока-

зана на рис. 2. Структура представляет собой аналогичный ступенчатый переход (все диаметры и длины круглых волноводов слева те же), но заканчивающийся прямоугольным волноводом  $a \times b = 72 \times 63$  мм (вместо круглого волновода  $\varnothing 72$  мм). В отличие от предыдущей осесимметричной структуры, данная структура с прямоугольным волноводом имеет только две плоскости симметрии – продольные плоскости XOZ и YOZ.

Волновые порты будем обозначать как порт 1 и порт 2 (см. рис. 1 и 2). Будем интересоваться случаем возбуждения со стороны порта 1 (меньшего круглого волновода, имеющего  $\varnothing 36$  мм). В табл. 1 приведены критические диаметры [3] и критические частоты (частоты отсечки) для нескольких интересующих нас низших мод круглого волновода для  $\varnothing 36$  мм.

Расчёт будем проводить в диапазоне частот от 8 до 12 ГГц. В указанном диапазоне частот входной волновод  $\varnothing 36$  мм является многомодовым, что позволяет выполнить расчёт одной и той же конструкции при возбуждении разными модами круглого волновода. На центральной частоте рабочего диапазона (10 ГГц) диаметры входного и выходного волноводов равны в длинах волн  $\varnothing 36$  мм =  $1,2\lambda$  и  $\varnothing 72$  мм =  $2,4\lambda$  соответственно, что представляет собой достаточно небольшой размер. В волновых портах слева и справа будем вводить по 25 мод (максимальное разрешённое количество).

В представленных далее результатах расчётов показано, что непосредственный расчёт структур на рис. 1 и 2 в HFSS

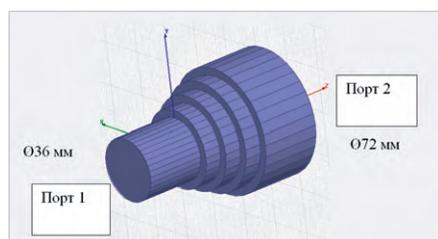


Рис. 1. Осесимметричный ступенчатый переход между круглыми волноводами

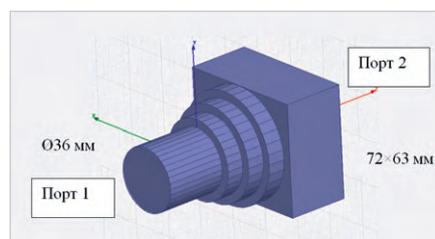


Рис. 2. Ступенчатый переход между круглым и прямоугольным волноводами

Таблица. Критические диаметры и частоты для круглого волновода  $\varnothing 36$  мм

Мода	Критические диаметры, $\frac{D}{\lambda_{cp}}$	Критическая частота, ГГц
TE <sub>11</sub>	0,586	4,883
TM <sub>01</sub>	0,766	6,383
TE <sub>21</sub>	0,972194	8,102
TE <sub>01</sub>	1,21967	10,164
TM <sub>11</sub>	1,21967	10,164

даёт неверные результаты. Для получения корректных результатов следует вводить в структурах продольные плоскости симметрии, позволяющие сделать вырезки из полных структур. Расчёт в HFSS для вырезов в виде «четвертинок» из модельных структур давал корректный результат благодаря тому, что в волновых портах вводились только моды, имеющие нужные плоскости симметрии, тем самым обеспечивался учёт всех необходимых мод для структур заданного электрического размера.

### Продольные плоскости симметрии волноводных структур

Программа ANSYS HFSS при запуске проекта на счёт первым делом анализирует волновые порты, рассчитывает распределения поля для всех заданных мод. Моды распределяются по номерам по возрастанию в порядке их выхода из отсечки. На рис. 3 показаны распределения поперечного электрического поля в волновых портах для нескольких основных (нижних) мод круглого волновода. Такими модами являются моды TE11 (две поляризации), TM01, TE21 (две поляризации), TE01, TM11 (две поляризации).

Если рассчитываемая волноводная структура не обладает продольными плоскостями симметрии, то для любой падающей моды на волновых портах могут возбуждаться все возможные моды, вышедшие из отсечки в подводящих волноводах.

На практике часто используются осесимметричные волноводные структуры, например, переходы между круглыми волноводами разного диаметра (рис. 1). Для таких структур в волновых портах будут возбуждаться только моды, имеющие тот же номер азимутальной гармоники, что и в падающей волне [4]. В программе HFSS расчёт матрицы рассеяния выполняется сразу по всем заданным на волновых портах модам. Таким образом, пользователь программы может немедленно (после получения решения) проанализировать результаты возбуждения волноводной структуры для разных падающих мод. Для осесимметричной волноводной конструкции структура многомодовой матрицы рассеяния такова, что развязанными являются блоки, соответствующие разным азимутальным гармоникам поля возбуждения.

Возможна следующая ситуация, когда пользователя ANSYS HFSS интере-

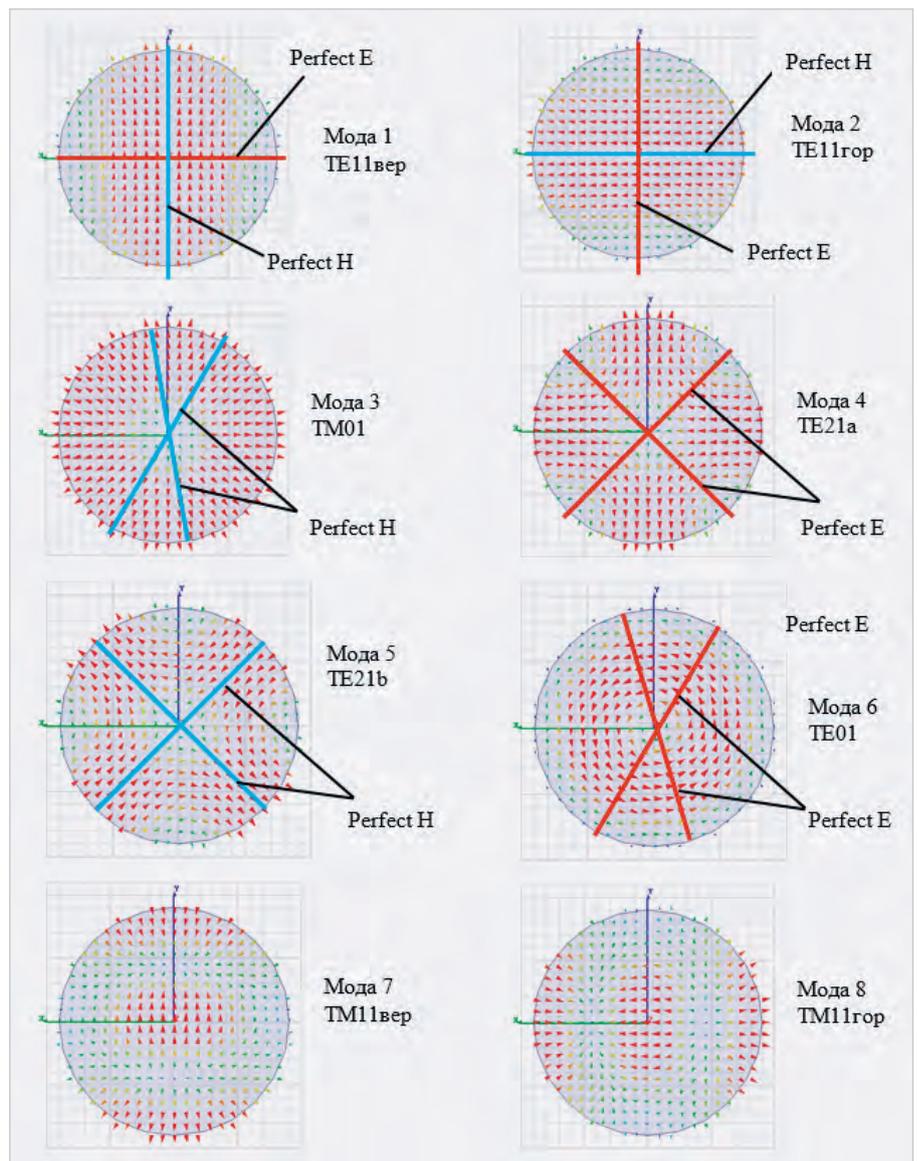


Рис. 3. Моды круглого волновода

сует матрица рассеяния только для одного вида возбуждения волнового порта (одной моды). В этом случае расчёт осесимметричной волноводной структуры может быть выполнен с введением продольных плоскостей симметрии, соответствующих возбуждающей моде (сама структура в силу осевой симметрии имеет бесчисленное число плоскостей симметрии). Например, волна TE11 круглого волновода имеет две плоскости симметрии – электрическую стенку (Perfect E), на которой тангенциальная компонента электрического поля равна нулю, и магнитную стенку (Perfect H), на которой тангенциальная компонента магнитного поля равна нулю (рис. 3). Тогда волновод может быть разрезан пополам, в плоскости разреза введено соответствующее граничное условие (Perfect E или Perfect H), а расчёт может быть выполнен для «половин-

ки» волновода. Можно ввести сразу две плоскости симметрии, тогда от волновода отрезается «четвертинка», на одной плоскости разреза вводится Perfect E, на второй Perfect H; расчёт может быть выполнен для «четвертинки» волновода.

Волна TM01 круглого волновода является осесимметричной, поэтому из волновода с такой волной может быть отрезана половина волновода с введением в плоскости разреза граничного условия Perfect H, или вырезана произвольная секторная «долька», ограниченная двумя магнитными стенками Perfect H (рис. 3). Волна TE01 круглого волновода также является осесимметричной, поэтому из волновода с такой волной также может быть вырезана секторная «долька», но ограниченная двумя электрическими стенками Perfect E (рис. 3). Здесь наиболее удобно вводить секторную «дольку» 90°

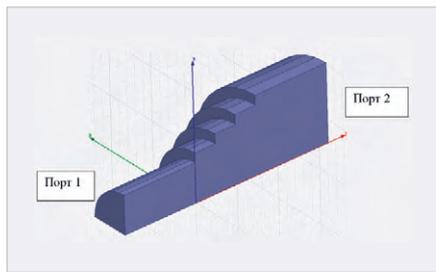


Рис. 4. Осесимметричный ступенчатый переход («четвертинка» волноводной структуры)

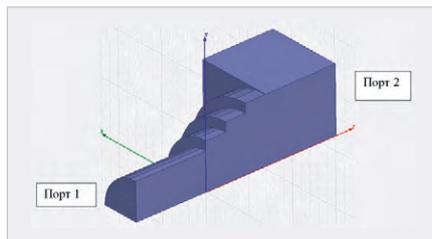


Рис. 5. Ступенчатый переход от круглого к прямоугольному волноводу («четвертинка» волноводной структуры)

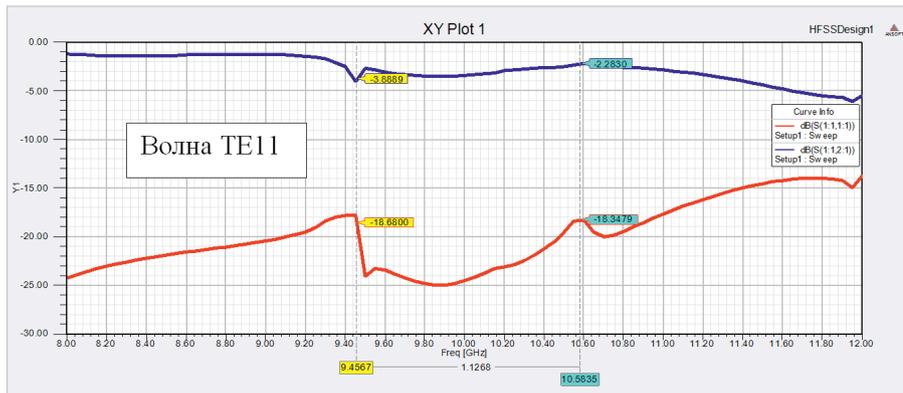


Рис. 6. Коэффициенты отражения и прохождения волны TE11 для осесимметричного ступенчатого перехода (полная структура, рис. 1)

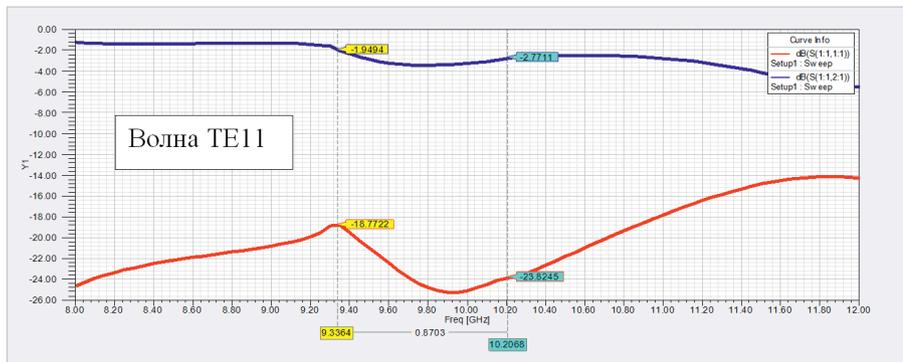


Рис. 7. Коэффициенты отражения и прохождения волны TE11 для осесимметричного ступенчатого перехода («четвертинка», рис. 4)

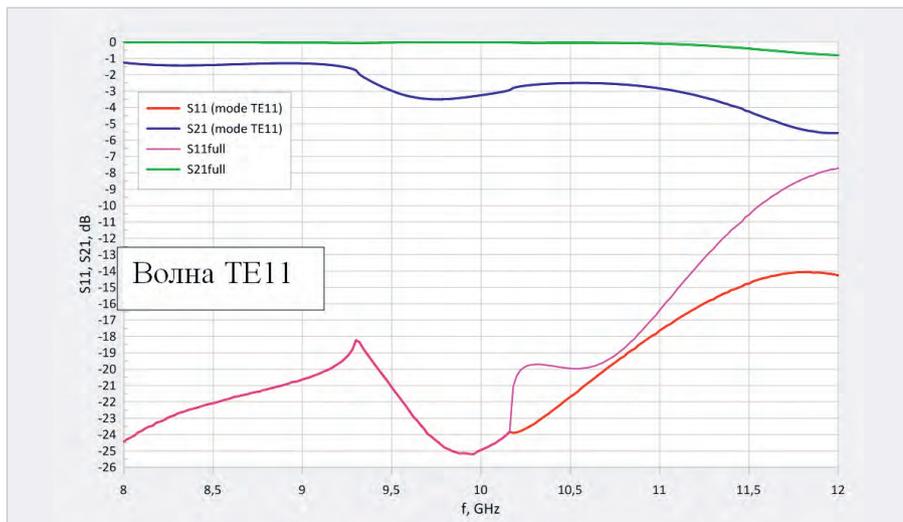


Рис. 8. Коэффициенты отражения и прохождения для осесимметричного ступенчатого перехода, падение волны TE11 (расчёт методом моментов)

(т.е. «четвертинку» волновода), используя операцию Split по координатным плоскостям XOZ и YOZ ( $z$  – продольная координата). Для мод TE21 существует возможность либо разрезать волновод пополам, введя одну магнитную Perfect H или одну электрическую стенку Perfect E, либо ввести пару одинаковых стенок, расположенных по координатным плоскостям или по диагональным плоскостям (рис. 3).

Таким образом, можно выполнять только одну операцию Split, вводя только одну продольную плоскость симметрии (получаем половину структуры), либо выполнять две операции Split (получаем «четвертинку» структуры). Однако расчёт с двумя плоскостями симметрии (для «четвертинки») проводить более выгодно, чем для половины структуры, так как физический объём в 2 раза меньше (меньше нужно тетраэдров), расчёт выполняется быстрее и с более высокой точностью. На рис. 4 и 5 показаны конструкции вырезов в виде «четвертинок» структур, приведённых на рис. 1 и 2.

После того как пользователь ANSYS HFSS вырезал «четвертинку» структуры, он должен ввести на плоскостях разреза граничные условия (Perfect E или Perfect H), соответствующие падающей моде. В результате этого при расчёте волновых портов программа будет распределять моды по номерам в порядке их выхода из отсечки уже не для волновода полного сечения, а для волновода с предписанными плоскостями симметрии (или, что то же самое, для «четвертинки» волновода). Тем самым программа будет выполнять сепарацию мод, используя на волновых портах только моды с требуемыми плоскостями симметрии (т.е. с нужными азимутальными индексами в случае круглого волновода). В волновых портах слева и справа для конструкций на рис. 4 и 5 также будем вводить по 25 мод (максимальное разрешённое количество).

### Результаты расчётов

Результаты расчёта в ANSYS HFSS для осесимметричного волноводного перехода между круглыми волноводами (см. рис. 1) при возбуждении волной TE11 даны на рис. 6, где приведены только коэффициенты отражения и передачи по волне TE11 (есть и другие возбуждаемые волны TE1m и TM1m).

На рис. 7 приведены соответствующие результаты расчёта для «четвер-

тинки» полной структуры (см. рис. 4), когда на разрезах были введены одна плоскость Perfect H и одна плоскость Perfect E.

Сравнение результатов на рис. 6 и 7 показывает значительные отличия как для коэффициентов отражения, так и коэффициентов прохождения. Для проверки был выполнен расчёт структуры той же геометрии с помощью другой программы путём решения системы интегральных уравнений для магнитных токов в отверстиях связи (метод моментов) [4]. Результаты расчётов показаны на рис. 8. Легко видеть, что результаты расчётов по методу моментов в части элементов матрицы рассеяния для моды TE11 совпали с результатами расчётов в ANSYS HFSS для «четвертинки» (рис. 7). На рис. 8 дополнительно даны S11full, S22full – коэффициенты отражения и передачи, рассчитанные по сумме мощностей всех отражённых и прошедших мод. При выходе из отсечки волны TM11 подводящего волновода (см. табл. 1) видим отличия полного коэффициента отражения S11full от коэффициента отражения S11 только по волне TE11.

Анализ показывает, что расчёт полной структуры (рис. 1) в Ansys HFSS в лоб давал ошибочный результат, так как на волновом порту большего круглого волновода (порт 2) не были учтены все распространяющиеся моды. Эти моды оказывались закоорченными в волноводе, что приводило к неверному результату. Таким образом, разрешённых 25 мод уже недостаточно для корректного учёта всех распространяющихся волн даже для круглого волновода сравнительно небольшого диаметра  $2,4\lambda$  (для 10 ГГц – средней частоты диапазона расчёта). При расчёте же «четвертинки» структуры на волновых портах учитывались только моды, имеющие две плоскости симметрии (Perfect E и Perfect H), ненужные моды сепарировались, поэтому здесь было достаточно разрешённых 25 мод.

Проведём далее аналогичный расчёт для падающей моды TM01. На рис. 9 и 10 даны результаты расчёта в ANSYS HFSS для полной структуры и для «четвертинки» (с введением двух плоскостей Perfect H) соответственно.

На рис. 11 даны результаты расчёта по методу моментов. Как и для случая падения волны TE11, здесь наблюдается совпадение результатов расчёта только

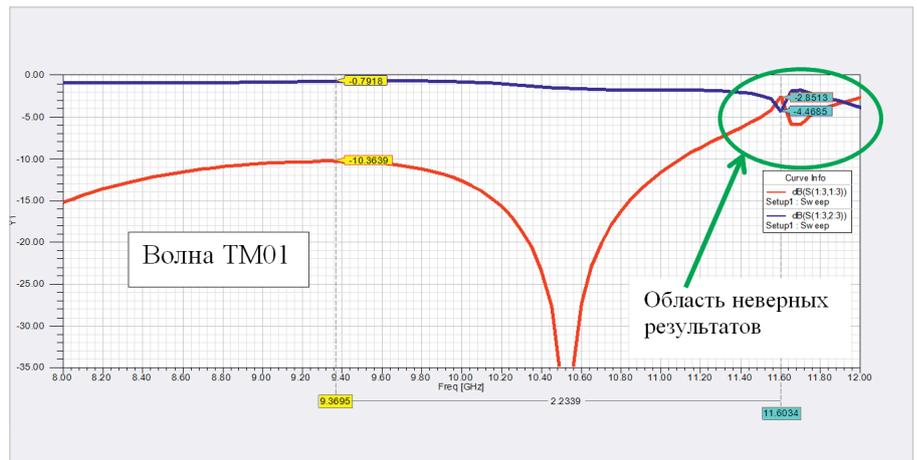


Рис. 9. Коэффициенты отражения и прохождения волны TM01 для осесимметричного ступенчатого перехода (полная структура, рис. 1)

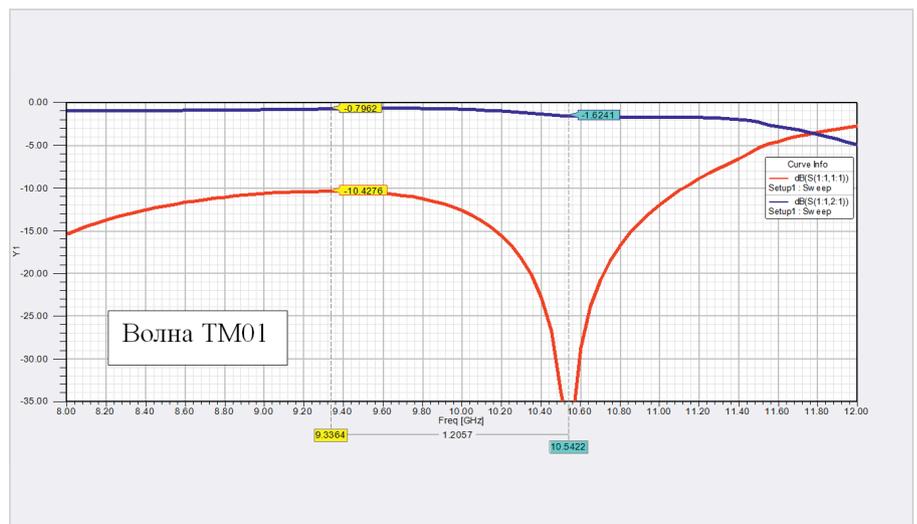


Рис. 10. Коэффициенты отражения и прохождения для волны TM01 для осесимметричного ступенчатого перехода («четвертинка», рис. 4)

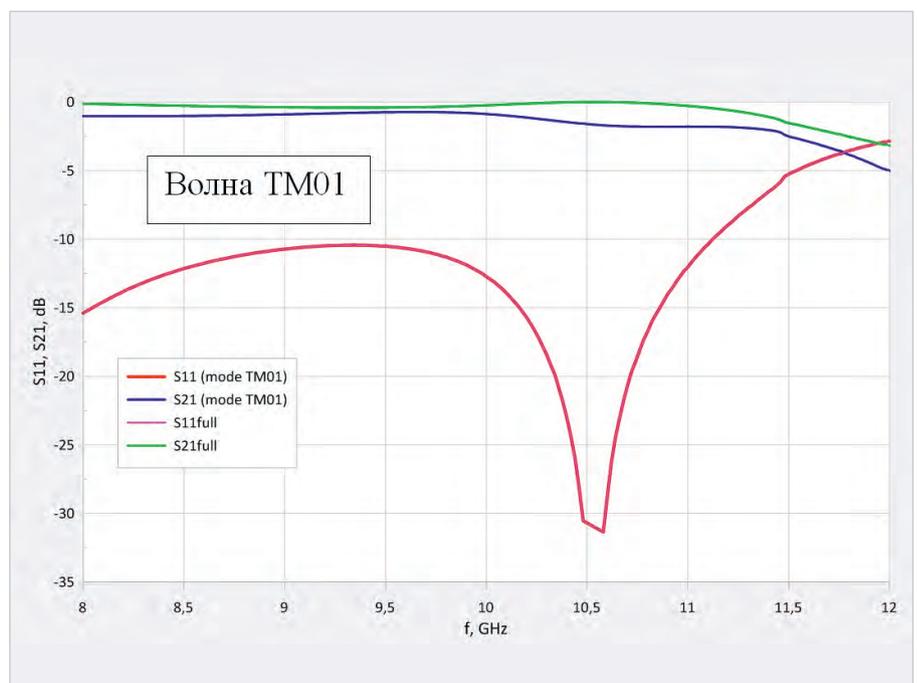


Рис. 11. Коэффициенты отражения и прохождения для осесимметричного ступенчатого перехода, падение волны TM01 (расчёт методом моментов)

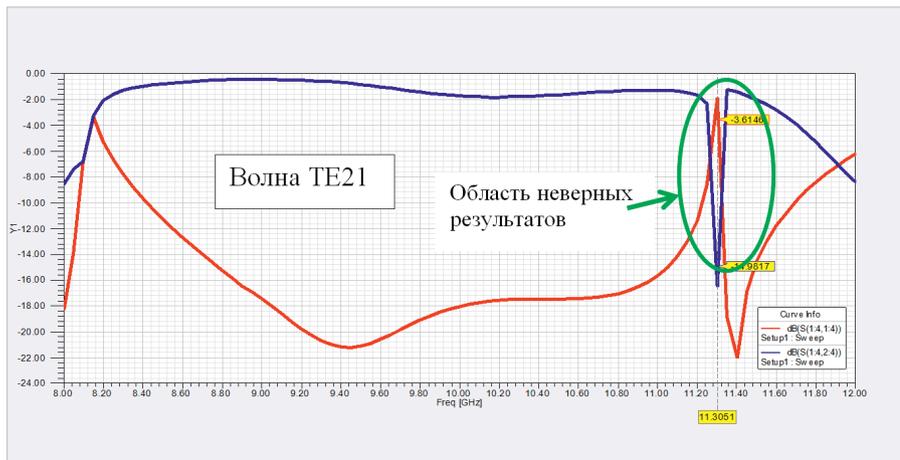


Рис. 12. Коэффициенты отражения и прохождения волны TE21 для осесимметричного ступенчатого перехода (полная структура, рис. 1)

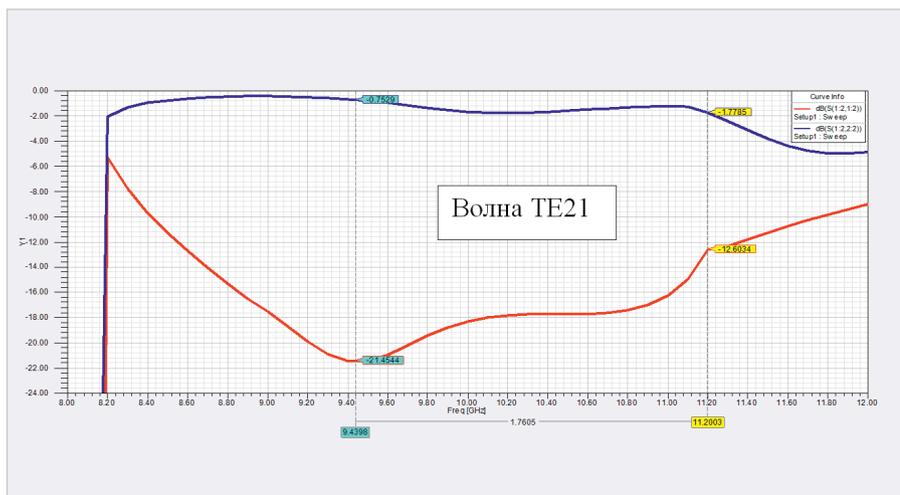


Рис. 13. Коэффициенты отражения и прохождения для волны TE21 для осесимметричного ступенчатого перехода («четвертинка», рис. 4)

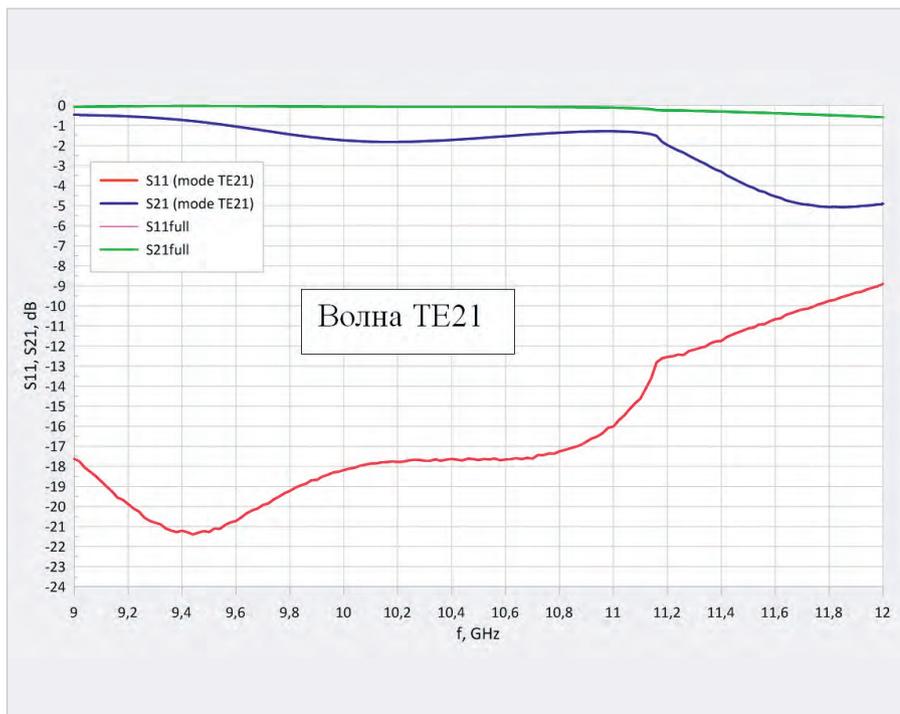


Рис. 14. Коэффициенты отражения и прохождения для осесимметричного ступенчатого перехода, падение волны TE21 (расчёт методом моментов)

для «четвертинки» и метода моментов. Для полной структуры (рис. 1) имелся неверный расчёт для частот  $f > 11,4$  ГГц, где возбуждались высшие моды, не учтённые в волновых портах.

Проведём аналогичный расчёт для случая падения моды TE21. Результаты ANSYS HFSS даны на рис. 12 и 13 для полной структуры и для «четвертинки» (с введением двух плоскостей Perfect H) соответственно. Результаты расчёта на рис. 12 демонстрируют наличие резонанса в области частоты  $\approx 11,3$  ГГц, данный резонанс отсутствует на рис. 13. На рис. 14 даны результаты расчёта по методу моментов. Как и в двух предыдущих случаях, результаты расчётов методом моментов совпадают с расчётом методом конечных элементов в ANSYS HFSS только для вырезки в виде «четвертинки» структуры.

Проведём дополнительно расчёт для волноводных конструкций на рис. 2 и 5 при падении волны TE11 вертикальной поляризации в круглом волноводе. На рис. 15 и 16 даны результаты расчёта в Ansys HFSS для полной структуры и для «четвертинки» (YOZ – Perfect H, XOZ – Perfect E) соответственно. Коэффициент передачи в прямоугольный волновод дан для моды TE10. На рис. 17 даны результаты расчёта по методу моментов. Как и ранее, корректный результат в ANSYS HFSS был получен только для «четвертинки». Заметим, что, в отличие от осесимметричной задачи (рис. 1 и 4), где задача разделяется по независимым гармоникам поля, в задаче о переходе к прямоугольному волноводу в круглых апертурах связи возбуждаются все нечётные гармоники поля (TE1m+TM1m, TE3m+TE3m, TE5m+TM5m и т.д.).

### Заключение

С помощью программы ANSYS HFSS проведены расчёты двух модельных волноводных задач. Первая модельная задача представляла собой ступенчатый осесимметричный переход между круглыми волноводами при возбуждении тремя разными модами круглого волновода (TE11, TM01 и TE21). Вторая модельная задача представляла собой тот же ступенчатый переход, но заканчивающийся прямоугольным волноводом (вместо круглого); при этом структура имела две плоскости симметрии. Ширина относительной полосы частот при расчёте составляла 40% ( $8 \div 12$  ГГц), наибольший поперечный

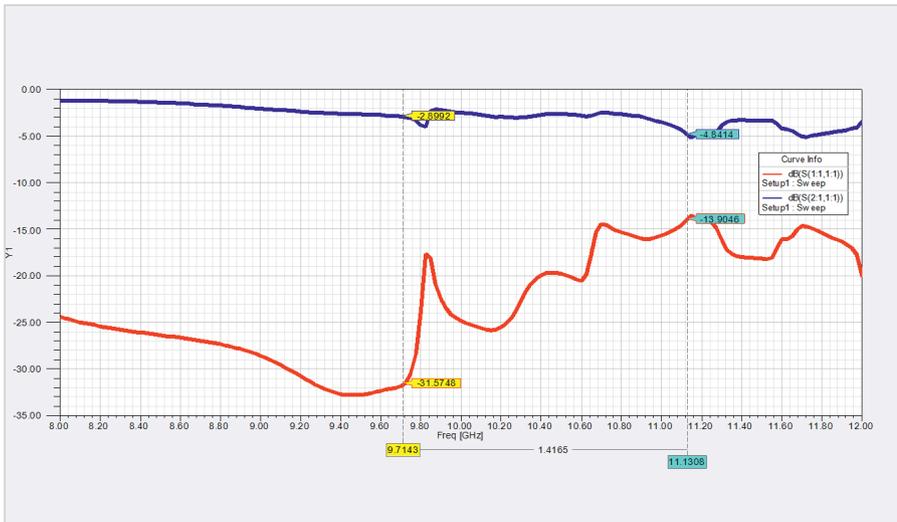


Рис. 15. Коэффициенты отражения (TE11) и прохождения (TE10) для перехода, падение волны TE11 (полная структура, рис. 2)

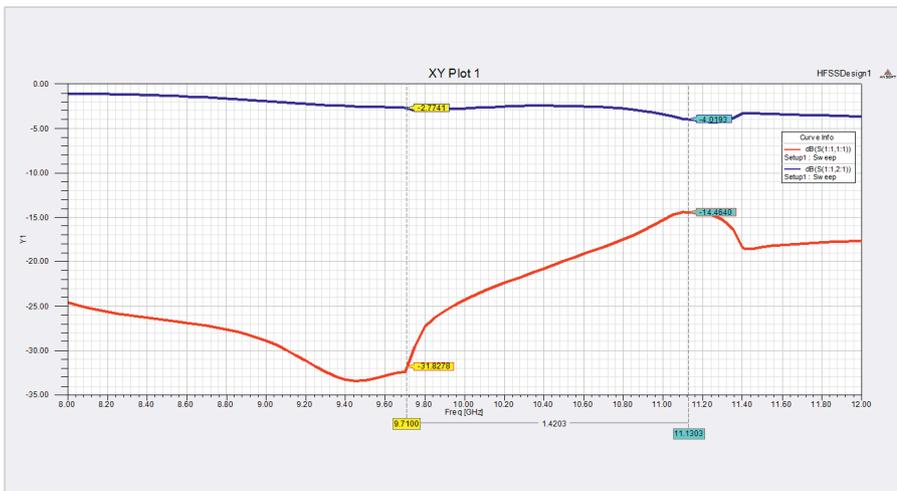


Рис. 16. Коэффициенты отражения (TE11) и прохождения (TE10) для перехода, падение волны TE11 («четвертинка», рис. 5)

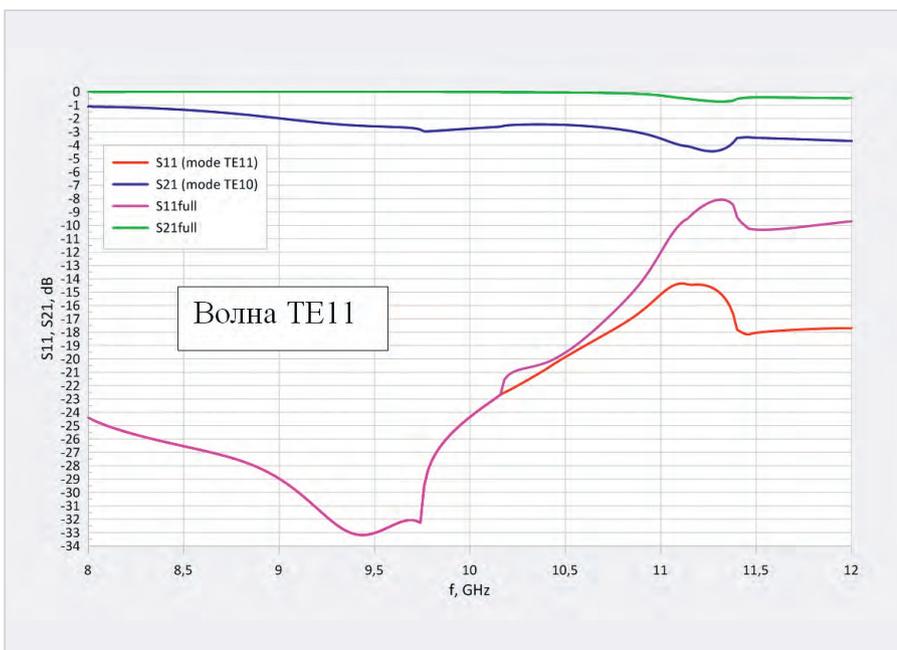


Рис. 17. Коэффициенты отражения и прохождения перехода между круглым и прямоугольным волноводами, падение волны TE11 (метод моментов)

размер волноводов был равен всего  $2,4\lambda$  на центральной частоте. Расчёты показали, что для подобных простых вычислительных задач применение ANSYS HFSS «в лоб» может давать ошибочные результаты из-за ограничения максимального числа мод в волновых портах 25 модами. Проблема расчёта в ANSYS HFSS была решена путём использования плоскостей симметрии для возбуждающих мод. Так, для случая падающей волны TE11 были введены граничные условия в форме электрической и магнитной стенок, была получена вырезка в виде «четвертинки» структуры, для которой ANSYS HFSS автоматически отбрасывал в волновых портах моды, не обладающие предписанными плоскостями симметрии, в результате чего все распространяющиеся моды были учтены. Аналогичные плоскости симметрии вводились при возбуждении модами TM01 и TE21. Результаты расчёта в ANSYS HFSS для «четвертинок» структуры сравнивались с результатами, полученными по методу моментов, показано полное совпадение результатов.

Проведённые расчёты продемонстрировали необходимость для пользователя ANSYS HFSS внимательно контролировать число мод в волноводных портах и электрический размер подводящих волноводов. Пользователь при работе с программой должен проявлять «гибкость», вводя по возможности плоскости симметрии для создания «вырезов» из структуры. Заметим, что метод моментов практически не имеет ограничений на электрический размер подводящих волноводов и число мод в портах, поэтому может быть использован для расчётов структур с подводящими волноводами большого электрического сечения. В то же время метод моментов уступает ANSYS HFSS по универсальности и возможности анализа произвольных волноводных конструкций. Заметим, что если требуется выполнять расчёт структур без продольных плоскостей симметрии, то ситуация для ANSYS HFSS здесь усугубляется, так как нет возможности делать вырезки из структуры («половинки» и «четвертинки»). В силу этого корректный результат может быть получен только для подводящих волноводов с ограниченными сечениями.



# BigTech и захват планеты

*Мало кто из нас может вынести бремя богатства. Конечно, чужого.*

*Марк Твен*

**Александр Гольшко** (race07@inbox.ru)

**BigTech** – так называют крупнейшие технологические компании (имеются в виду, прежде всего, информационные технологии – ИТ), которые создают собственные экосистемы: Amazon, Microsoft, Google, Alibaba, Meta (Facebook), Tencent и др. Чем именно изначально занимаются данные компании, в общем виде современным гражданам известно, а в перспективе у них будет всё, чего пожелает душа в наступившую цифровую эпоху (рис. 1).

«Экосистема» – термин биологический и впервые был применён Артуром Тенсли в 1935 году, а обозначал он систему, объединяющую локальные сообщества организмов, а также их взаимодействие с природой и между собой. В начале 1990-х годов бизнес-стратег Джеймс Мур предложил рассматривать каждую компанию не как отдельного игрока, а как представителя бизнес-экосистемы, охватывающей множество участников из разных отраслей. Как и её биологический аналог, бизнес-экосистема постепенно переходит от случайного набора элементов к более структурированному сообществу. Сегодня бизнес-экосистемы описывают как динамичные и постоянно развивающиеся сообщества, которые создают новую ценность через сотрудничество и конкуренцию, причем конкуренция здесь уходит на второй план.

Другими словами, основная отличительная черта BigTech – желание одновременно присутствовать абсолютно

на всех рынках, причём это желание подкреплено реальными финансовыми возможностями и стремительным развитием технологий, в первую очередь цифровых. Бюджеты указанных компаний позволяют тратить огромные суммы на освоение новых рыночных сегментов, а бренд – заставить своих клиентов потреблять всё новые продукты под той же маркой. Всё это как минимум представляется угрозой для других участников рынка, в том числе банков.

В целом BigTech-компании обладают тремя важнейшими активами:

- данные. Современные технологические компании объединяет одно: их изначальный бизнес связан с куплей-продажей B2C товаров и услуг. Будь то электронная коммерция, телекоммуникации или поиск и реклама. Поэтому ни у кого на рынке такого объёма и типа данных нет;
- умение анализировать данные, инвестировать в аналитику много денег и сил;

- наличие денег и талантов, обеспечивающих большой денежный поток.

Для лучшего понимания предмета настоящей статьи стоит привести неофициальные названия указанных выше американских транснациональных ИТ-компаний, которые доминировали в киберпространстве со второй декады XXI века: Google, Amazon, Facebook, Apple – их ещё часто именуют «Банда из четырёх». Термин был придуман в 2008 г. Эриком Шмидтом, Филлом Саймоном и Скоттом Галлоуэем, как описывающий компании, «стоящие за потребительской революцией в Интернете», которые «избегают налогов, вторгаются в частную жизнь и разрушают рабочие места». Собственно, это то, что полезно знать о деятельности BigTech, помимо цифровизации, цифровой трансформации, развития «удалёнки» и т.п.

В 1994 году Билл Гейтс написал в своей статье для Newsweek знаменитую фразу: «Банки – это динозавры. Мы легко их обойдём». Разумеется, он имел в виду Microsoft и другие технологические компании. Быть может, для того времени это были довольно странные слова, потому что крупнейшие технологические компании лишь набирали силу или находились в процессе рождения. С тех пор активы мировой банковской системы выросли в 4 раза (правда, количество банков сократилось вдвое), а участники BigTech начали предоставлять отдельные финансовые инструменты. Однако, похоже, недолго осталось ждать того, о чём говорил Билл Гейтс, и угроза банкам от крупных технологических экосистем более чем реальна. К примеру, презентации компании Apple уже сравнительно давно показывают, что финансовый рынок сейчас является одним из приоритетных для ИТ-гигантов. Ведь это дополнительный способ монетизировать их аудиторию. К тому же смартфон уже находится у каждого имеющего хоть какие-то деньги в кармане, а к нему сегодня уже добавились так называемые метавселенные с виртуальной реальностью всего, что можно отнести к «искусству возможного». Уникальность метавселенных заключается в том, что они объединяют в себе функции социальных сетей и компьютер-



Рис. 1. BigTech правит миром (flipboard.com)

ных игр, создавая «абсолютную» экосистему. В метавселенных пользователи владеют цифровыми активами, в состав которых входит не только недвижимое и движимое цифровое имущество, но и право голоса.

Что касается банков, то это достаточно хрупкая структура, которая может рухнуть просто под набегом вкладчиков. Поэтому они очень серьёзно регулируются государством. Для них это дорого, снижает их гибкость и сокращает возможные темпы их роста. Хотя BigTech не удастся избежать регулирования, финансовые услуги – лишь небольшая часть бизнеса, где рисков гораздо меньше. Многие банки имеют приличный возраст: 20–30 и более лет. За это время банки обрастают огромным числом различных программных продуктов, зачастую не своих или написанных на «мёртвых» языках программирования. Этим очень сложно и дорого управлять. Наконец, банки – это неповоротливые забюрократизированные организации. Решения принимаются долго и тяжело, под запросы клиентов подстраиваться сложно. Как вы понимаете, у BigTech, которые являются топовыми технологическими компаниями, таких проблем просто нет.

В свою очередь, если всё на свете будут предоставлять цифровые компании из группировки BigTech, они постепенно и закономерно заменят собой государство. Все важнейшие вопросы люди будут решать в тех же метавселенных также без участия государства. Более того, государства даже при осуществлении социальной помощи попадут в зависимость от BigTech. А потом зависимость и вовсе превратится в рабство (рис. 2).

Если же в метавселенную ввести ещё и свои деньги (криптовалюту), то собственно гражданство превратится в фикцию, а государству перекрыть виртуальную среду в силу финансовой слабости и вовлечённости в неё своего национального бизнеса и граждан будет невозможно. Таким образом, у государства останутся только физические тела граждан, а всё остальное вместе с финансами уйдет к «Банде из четырёх» сотоварищей.

Но это мы забежали немного вперёд. А сегодня банки готовы отвечать BigTech своими экосистемами, и в целом уже весь мир в той или иной степени ополчился на группировку BigTech. Есть надежда, что пока ещё последние не стали настолько круп-



Рис. 2. Метавселенная [9]

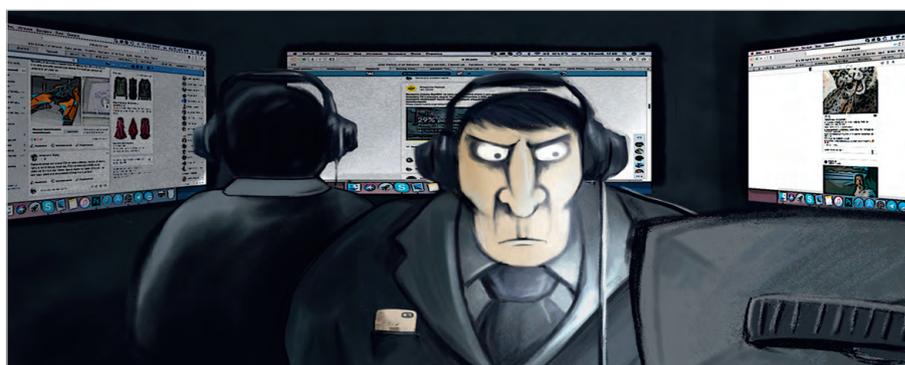


Рис. 3. Большой брат следит за тобой [10]

ными, богатыми и мощными, чтобы с ними уже не могли справиться регулирующие органы и политики. Между тем международное инвестиционное сообщество продолжает инвестировать в BigTech миллиарды, котировки их акций приближаются к заоблачным высотам, однако, как предупреждают специалисты, наличие хороших новостей для технологических олигархов отнюдь не означает, что это хорошо для экономики и для инновационной деятельности вообще.

BigTech стали настолько доминирующими, настолько прибыльными и настолько всеохватывающими, что каким-нибудь стартапам стало очень сложно бросать им вызов, что в принципе затрудняет инновационную деятельность. Когда-то такие стартапы, как Facebook и Google, подавили Myspace и Yahoo. Но это было до того, как их котировки взлетели в стратосферу, предоставляя огромное преимущество в финансировании. Благодаря «глубоким и полным карманам» BigTech могут проглотить или подавить любую новую

компанию, которая прямо или косвенно угрожает ключевым прибыльным направлениям. Найдётся не так много отважных людей, готовых отказаться от миллиарда долларов в надежде на гораздо большее количество когда-нибудь в будущем. К тому же всегда существует риск того, что технологические гиганты будут использовать свои обширные армии программистов для разработки практически идентичного продукта и свои обширные юридические ресурсы для его защиты (рис. 3).

Компании BigTech могли бы утверждать, что весь капитал, который они вливают в новые продукты и услуги, продвигает инновации. Однако можно предположить, что во многих случаях целью является пресечение потенциальной конкуренции в зародыше. Примечательно, что BigTech по-прежнему получают большую часть своих доходов от ключевых продуктов своих компаний, например, Apple iPhone, Microsoft Office и поисковой системы Google. Таким образом, на практике потенциально разрушительные новые технологии так же



Рис. 4. Рынки могут быть очень зависимы от действий крупных корпораций [11]

могут быть как похоронены, так и поощрены. Но, заметим, отнюдь не в рамках свободной рыночной конкуренции, о которой так любят поговорить приверженцы идей глобализма и т.п.

Что касается регуляторов, то BigTech уже находится под их пристальным вниманием (вопрос, в чём заключаются регуляторные цели). Обеспокоенность деятельностью и потенциальными возможностями BigTech вполне обоснована и распространяется как на Америку, так и на Европу. К примеру, BigTech сильно выиграли во время пандемии (то есть настолько, что даже появились конспирологические версии, что, мол, пандемия – это их рук дело). Массовый переход на «удалёнку» ускориł рост онлайн-сервисов от Zoom до Netflix, а также увеличил спрос на технику, как для работы, так и для отдыха. Без видеосвязи невозможно было провести ни совещание, ни урок, ни переговоры, а почти все развлечения сосредоточились в соцсетях и стриминговых сервисах. А это всё BigTech.

Став незаменимыми, BigTech-компании логично попали под пристальное внимание регуляторов по всему миру. Главы Apple, Google и Facebook стали ходить на допросы в Конгресс США, как на работу, и заодно получать регулярные удары со стороны ЕС.

В конце января 2020 года Европарламент проголосовал за резолюцию, по которой Еврокомиссия должна разработать закон об общем стандарте зарядных устройств USB-C, что было отложено из-за начавшейся пандемии. Основной акцент делался на то, чтобы заставить Apple отказаться от Lightning, но пока решить задачу не удалось.

В феврале 2020 года французский регулятор DGCCRF посчитал, что Apple

не проинформировала пользователей о замедлении старых моделей iPhone (об этом компания объявила в 2017 году), поэтому оштрафовал её на 25 миллионов евро. Компанию также обязали целый месяц показывать на сайте предупреждение о том, что она «совершила преступление в виде обманной коммерческой практики путём бездействия и согласилась выплатить штрафы».

Австралийские власти решили обязать Facebook и Google платить за новости, потому что из-за пандемии снизились рекламные доходы в СМИ. По задумке чиновников, компании должны делиться рекламной выручкой за использование чужого контента. Facebook отказался делиться доходами с австралийскими СМИ и заявил, что отказ от новостей не повлияет на бизнес соцсети. Google заявил, что закон нанесёт ущерб малому бизнесу, владельцам сайтов и блогерам, а также отметил, что и так платит «миллионы долларов» австралийским медиа ежегодно. Несмотря на критику, австралийский парламент не отказался от «кодекса». В ответ Facebook предупредил, что заблокирует публикацию новостей на платформе для всех пользователей из Австралии, в том числе и для СМИ. Спор продолжается.

В 2020 году создатели онлайн-игры Fortnite – Epic Games – активировали в игре собственную платёжную систему, работающую в обход Apple Pay и Google Pay, о чём производителей не предупреждали. За это Apple и Google удалили Fortnite из магазинов за нарушение правил: внедрение собственных платежей на платформах запрещено. В ответ Epic Games подала на обе компании в суд и развернула масштабную промо-кампанию против Apple. Epic

Games собрала целую коалицию разработчиков, выступивших за снижение комиссий App Store.

Дональд Трамп с 2019 года вёл с Китаем торговую войну, сделав одним из её этапов санкции против крупнейших китайских компаний. Первой «жертвой» стала Huawei, а в июле 2020 года он обратил внимание на TikTok, которой владеет ByteDance. Трамп заявил, что TikTok и WeChat выступают угрозами национальной безопасности, так как хранят данные американцев на китайских серверах. Президент запретил американским компаниям сотрудничать с китайскими фирмами и потребовал ByteDance продать TikTok компании из США до 20 сентября. Главным претендентом называли Microsoft, а компания даже подтверждала намерение приобрести сервис. Сделка по продаже TikTok Microsoft сорвалась, но ByteDance нашла нового покупателя – Oracle, также получившую одобрение Трампа. Позже выяснилось, что речь идёт не о покупке, а о партнёрстве, но в Белом доме одобрили и такую схему. После проигранных выборов администрация Трампа потеряла интерес к китайской компании.

Проблемы у компании Huawei, которая производит практически всё телеком- и ИТ-оборудование, продолжаются с мая 2019 года, когда компанию и всех её «дочек» внесли в «чёрный список» Минторга США. В 2020 году ситуация достигла апогея, когда «блокаду» ужесточили. Huawei практически отрезали от остального мира: американские власти запретили работать с компанией всем, кто использует хоть какие-то американские технологии, даже если речь об офисных программах (похоже на что-то, не правда ли?). Из-за этого Huawei лишилась доступа к процессорам и микросхемам, которые не могла производить сама. Чтобы обойти ограничения на экспорт чипов и микросхем, Huawei решила построить собственный завод по производству нужных компонентов в Китае. Компания планирует пройти путь от 45 до 20-нанометровых чипов в течение двух лет (а это уже серьёзно).

Что касается разбирательства с «Бандой из четырёх», то в результате прокуроры 50 штатов подали антимонопольные иски, большая часть из которых направлена против Facebook и Google. Каждую из компаний – Apple, Google, Facebook и Amazon – обвинили в антиконкурентных практиках. Google досталось за «системати-

ческое ранжирование собственного контента выше сторонних поисковых запросов», к Apple возникли претензии за контроль над дистрибуцией iOS-приложений, Facebook – за «монопольную власть на рынке соцсетей» и агрессивные поглощения, а Amazon – за доминирование на рынке электронной коммерции (рис. 4).

Вопросы у Конгресса возникли не только к поисковику Google, но ещё и к Chrome – самому популярному браузеру в мире. Подозрения связаны с тем, что компания выстроила массивный рекламный бизнес, который генерирует 160 миллиардов долларов в годовом исчислении, а это 30% всей рекламной выручки США.

В это же время на крупные технологические компании обрушились проблемы из Евросоюза. Власти создали «хит-лист» из 20 компаний, с которыми намерены бороться: помимо штрафов, они хотят заставить Google и Facebook делиться данными о пользователях с конкурентами.

В целом сложившаяся ситуация с BigTech является крупнейшим актом антимонопольного давления со времён нападков на Microsoft в 90-х и 2000-х годах. Многие ИТ-компании получили самые значительные судебные иски за последние 20 лет.

В целом проблема для регулирующих органов заключается в том, что стандартные антимонопольные рамки не применяются в мире, где затраты для потребителей (в основном в форме персональных данных и конфиденциальности) совершенно непрозрачны. Но это служит плохим оправданием для того, чтобы не оспаривать относительно очевидные антиконкурентные действия, как те, когда Facebook купил Instagram (с его быстро растущей социальной сетью) или когда Google купил своего конкурента по картированию Waze.

Возможно, самым срочным вмешательством является ослабление хватки BigTech на наши персональные данные, хватку, которая позволяет Google и Facebook разрабатывать целевые рекламные инструменты, которые берут верх над маркетинговым бизнесом. Европейские регулирующие органы показывают возможный путь следования вперед, даже когда американские регулирующие органы продолжают сидеть сложа руки. Новое Положение по общей защите данных Европейского союза теперь требует, чтобы фирмы



Рис. 5. Кара Фредерик [12]

разрешали потребителям – пусть даже только находящимся в ЕС – передавать свои данные.

Экономисты Глен Вейль и Эрик Познер в своей недавно вышедшей книге *Radical Markets* утверждают, что BigTech должны будут платить за ваши данные, вместо того чтобы требовать их для собственного использования. В то время как практичность этого ещё предстоит выяснить, безусловно, индивидуальные потребители должны иметь право знать, каким образом ведётся сбор их данных и как они используются. Честно говоря, с этим трудно не согласиться, поскольку данные на то и персональные, потому что наши собственные. Хотите торговать нашим имуществом – платите. Хотите заработать, пуская ко мне рекламу, которую я не заказывал, – платите. Или, быть может, это не рынок? Это другое? Впрочем, вернёмся к BigTech, развитие которых начинает становиться угрожающим уже для самого общества.

Обеспокоенность американцев начинает выражаться в требованиях, чтобы Конгресс США и регулирующие органы обуздали BigTech во многих ключевых областях. Например, Конгресс в настоящее время предоставляет интернет-компаниям настоящую свободу действий в обнародовании фейковых новостей («империя лжи» – это как раз оттуда). Если BigTech-платформы не будут придерживаться таких же стандартов, которые распространяются на печать, радио и телевидение, то подробная отчётность и проверка фактов останутся вымирающим искусством, а «вранье без границ» захватит информационное пространство (что, кстати, нетрудно было наблюдать в событиях вокруг Украины). Даже если ИТ-корпорации в

итоге понесут ответственность, практика показывает, что она вряд ли будет для них неподъёмной. Может, и не понесут, если это кому-то выгодно. А что дальше?

В целом получается, что BigTech во главе с Facebook вступили в симбиоз с администрацией Белого дома ради «тоталитарного господства над американцами», как об этом написано в докладе фонда «Наследие» (The Heritage Foundation – влиятельнейший мозговой центр американских консерваторов) «Борьба с тоталитаризмом больших технологий: дорожная карта» (Combating Big Tech's Totalitarianism: A Road Map), выпущенного в феврале 2022 года. Занятно, что именно американцы обеспокоились американскими же технологическими достижениями. В связи с этим интересно, что автором доклада является консерватор до мозга костей, научный сотрудник Центра технологической политики фонда Кара Фредерик, бывший руководитель региональной разведывательной группы (Regional Intelligence Team) Facebook в Менло-Парк, Калифорния, куда её переманили прямиком из Командования специальных операций ВМС США (рис. 5).

В фонде «Наследие» Фредерик специализируется как раз на BigTech и сетевой цензуре. В докладе она сигнализирует о наступлении на конституционные права американцев и призывает их противостоять «китаизации» США. «Перестаньте работать добровольными агентами правительства и вспомните о свободе слова!» – обращается она к BigTech.

Кстати о «китаизации». Китайская Система Социального Кредита (Social Credit System – SCS) – это эксперимент тотального электронного контроля за



Рис. 6. Треть высокопоставленных технических работников считают, что за ними шпионят [13]

населением, проводившийся в 30 крупнейших городах КНР, который готов охватить всю страну. Благодаря SCS китайское руководство может получать в режиме онлайн полную картину жизни в Поднебесной, вплоть до местонахождения, поведения, транзакций, предпочтений, проступков и всего прочего отдельной личности. Ожидается, что в дополнение к SCS с помощью 600 миллионов видеочкамер уже в 2022 году с помощью ИИ любого китайца можно будет вычислить, появится ли он в метро, на улице или в любом присутственном месте, за несколько секунд. Даже в очках, даже с бородой, даже в гриме.

Впрочем, дело не только в «полной картине жизни», но и в обеспечении внутренней и внешней безопасности страны. План формирования SCS изложен в принятой в 2014 году Госсоветом КНР «Программе создания системы социального кредита на 2014–2020 годы». Согласно этой программе, на всей территории КНР должна была быть сформирована универсальная система оценки граждан, компаний и НКО. Каждому физическому и юридическому лицу присваивался рейтинг «социального доверия» на основании данных о его социальном поведении (сегодня туда можно добавить поведение во время пандемии). С помощью ИИ и Big Data в соответствии с алгоритмами, утверждёнными государством, анализировались все доступные данные о человеке или компании, включая их онлайн-поведение. Обладатели высокого рейтинга получали социальные и экономические льготы, обладатели низкого подвергались ограничениям. С помощью SCS коммунистическая партия рассчитывает получить инстру-

мент, позволяющий не только осуществлять социальный контроль, но и регулировать социальное поведение с помощью кнута и пряника. Кто-то даже сравнивает внедрение SCS с романом Джорджа Оруэлла «1984».

В докладе Кары Фредерик говорится, как следовало бы иметь дело с BigTech. В частности, применение и модернизация антимонопольного законодательства, тщательное изучение моделей рекламных технологий Big Tech, установление подотчётности руководителей, наказание за мошенничество и нарушения контрактов, а также создание частных прав на действия для обеспечения прав потребителей и защиты требует многоуровневого подхода к обеспечению справедливой практики и свободы выражения мнений в цифровом мире. Инициативы за пределами Конгресса и правоохранительных органов имеют одинаковое значение. Этот многоуровневый подход должен включать в себя усилия по продвижению принципов федерализма посредством законодательных действий штатов, созданию платформ, где свобода выражения мнений защищена, и разоблачению злоупотреблений BigTech в гражданском обществе. В отсутствие кампаний на всех этих фронтах BigTech будет продолжать подрывать индивидуальные свободы, сегментировать американских граждан и препятствовать человеческому процветанию и самоуправлению.

В противном случае чересчур расширительное толкование термина «дезинформация», которую политики из Вашингтона то и дело находят в сетевых спорах о коронавирусе или школьных программах, очень скоро заткнёт рот любому инакомыслящему. Его будут преследовать как экстре-

миста и террориста с подключением всего силового аппарата Соединенных Штатов. Конечная цель опасной смывки американских соцсетей и правительства – установление худшего вида диктатуры: с повсеместной цензурой и самоцензурой, мыслепреступлениями и промывкой мозгов, цифровой слежкой и навязыванием «единственно верной» точки зрения (рис. 6).

Ключевые выводы доклада:

- растущий симбиоз между BigTech и правительством даёт этим компаниям чрезмерное влияние на повседневную жизнь американцев и подрывает их права;
- BigTech всё чаще осуществляет повсеместный контроль над информацией и доступом к цифровому пространству таким образом, что подрывает свободу и функционирующую республику;
- настало время для агрессивных реформ, чтобы гарантировать, что BigTech будет привлечён к ответственности, обеспечить контроль и надзор и ограничить его способность изменить общество.

Доклад Кары Фредерик полон примеров того, как именно осуществляется политическая цензура в США, которую сегодня проводят те самые интернет-платформы, которые обычно приводятся в качестве примеров американского технологического превосходства над «отсталыми странами». Эти сетевые монстры, якобы созданные «энтузиастами в гараже», давно переняли кадры и технологии из силовых ведомств Америки и всю преследуют политических оппонентов действующей власти, нередко по её же приказам.

Осенью 2020 года американские соцсети ограничили распространение ссылок на публикацию таблоида New York Post с разоблачениями тогдашнего кандидата в президенты США Джо Байдена. В январе 2021 года не менее 17 интернет-платформ отказались предоставить слово действующему президенту США Дональду Трампу. За последние годы Facebook, Twitter и Google множество раз использовали технологические инструменты для подавления правого контента – вплоть до массированного удаления реплик конгрессменов-республиканцев и снижения трафика у таких консервативных изданий, как The Washington Times, The Epoch Times, Breitbart и The Federalist.

Чаще всего BigTech действует по собственной почину, хотя бы в силу

радикально левых взглядов своих топ-менеджеров. Технологические корпорации вообще активно вставляют себя между пользователем и контентом всё более идеологическими способами. Однако в ряде случаев интернет-компании получают прямые распоряжения от власти. Так, 15 июля 2021 года пресс-секретарь Белого дома Джен Псаки рассказала о координации действий администрации с соцсетями для противодействия «ковид-диссидентам» и призвала к более решительным мерам против вредоносных сообщений. После этого в течение месяца Facebook удалил 3000 аккаунтов, в том числе блоги 12 человек, которых Белый дом обозначил как «злостных дезинформаторов».

Доклад The Heritage Foundation обращает внимание на несколько свидетельств того, что дело принимает совсем дурной оборот. В июле 2021 года американская «Антидиффамационная лига» и платёжный сервис PayPal объединились для расследования механизмов финансирования «экстремистов», под которыми понимались не какие-то неонацисты или тем паче джихадисты, а те, кто «исповедует исламофобию и антииммигрантские идеи». Facebook расширил своё определение «экстремизма» и даже начал рассылать предупреждения правым американским журналистам. Основатель Google Сергей Брин предложил использовать технологический инструмент Jigsaw, изначально направленный на противодействие исламистской пропаганде, для оказания влияния на избирателей Трампа. 2 августа 2021 года министр внутренней безопасности США Александро Майоркас признался в работе с интернет-платформами над тем, как

им лучше противостоять «лжи о страхе и итогах выборов».

«Борьба с фейками» и «дезинформацией», которой можно объявить что угодно, давно вышла за рамки интернет-форумов. Amazon регулярно удаляет со своей платформы консервативные книги и фильмы, поставщики цифровых платежей блокируют переводы на «неполиткорректные» цели, а провайдеры отключают частных лиц и целые организации за «неправильные» политические взгляды.

Расследуя уже 2700 случаев «внутреннего экстремизма» (domestic extremism), ФБР пришло к выводу, что он угрожает США не меньше, чем известные источники терроризма. Для подобной «инфляции терминологии», отмечается в докладе, нет никакого оправдания. Как только спецслужбы США, да и любой другой страны получают любую из меток «экстремизм» и т.п., они тут же «делают стойку», поскольку обязаны задействовать против такого рода преступников весь комплекс силовых мер, в том числе в Сети. В итоге инструментарий, изначально созданный для законных целей (настоящие террористы ведь никуда не делись), превращается в оружие против собственных инакомыслящих граждан.

В январе 2022 года в Минюсте США было создано новое подразделение по внутреннему терроризму. Исполнительный помощник директора Отдела национальной безопасности ФБР Джилл Сэнборн позиционировала его для противостояния «смертельной угрозе, исходящей от белых супрематистов, антиправительственных и антиавторитарных (anti-authority) активистов».

Так что в итоге? Благодаря стремительному развитию инфокоммуникационных технологий и развитию всемирного сегмента BigTech, получившему доступ к каждому индивидууму, в скором времени любой неполиткорректный пост, опубликованный в американской соцсети (про вакцинацию, протесты BLM, секс-меньшинства, белую расу или украинский бизнес Байдена-младшего), может быть не просто стёрт за «дезинформацию» или «враждебные высказывания», но и приравнен к экстремизму или терроризму. И это автоматически закрутит шестерёнки репрессивной машины в лице десятка спецслужб США. Если повезёт, они просто заблокируют ваши банковские карты, если нет – выкрадут с мешком на голове из какой-нибудь туристической страны. Специалисты предупреждают при этом, что печальная действительность развития BigTech способна в уже недалёком будущем превзойти самые фантазмагорические предсказания.

Вы спросите, что делать? Прежде всего, хорошо подумать.

## Литература

1. URL: <https://russtrat.ru/analytics>.
2. URL: <https://heritage.org>.
3. URL: <https://hightech.plus>.
4. URL: <https://inosmi.ru>.
5. URL: <https://igis.ru>.
6. URL: <https://trends.rbc.ru>.
7. URL: <https://internetboss.ru>.
8. URL: <https://tjournal.ru>.
9. URL: <https://st.hi-it.spb.ru>.
10. URL: <https://yaplakal.com>.
11. URL: <https://ft.com>.
12. URL: <https://govmatters.tv>.
13. URL: <https://en.softonic.com>.



## НОВОСТИ МИРА

### ДЕФИЦИТ МИКРОСХЕМ СОХРАНИТСЯ ДО 2023 ГОДА – ЕЩЁ ОДИН ПРОГНОЗ

Тайваньский производитель микросхем United Microelectronics Corp (UMC), контрагентами которого среди прочих являются Qualcomm и Infineon, спрогнозировал сохранение дефицита чипов в мире до 2023 года, передаёт в среду Reuters.

Как заявили в компании, нехватку чипов не удаётся устранить даже на фоне падения продаж ноутбуков, персональных компьютеров и смартфонов. Одновременно отмечается глобальный рост спроса на чипы

со стороны автомобильной отрасли, производителей промышленных серверов и в связанных с данными областями сегментах.



Спрос на микросхемы в мире способствовал росту выручки UMC за первый квартал 2022 на 34,7% год к году: до 2,16 миллиарда долларов. Валовая прибыль компании за отчётный период увеличилась на 120% год к году до 0,9 миллиарда долларов.

Напомним, ранее издание The Register спрогнозировало сохранение дефицита чипов до 2024 года. Аналогичного мнения придерживается и высокопоставленный представитель одного из ведущих производителей чипов в мире – TSMC.

[industry-hunter.com](https://industry-hunter.com)



# ЧИТАЙТЕ В КОМФОРТЕ

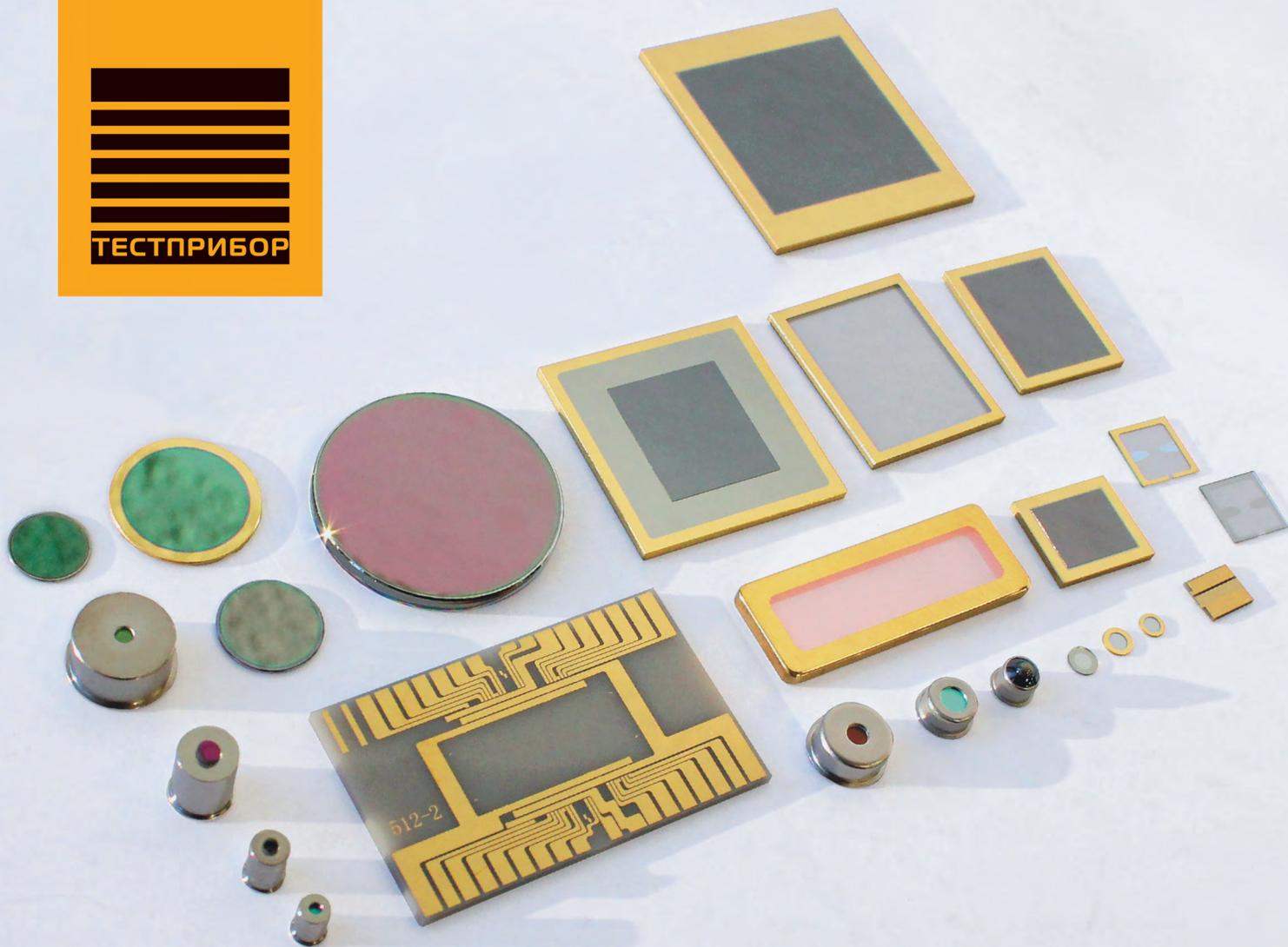


**ПЕЧАТНАЯ ВЕРСИЯ ЖУРНАЛА «СТА»**

**подписка с гарантированной доставкой**



онлайн: [www.cta.ru](http://www.cta.ru) • +7 495 234-0635 • [info@cta.ru](mailto:info@cta.ru)  
на почте: по каталогу «Урал-Пресс» (на год – 81872, на полугодие – 72419)



## РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ

# ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ

**АО «ТЕСТПРИБОР»** поставляет окна и крышки транзисторного типа различной конфигурации для электрорадиоизделий оптоэлектроники, а также керамические подложки.

### МАТЕРИАЛЫ ИСПОЛНЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОДЛОЖЕК

- Оксид алюминия  $Al_2O_3$  (99%, 96%)
- Нитрид алюминия AlN
- Оксид бериллия BeO

### ОКНА И КРЫШКИ ТРАНЗИСТОРНОГО ТИПА (ТО)

- Плоские окна
- Асферические окна
- Шаровидные линзы
- Наклонные окна
- Клиновидные окна

### МАТЕРИАЛЫ ИСПОЛНЕНИЯ ОКОН И КРЫШЕК

- Стекло
- Сапфир
- Кварц
- Ge
- Si
- Ze
- Sn

### МЕТАЛЛИЗАЦИЯ ПО ТРЕБОВАНИЮ ЗАКАЗЧИКА

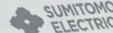
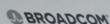
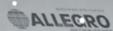
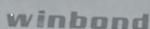
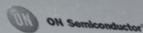
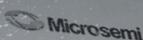
- Cr/ Ni
- Cr/ Ni/ Au
- Ti/ Pt/ Au

# ETC ELECTRONICS RUSSIA

НЕТ НИЧЕГО ДОРОЖЕ, ЧЕМ НАДЕЖНЫЙ ПОСТАВЩИК



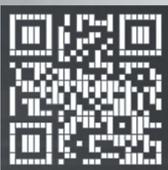
ПРОИЗВОДИТЕЛИ



ОФИЦИАЛЬНЫЕ ДИЛЕРЫ



ОФИЦИАЛЬНЫЕ ДИСТРИБЬЮТОРЫ



ООО "ЕТС ЭЛЕКТРОНИКС"

- +7 (495) 227-37-75 • msk@etcelectronics.net • www.etcelectronics.net
- +7 (495) 109-60-90 • info@etcelectronics.ru • www.etcelectronics.ru