

«НЕ БОЛЬШИЕ ПОЖИРАЮТ МАЛЕНЬКИХ, А БЫСТРЫЕ – МЕДЛЕННЫХ¹», или ПОГОВОРИМ О РЕКЛАМЕ



Марина Любарская
главный редактор

Смотрите: во время работы вы на мониторе компьютера в баннере или во всплывающем окне увидели нужный вам предмет. Первый раз просто зафиксируете. Второй – наверно, отложите в закладки. И примерно после третьей попытки навязчивого «сервиса» в свободную минуту, тайком от руководства, дожевывая булку, кликните мелькающую картинку и, сверив цены от разных поставщиков, запишите приглядевшийся адрес с номером телефона.

Знакомо? Думаю, да.

Или вот так.

После неприятного совещания на работе и пространного размышления о том, как направить вверх кривую доходов, вдруг слышите телефонный звонок, а в трубке – мелодичный, завлекающий голос милой девушки, которая говорит что-то вроде «...интересует ваша продукция...», «...желаете ли разместить информацию о вашем товаре...», «...**после повторного размещения рекламного блока – скидки...**». И вы медленно понимаете: надо что-то предпринимать! И далее: «А закажу-ка я рекламу!..» И потом скрупулезно отслеживаете, сколько новых клиентов появилось после публикации вашего объявления.

Бывает такое? Скорее всего, да.

Но слегка остужу вашу пыл, потому что однократно – не всегда эффективно. Не сердитесь, уважаемые рекламодатели, но самое убедительное, что я могу произнести – смотри пункт первый. Потому что (по правде) редко бывает, чтобы при знакомстве после первой встречи вам сразу захотелось сделать предложение. А второй стороне – сказать вам: «Да!».

Сурово? Но правдиво. И работа рекламных менеджеров выстроена, основываясь именно на этом наблюдении.

Помните мультик: надели главному герою волшебное кольцо на палец, при этом высказывают три молодца и услужливо спрашивают: «Что? новый хозяин? надо?»

Рекламные менеджеры очень активны. Они действуют именно так: троекратно. Позвонив. Написав. Получив ваше согласие.

А теперь посмотрите на название нашего сообщения. Понимаете? Быстрые пожирают медленных!

Соедините воедино:

- наблюдения от воздействия «непрощенной» рекламы на вас;
- эффект от размещения рекламы компании на ваших покупателей.

Предполагаю, что с любопытством отнесетесь к следующему звонку нашего специалиста по рекламе, которую зовут Светлана.

Она пытается ускорить получение вами прибыли. Она рассказывает о точечном направлении адресных рекламных макетов именно туда, где они нужны. Она напоминает о выставках, где вашу рекламу увидят не только подписчики журнала, но и посетители **EnergyExpo 2016, «Автоматизация. Электроника», «ТИБО»** и т.д. И еще она аккуратно упомянет, что после размещения модуля вы явно ощутите эффект. Особенно, если ваша информация появится на обложке «**Электроника инфо**». Вас узнают ваши покупатели! Они отдадут предпочтение вашей продукции!

Вспомнилось и вот что: «Сворачивать рекламу, чтобы сберечь деньги, все равно, что останавливать часы, чтобы сберечь время». При этом схема скидок по оплате рекламы у нас в журнале также предусмотрена: при неоднократных публикациях цена уменьшается минимум на 30 %.

Все. Добавить нечего.

Вы быстрый или медленный?!



Телефон
Светланы
(017) 388 44 71,
e-mail:
s.antonevich@electronica.by,
скайп: vetochka251

¹ Лозунг концерна BMW.



SCHNEIDER ELECTRIC ВНЕДРЯЕТ ТЕХНОЛОГИЮ «УМНЫХ ГОРОДОВ»

Правительство Ставропольского края и компания Schneider Electric подписали соглашение о сотрудничестве в рамках ПМЭФ-2016. Специалисты компании определили в Ставропольском крае несколько площадок, где для подачи и учета коммунальных ресурсов будут внедряться технологии «умного города»: это Ставрополь и города Кавказских Минеральных Вод. Технологии Schneider Electric должны оптимизировать ресурсные расходы и сократить затраты снабжающих организаций и потребителей.

Реализация проекта рассчитана на пятилетний срок. Власти края рассчитывают, что сотрудничество позволит решить ряд серьезных проблем в коммунальной сфере края, таких как повышение энергоэффективности. Это станет первым шагом на пути внедрения технологий «умного города».

schneider-electric.com

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ SCALE-2 ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ ДЛЯ ДРАЙВЕРОВ С РАБОЧИМ НАПЯЖЕНИЕМ 1200 В

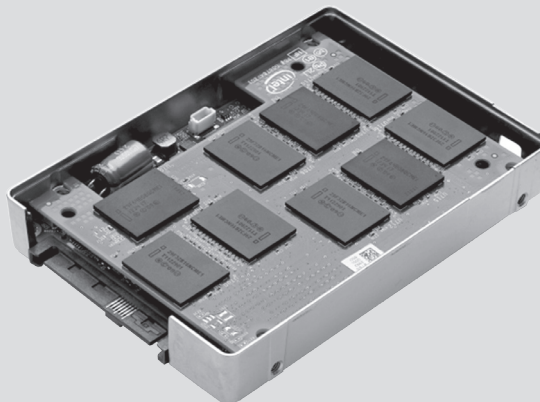


Компания Power Integrations представила новое семейство одноканальных драйверов с усиленной гальванической изоляцией с самым высоким в своем классе током на выходе 2,5-8 А без применения внешней бустерной схемы. Драйверы SCALE-iDriver™ ICs предназначены для управления как IGBT, так и MOSFET транзисторами и модулями. Они включают новую технологию изоляции FluxLink™ – магнитно-индуктивную двустороннюю технологию коммутаций для приложений с рабочим напряжением 1200 В. При использовании этой технологии отпадает необходимость в применении ненадежных опто-электрических развязок и сопутствующей компенсационной цепочки, что повысит стабильность системы и сократит количество компонентов. Кроме новой технологии изоляции, драйверы обладают улучшенными характеристиками по защите и безопасности, необходимые в приложениях среднего и высокого напряжения. Черты инновационного корпуса eSOP: расстояние пробоя по поверхности 9,5 мм и индекс трекингов-стойкости CTI 600 гарантируют стабильность рабочего напряжения и надежность всей системы.

efo-power.ru

SSD УСПЕШНО ВЫТЕСНЯЮТ HDD С МАССОВОГО РЫНКА

Производители жестких дисков много лет подряд заявляли, что твердотельные накопители (SSD) – им не конкуренты, поскольку стоят намного больше классических HDD и потому в массовом секторе окажутся невостребованными. Но даже не смотря на высокую стоимость эти изделия, вопреки мнениям аналитиков, стали настолько популярны, что исполнительному директору корпорации Western Digital даже пришлось признать очевидное: NAND flash-накопители вместо жестких дисков применяются все чаще, в том числе и в офисных и домашних компьютерах.



«Мы должны признать тот факт, что все большее количество клиентских ПК используют твердотельные накопители вместо магнитных», – заявил Стив Миллиган в ходе конференции. Естественно, такое положение дел вызвало падение продаж жестких дисков и существенные изменения рынка как SSD, так и HDD. Рынок жестких дисков, который до текущего года показывал динамику, сходную с рынком «персоналок», вдруг замедлил свой рост.

Теперь производители винчестеров надеются, что продажи жестких дисков вырастут хотя бы к концу года, но теперь IT-аналитики заняли противоположные позиции в своих прогнозах. Большинство изготовителей ноутбуков уже перешли в своих новых моделях на использование SSD, и никаких оснований надеяться, что они поменяют свое решение, нет. Во-вторых, во всех высокопроизводительных ПК (в том числе и игровых, а это до 30 % рынка) в качестве системных дисков применяются SSD. А ведь совсем недавно в этом сегменте использовали высокопроизводительные HDD.

В свете вышесказанного известие о том, что Western Digital приобретает SSD-контроллеры компании JMicron, выглядело вполне логичным. Одно из подразделений WD уже выпускает твердотельные накопители SSD HGST, предназначенные для корпоративного рынка. Компания планирует начать массовое производство недорогих клиентских NAND flash-накопителей, которые помогут Western Digital отстоять свою нишу на рынке устройств хранения информации.

Закрывать производство жестких дисков компания, конечно, не станет, но ориентиры в своей работе значительно поменяет. Например, из «цветной» линейки накопителей исключен самый бюджетный накопитель GREEN. Теперь компания основное внимание будет уделять корпоративному сектору, для которого разработаны специализированные жесткие диски. К примеру, для систем хранения данных или видеонаблюдения. Твердотельные накопители хоть и работают быстрее, но пока сравниться с жесткими дисками по количеству циклов перезаписи данных не могут.

По какой именно причине ни один из крупных производителей жестких дисков до сих пор не попытался выйти на рынок клиентских SSD и не стал выпускать массовые NAND flash-накопители – до сих пор непонятно.

Павел Бокач по материалам пресс-релиза Western Digital
wdc.com



СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА: МОЛОДЕЕМ НА ГЛАЗАХ!

При подготовке обзорного блока по теме «Силовая электроника» стало очевидно, что в связи с большим количеством компонентов и оборудования, в которых они используются, предпочтение стоит отдать сведениям об отдельных сферах их «влияния». Поэтому нынешний материал скорее информационный, чем аналитический, что более привычно по публикациям в предыдущих номерах журнала и характерно для данной рубрики. Комплекс статей, использованный при подготовке, поможет систематизировать данные о силовой электронике и ее приоритетах, а также освежить базовые сведения, безусловно, известные «поддерживающему форму» специалисту.

Динамика развития силовой электроники¹

Силовая электроника – область техники, связанная с управлением потоками электроэнергии посредством мощных электронных приборов, которые, как правило, работают в ключевых режимах, пропуская или блокируя поток электроэнергии, что позволяет изменением алгоритмов их переключения управлять усредненными значениями мгновенной мощности по требуемым законам. Это интенсивно развивающаяся область науки и техники, охватывающая по существу все сферы деятельности человека, – промышленность, добывающие отрасли, транспорт, связь.

Основными элементами силовой электроники служат полупроводниковые приборы, обладающие характеристикой ключевого элемента, которые коммутируют (включают и отключают) участки электрической цепи.

Основные направления развития силовой электроники:

- улучшения параметров и характеристик полупроводниковых приборов;
- разработка новых типов полупроводниковых приборов;
- создание интеллектуальных приборов;
- использование микроконтроллеров средств вычислительной техники в системе управления контроля и регулирования;
- создание модулей из полупроводниковых приборов или законченных схем.

Современный силовой полупроводниковый ключ – сложная схема, содержащая множество параллельных структур.

Действие ключевого элемента основано на том, что во включенном состоянии он обладает очень малым сопротивлением, а в выключенном – весьма большим.

Основными параметрами ключевого элемента являются сопротивление во включенном и выключенном состояниях, остаточное напряжение и быстродействие, определяемое временем переключения.

В настоящее время функции ключевых элементов выполняют полупроводниковые приборы различных типов. К элементам силовой электроники относят приборы, рассчитанные на предельные значения среднего или действующего значения тока более 10 А. Классификацию ключевых элементов проводят по степени их управляемости. При

этом под признаком управляемости подразумевают возможность переводить прибор из проводящего состояния в непроводящее и обратно посредством воздействия на него маломощным управляющим сигналом.

По степени управляемости управляемые полупроводниковые приборы разделяются на следующие группы:

1. Не полностью управляемые приборы, которые можно посредством управляющего сигнала переводить только в проводящее состояние, но не наоборот (традиционные тиристоры, симисторы).

2. Полностью управляемые (запираемые) приборы, которые можно переводить в проводящее состояние и обратно посредством управляющего сигнала (транзисторы, запираемые тиристоры).

Силовая электроника, начиная с 80-х годов, переживает вторую революцию. Ее интенсивное развитие обусловлено освоением производства за последние 15-20 лет новых, полностью управляемых приборов силовой электроники, из которых в настоящее время наибольшее распространение получили следующие типы:

1. Полевые транзисторы с изолированным затвором (MOSFET-Metall-Oxid-Semiconductor Field-Effekt-Transistor).

2. Биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT-Insulated Gate Bipolar Transistor).

3. Запираемые тиристоры (GTO-Gate-Turn-Off).

4. Запираемые тиристоры с интегрированным управлением (IGCT-Integrated Gate-Commutated Thyristor).

Низкий уровень потерь энергии и малая мощность управления современных приборов силовой электроники позволяет реализовать силовые интегральные схемы, в которых на одном кристалле технологическими приемами изготавливаются силовые ключевые элементы, устройства их управления, защиты и диагностики. Такие устройства получили название интеллектуальных (Smart Intelligent) схем.

Области применения приборов силовой электроники следующие.

– Традиционные тиристоры (SCR) – преобразователи с естественной (сетевой) коммутацией большой (свыше 1 МВ·А) мощности, применяемые для электроприводов постоянного тока, высоковольтных регулируемых электроприводов переменного тока, мощных статических компенсаторов реактивной мощности, технологических целей (электролиз, гальваника, плавка).

– Запираемые тиристоры (GTO) – преобразователи мощностью сотни киловольт-ампер (а в будущем свыше

¹ Более подробно см. <http://forca.com.ua/>, «Современная элементная база силовой электроники».



Таблица 1 – Сравнительные характеристики современных приборов силовой электроники с двухсторонним теплоотводом

Тип прибора	Преимущества	Недостатки	Относительная стоимость
Традиционный тиристор (SCR)	Самые низкие потери во включенном состоянии. Самая высокая перегрузочная способность. Высокая надежность. Возможность параллельного и последовательного соединения	Не способен к принудительному запирающему по управляющему электроду. Низкая рабочая частота	1
Запираемый тиристор (GTO)	Способность к управляемому запирающему. Сравнительно высокая перегрузочная способность. Возможность последовательного соединения. Рабочие частоты до 250 Гц при напряжении до 4 кВ	Высокие потери во включенном состоянии. Очень большие потери в системе управления. Сложные системы управления. Большие потери при переключении	2
Запираемый тиристор с интегрированным управлением (IGCT)	Способность к управляемому запирающему. Перегрузочная способность такая же, что у GTO. Низкие потери во включенном состоянии на переключение. Рабочие частоты до единиц кГц. Встроенный блок управления. Возможность последовательного соединения	Не выявлены из-за недостаточного опыта эксплуатации	3
Биполярный транзистор с изолированным затвором (IGBT)	Способность к управляемому запирающему. Высокая рабочая частота (десятки кГц). Простая незнергоемкая система управления. Встроенный драйвер	Больше потери во включенном состоянии	4

3 МВ·А) для привода вентиляторов, компрессоров, насосов (в том числе высоковольтных); мощных агрегатов бесперебойного питания (АБП); статических компенсаторов реактивной мощности.

– Биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT) – преобразователи мощностью до единиц мегаватт-ампер для электроприводов переменного тока, АБП, статических компенсаторов реактивной мощности и активных фильтров, ключевых источников питания.

– Полевые транзисторы с изолированным затвором (MOSFET) – высокочастотные преобразователи (сотни килогерц) и низковольтные преобразователи для приводов вентильных двигателей, компактных АБП, ключевых источников питания.

– Симисторы (Triac) – преобразователи для пуска и управления двигателями переменного тока, ключи и реле.

Указанные полностью управляемые приборы силовой электроники в настоящее время вытесняют практически из всех областей применявшиеся ранее традиционные тиристоры (SCR-Silicon Controlled Rectifier) и биполярные силовые транзисторы (BPT-Bipolar Power Transistor), так как при тех же коммутируемых токах и напряжениях они имеют значительно меньшие мощности управления и время коммутации, стойкость к перегрузкам по току и напряжению, а также более широкую область безопасной работы. Высокие частоты коммутации (до 50 кГц), простота и малая мощность систем управления обеспечили значительное улучшение технико-экономических показателей (снижение габаритов и массы, повышение надежности и КПД) преобразовательного оборудования на базе IGBT по сравнению с оборудованием тиристоров (SCR).

Параметры приборов силовой электроники непрерывно улучшаются, например, за последние два десятилетия сменилось три поколения IGBT. Величина коммутируемого напряжения увеличилась с 1,2–1,7 кВ в конце 80-х годов до 3,0 – 3,5 кВ в настоящее время, намечается в будущем производство IGBT с коммутируемым напряжением 4,5 – 7,0 кВ. Прямое падение напряжения

уменьшилось: 4 В у I поколения, 3,3 В у II, 2,1 В у III и 1,2 В у IV и в настоящее время.

По прогнозам, в ближайшие годы IGBT полностью заменят традиционные биполярные транзисторы и GTO в преобразовательном оборудовании мощностью до единиц мегавольт-ампер. В области малых мощностей и низковольтных преобразователей будут доминировать MOSFET, а в области больших мощностей (выше 3 МВ·А) – GTO.

За последние годы рядом фирм (ABB, Mitsubishi) освоено производство нового класса приборов силовой электроники IGC – тиристоров, управляемых по затвору. По сравнению с GTO у IGCT значительно снижены падение напряжения при прямом токе, мощность управления, статические и динамические потери; значительно увеличено быстродействие. На базе IGCT изготовлен и с 1996 г. проходит опытную эксплуатацию преобразователь мощностью 1 00 МВ·А (г. Бремен).

Число квалификационных испытаний и опыт эксплуатации преобразователей на базе IGCT показали, что для 3 МВ·А трехфазного инвертора можно получить наработку на отказ не менее 45 лет и интенсивность потока отказов не более 2300 FIT (FIT соответствует одному отказу на миллиард ч).

Ожидается, что приборы IGCT будут основными элементами для применения в области средних и больших напряжений мощностью от 0,5 до 100 МВ·А. Это достигается последовательным соединением мощных приборов. Высокая надежность IGCT и возможность последовательного соединения достаточного числа приборов открывает широкие перспективы их применения в области очень высоких мощностей и в специальном силовом оборудовании.

С учетом дополнительных требований по низкой стоимости, малого числа элементов в преобразователе и высокой эффективности в сравнении с другими приборами силовой электроники IGCT не имеют реальных конкурентов в этом диапазоне мощностей.

В таблице 1 приведены сравнительные характеристики современных приборов силовой электроники, а в



Таблица 2 – Максимально достигнутые параметры приборов силовой электроники

Тип прибора	Фирма-изготовитель	Марка	Ток, А	Напряжение, В
Традиционный тиристор	ABB Semiconductors	5STP 34N5200	3500	4400
GTO	ABB Semiconductors	5SGT 30J6004	3000	6000
IGCT	ABB Semiconductors	5SHY 35L4502	4000	6000
IGBT	Toshiba Semiconductor Group	ST1200FXF21	1200	3300

Примечания: 1. Ток для традиционного тиристора – номинальный средний ток, для остальных (полностью управляемых) приборов – максимальный повторяющийся запираемый ток. 2. Напряжение для IGBT – максимальное напряжение коллектор-эмиттер, для остальных приборов – повторяющийся импульс напряжения в закрытом состоянии.

таблице 2 – максимально достигнутые на конец 1997 г. их параметры.

Приборы силовой электроники выпускают следующие зарубежные фирмы: ABB, International Rectifier (США), Semikron (Германия), Siemens (Германия), Mitsubishi (Япония), Toshiba (Япония) и др. Следует отметить, что более половины всех современных силовых полупроводниковых приборов выпускаются и будут выпускаться в модульном исполнении. В простейшем случае модуль представляет собой один или совокупность силовых ключевых элементов, а в более сложном – преобразователь параметров электрической энергии. Одно-, двух-, четырех- и шестиключевые модули позволяют создавать компактные и надежные преобразовательные устройства. Выпускаются также функционально законченные модули, например, преобразователь частоты с промежуточным звеном постоянного тока. На рисунке 1 приведены схемы модулей IGBT, выпускаемых фирмой Mitsubishi.

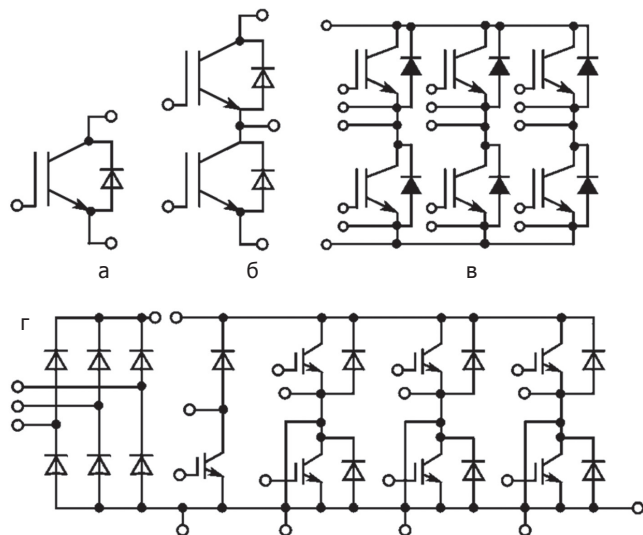


Рисунок 1 – Схемы модулей IGBT: а – одноключевого; б – двухключевого (полумостового); в – трехфазного мостового; г – преобразователя частоты по схеме выпрямитель-инвертор

Выпрямители

С помощью выпрямителей осуществляется преобразование энергии переменного тока в энергию постоянного тока. В промышленных установках применяют различные схемы выпрямления переменного тока в постоянный, каждая из которых имеет свои достоинства и недостатки. При сравнении различных схем выпрямления учитывают следующие их технические характеристики: число полупроводниковых

приборов, коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения, габаритную мощность трансформатора.

Управляемые выпрямители позволяют преобразовать переменный ток в постоянный и плавно изменять выпрямленное напряжение от нуля до номинального значения.

В настоящее время в электроприводах постоянного тока и в системах возбуждения синхронных двигателей основной элементной базой при построении управляемых выпрямителей являются тиристоры.

Тиристоры – не полностью управляемые полупроводниковые приборы, обладающие двумя устойчивыми состояниями равновесия: открытым (проводящим ток) и закрытым (не проводящим тока).

Тиристор отличается от транзистора тем, что ток управления только открывает, но не закрывает его. Закрывается тиристор при приложении к анодному выводу отрицательного напряжения.

Инверторы

Инвертированием называют процесс преобразования электрической энергии постоянного тока в переменный. Преобразователь, выполненный на базе полупроводниковых приборов и осуществляющий такое преобразование, называется инвертором.

Автономным (независимым) инвертором является преобразователь, выходные параметры которого (форма, амплитуда, частота выходного напряжения) определяются схемой преобразователя, системой управления и режимом его работы в отличие от инвертора, ведомого сетью, выходные параметры которого определяются параметрами сети. Преобразование постоянного напряжения в переменное может осуществляться с использованием всех типов силовых полупроводниковых ключей. За последние годы в области средних и больших мощностей до 1 000 кВт начинают широко применяться инверторы на IGBT. Несмотря на более высокую стоимость по сравнению с традиционными тиристорами, они представляют разработчикам более широкие возможности формирования напряжения и тока. По характеру процессов, протекающих в автономных инверторах, их разделяют на инверторы напряжения (АИН) и инверторы тока (АИТ).

Достоинствами АИН являются жесткая внешняя характеристика, независимость формы выходного напряжения от параметров нагрузки, возможность работы при переменной частоте и, в частности, при низких и сверхнизких частотах (единицы и доли герца).

Внешне АИТ похожи на АИН, имеют аналогичную структуру (рисунок 2а) однако процессы в них суще-

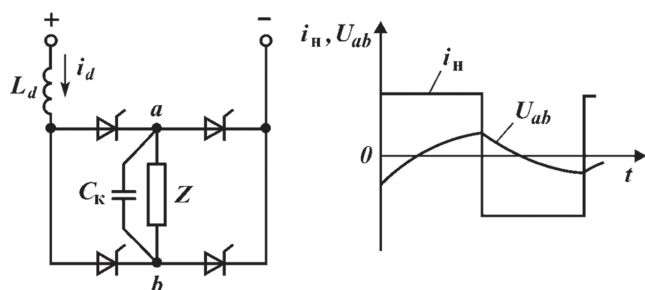


Рисунок 2 – Схема автономного инвертора тока (а). Графики (б) напряжения U_{ab} и тока i_n на выходе инвертора

ственно различаются. Основное различие – в способе питания: на входе АИТ включен реактор L_d , индуктивность которого достаточна для поддержания тока нагрузки практически неизменным в течение полупериода выходной частоты АИТ. Таким образом, в АИТ задается мгновенное значение тока, он получает питание от источника тока. Напряжение – зависима переменная (рисунок 2б). Индуктивность сглаживающего реактора L_d оказывает существенное влияние на динамические характеристики АИТ. В частности, чем меньше L_d , тем меньше всплески и провалы напряжения на выходе АИТ при скачкообразном изменении нагрузки на его выходе.

В АИТ ключевые элементы изменяют направление тока в нагрузке (но не мгновенное значение), так что нагрузка питается как бы от источника тока, что и нашло свое отражение в соответствующей терминологии – инвертор тока. Нагрузка АИТ, как правило, носит емкостной характер (на рисунке 2а – конденсатор C_k), так как при индуктивной нагрузке из-за скачкообразного изменения тока возникли бы перенапряжения, нарушающие нормальную работу схемы.

К числу достоинств АИТ относится сравнительно хорошая форма кривой выходного напряжения при наличии на выходе параллельного конденсатора. Основными недостатками АИТ являются падающая внешняя характеристика и зависимость величины и формы кривой выходного напряжения от частоты, в связи с чем обычно АИТ используется в диапазоне частот от 50 до 1000 Гц.

Преобразователи частоты

Преобразователем частоты называют полупроводниковый преобразователь, осуществляющий преоб-

разование энергии переменного тока одной частоты в энергию переменного тока другой частоты.

Существуют различные схемы статических преобразователей частоты (ПЧ), каждая из которых удовлетворяет конкретным требованиям по мощности, диапазону регулирования частоты вращения двигателя, КПД, простоте осуществления регулирования и др. Подавляющее большинство наиболее распространенных схем можно разделить на два класса: ПЧ с непосредственной связью и ПЧ с промежуточным звеном постоянного тока. Принцип действия ПЧ с непосредственной связью с сетью заключается в том, что напряжение питающей сети непосредственно подается на статорные обмотки двигателя через вентили, когда они открыты. Частота напряжения на фазах двигателя регулируется последовательностью включения вентиля, а амплитуда – изменением угла их включения.

Преимуществом ПЧ с непосредственной связью является однократное преобразование энергии, благодаря чему достигается высокий КПД. К недостаткам следует отнести ограниченный (до 0,4 f_1) диапазон регулирования частоты, а также наличие большого числа вентиля и сложной системы их управления. Вследствие малого диапазона регулирования частоты такие ПЧ находят применение в электроприводах с небольшим диапазоном регулирования скорости.

Для электроприводов с большим диапазоном регулирования скорости используют ПЧ с промежуточным звеном постоянного тока. В таких ПЧ напряжение сети переменного тока вначале выпрямляется, а затем снова преобразуется в напряжение переменного тока, но уже требуемой регулируемой частоты и амплитуды. Преобразователи частоты с промежуточным звеном постоянного тока бывают с управляемым и неуправляемым выпрямителем.

В ПЧ, как правило, наряду с регулированием частоты требуется регулировать уровень выходного напряжения. В зависимости от схемы инвертора, входящего в ПЧ, могут быть использованы различные схемы регулирования выходного напряжения. Их можно разделить на следующие группы:

1. Регулирование напряжения на входе.
2. Регулирование путем воздействия на процессы в инверторе, влияющие на выходное напряжение.

Основным прибором, занимавшим монопольное положение в устройствах средней и большой мощности, длительное время являлся тиристор, обладающий неполной управляемостью. Этот фактор был связан

Таблица 3 – Основные технические характеристики схем выпрямления

Схема выпрямления	Число фаз выпрямления, m	Соотношение между электрическими параметрами схем выпрямления				Коэффициент пульсации выпрямленного напряжения $q = 2/(m^2 - 1)$
		Выпрямленным и фазным напряжениями,	Максимальным обратным и выпрямленным напряжениями, $U_{обр\ max/}$	Фазным и выпрямленным токами, I_{Id}	Мощностью трансформатора и мощностью преобразователя,	
Однофазная мостовая	2	0,9	1,57	1,11	1,23	0,67
Трехфазная нулевая	3	1,17	2,09	0,585	1,37	0,25
Трехфазная мостовая	6	2,34	1,045	0,817	1,05	0,057

Примечание: I_2 – ток вторичной обмотки трансформатора.



Объекты, в которых устройства силовой электроники выполняют важные функции:

- электропривод (регулирование скорости и момента вращения и др.);
- установки для электролиза (цветная металлургия, химическая промышленность);
- электрооборудование для передачи электроэнергии на большие расстояния на постоянном токе;
- электрометаллургическое оборудование (электромагнитное перемешивание металла и др.);
- электротермические установки (индукционный нагрев и др.);
- электрооборудование для зарядки аккумуляторов;
- компьютеры;
- электрооборудование автомобилей и тракторов;
- электрооборудование самолетов и космических аппаратов;
- устройства радиосвязи;
- оборудование для телевидения;
- устройства для электроосвещения (питание люминесцентных ламп и др.);
- медицинское электрооборудование (ультразвуковая терапия и хирургия и др.);
- электроинструмент;
- устройства бытовой электроники.

с необходимостью принудительной коммутации тиристора при его выключении. В результате затруднялась практическая реализация схем выпрямительно-инверторных преобразователей, позволяющих работать во всех четырех квадрантах комплексной плоскости. Использование полностью управляемых ключей позволяет успешно решать эти задачи.

Реверсивные тиристорные преобразователи

Изменение направления тока в нагрузке, необходимое на практике (например, реверсивный электропривод), может быть осуществлено без применения переключающих аппаратов. Для этого достаточно иметь два комплекта вентилей тиристорных преобразователей, каждый из которых обеспечивает протекание тока только в одном направлении.

Все существующие схемы реверсивных тиристорных преобразователей можно разделить на два класса: встречно-параллельные и перекрестные. Наибольшее распространение в трехфазных мостовых схемах выпрямления получила встречно-параллельная схема

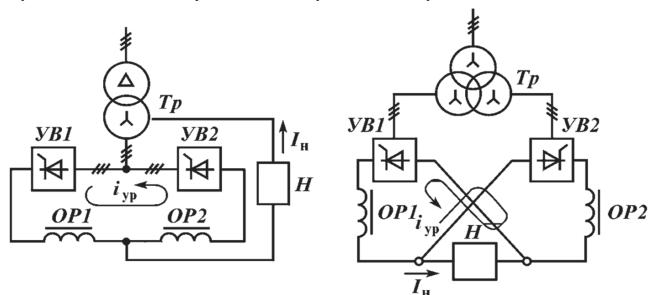


Рисунок 3. Схемы реверсивных преобразователей: а – встречно-параллельная; б – перекрестная

соединения комплектов вентилях, так как в ней используется более простой двухобмоточный трансформатор, и, кроме того, она допускает применение бестрансформаторного питания вентильных комплектов непосредственно от сети трехфазного тока.

Системы управления полупроводниковыми преобразователями

Регулирование напряжения тиристорных преобразователей осуществляется путем изменения угла открывания тиристорных. С этой целью каждый тиристорный преобразователь оснащается системой управления, которая обеспечивает формирование управляющих импульсов, а также сдвиг этих импульсов по фазе относительно анодного напряжения тиристорных. Такие системы управления называют импульсно-фазовыми.

Системы импульсно-фазового управления тиристорными преобразователями (СИФУ) должны удовлетворять ряду специфических требований, которые можно разделить на две группы:

1. Требования, относящиеся к управляющему импульсу.
2. Требования, обусловленные схемой выпрямления и используемыми режимами тиристорных преобразователей.

Для надежного открывания тиристора на его управляющий электрод нужно подать импульс определенной полярности и длительности. Для надежного открывания любого тиристора данной серии применяемая СИФУ должна обеспечить ток и напряжение управления, превышающие наибольший ток и напряжение управления, указываемые для тиристорных данной серии. Кроме того, мощность потерь, выделяющихся в цепи управляющий электрод–катод, также ограничивается максимально допустимым значением.

Минимальная длительность управляющего импульса должна быть больше времени включения тиристора, а за время существования импульса ток в анодной цепи тиристора должен успеть вырасти до уровня тока удержания.

Крутизна переднего фронта напряжения управляющего импульса должна быть достаточной для обеспечения быстрого нарастания тока управления, четкого отпирания тиристора и уменьшения потерь при включении. При малой крутизне из-за различия параметров цепей управления тиристорных в многофазных схемах может появиться асимметрия выпрямленного напряжения.

Особенно высоки требования к крутизне управляющих импульсов при последовательном и параллельном соединении тиристорных, так как недостаточная крутизна приводит к их неодновременному открыванию. При параллельном соединении это приводит к кратковременной перегрузке тиристора, который открывается раньше, а при последовательном соединении все анодное напряжение может быть приложено к тиристорному, открывающемуся последним. В обоих случаях неодновременное открывание тиристорных может привести к выходу их из строя.

forca.com.ua, pue8.ru, life-prog.ru



КОРОТКО О ГРОМКИХ СОБЫТИЯХ

• По оценке WSTS, мировой рынок полупроводников сократится в 2016 году на 2,4 % до уровня в \$327 млрд. Другие аналитики рынка также предсказывают спад – IDC: -2,3% (до \$324 млрд), GARTNER: -0,6% (до \$333 млрд).

• Аналитическая компания IHS представила очередной Top-10 рейтинг производителей полупроводников автомобильного назначения. В том, что в верхней части рейтинга произошли существенные изменения, нет ничего удивительного – M&A-активность 2015 г. сильно этому поспособствовала. Компания NXP, купившая FREESCALE, резко поднялась на 1-е место, а 2-е заняла компания INFINEON, успешно поглотившая INTERNATIONAL RECTIFIER. Многолетний лидер рейтинга, японская компания RENESAS, переместилась на 3-е место. Но что более интересно, на 10-м месте в рейтинге «возникла» компания OSRAM, вклад которой в automotive semi базируется исключительно на SSL-светодиодах. Показательно и то, что из 10 вендоров «автомобильных» полупроводников половина относится к Европе.

• M&A-активность в электронной отрасли перекинулась на foundry-сегмент. Крупнейший китайский foundry-производитель, компания SMIC, объявила о покупке за €49 млн 70 % доли в итальянской foundry-компании LFOUNDRY. 30 % компании остаются под контролем ее прежних владельцев. В настоящее время SMIC производит 302,6 тыс. эквивалентных 8!!!! пластин в месяц. Для LFOUNDRY этот показатель равен 40 тыс. Как и в случае с покупкой бизнеса дискретов NXP, для китайской компании такая сделка – хороший шанс для выхода на европейский рынок.

• Швейцарская компания DATWYLER GROUP, Technical Components Division которой владеет компанией-дистрибьютором DISTRELEC GROUP, сделала предложение конкуренту последней, английской компании PREMIER FARNELL, о ее покупке за €1 млрд. По мнению руководства DATWYLER, обе компании схожи по бизнес-модели и комплементарны по географическим и номенклатурным параметрам. И это позволит получить новое качество при их объединении. Слово за FARNELL.

Интересно, что неделей ранее новым CEO DISTRELEC GROUP стала Кристина Аквист (Christina Aqvist), возглавлявшая до этого шведское подразделение ELFA DISTRELEC (до 2008 года известное электронщикам как каталожный дистрибьютор ELFA). Нейл Харрисон (Neil Harrison), временно исполнявший функции CEO DISTRELEC GROUP, вернется к своим основным обязанностям в качестве CEO Technical Components Division и, скорее всего, если сделка состоится, именно на его долю придется проведение всех «объединительных» мероприятий.

• M&A-активность на информационном поле необычайно высока в этом году. В самом конце апреля авторитетная отраслевая ассоциация IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) объявила о покупке у крупнейшего аналитика рынка электроники, компании IHS

ресурса GlobalSpecs, включающего в себя популярную в электронном сообществе платформу Engineering360. Эти ресурсы содержат более 200 млн datasheets и 200 млн индексированных страниц с технической информацией, включая стандарты. У ресурсов более 8 млн зарегистрированных пользователей. Можно вспомнить, что сама IHS, ведущая свою историю с 1996 года, приобрела GlobalSpecs в 2012 году за \$135 млн. Сумма нынешней сделки не разглашается.

• В июне было объявлено о двух M&A-сделках. Две калифорнийские fabless-компании договорились объединить свои сферы влияния в разработке микросхем для высокоскоростной передачи, обработки и хранения данных. Как результат, компания CAVIUM (www.cavium.com) за сумму примерно, в \$1,36 млрд приобрела компанию QLOGIC (www.qlogic.com). Обе компании в России не представлены и неизвестны в силу специфичности своей продукции. Но тем не менее эта сделка находится в том же тренде на консолидацию отрасли.

• Компания NXP (www.nxp.com) объявила о достижении договоренности о продаже за \$2,75 млрд своего бизнеса Стандартной Продукции консорциуму китайских инвесторов в лице инвестфондов JAC Capital и Wise Road Capital. Доля бизнеса Стандартных Продуктов в общем обороте NXP не превышает 20 % (или \$1,2 млрд в 2015 г.), но в нем занято 11 тыс. сотрудников компании (из 45 тыс. общего штата). К этой продукции относятся популярные, но низкомаржинальные дискретные полупроводники (включая МОП-транзисторы) и логические ИС. Сделка после согласования с регуляторами и профсоюзами планируется к завершению в 1 квартале 2017 г. Штаб-квартира новой компании, которая получит название NEXPERIA, разместится в Неймегене (Нидерланды). К новой компании перейдут и полупроводниковые фабрики в Манчестере (Великобритания) и Гамбурге (Германия), а также ряд back-end производств в ЮБА. Как все это отразится на российском рынке ЭК, пока сказать трудно – указанная продукция здесь весьма популярна, но испытывает сильное ценовое давление со стороны вендоров из ЮБА. Появятся ли у NEXPERIA дистрибьюторы в России – тоже покажет время. Одно можно сказать с определенностью – китайцы получают отличный плацдарм для расширения своей компетенции в производстве полупроводников и доступ к европейским потребителям.

• Компания MOUSER стала глобальным дистрибьютором VIA TECHNOLOGIES. Компания RS COMPONENTS подписала глобальное disti-соглашение с FISCHER CONNECTORS. Line Cards российских дистрибьюторов в июне были стабильны.

• Компания DIGI-KEY получила от TDK статус Золотого Европейского High Service Distributor. А компания TE CONNECTIVITY шестой год подряд называет компанию TTI Дистрибьютором Года.

© Г. Келл





О СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

Как известно, большинство электрических и электронных устройств имеют требования к параметрам питающего напряжения, которые не может обеспечить первичный источник электропитания. Любой современный электронный прибор: компьютер, телевизор, энергосберегающая лампа, светодиодная лампа содержит промежуточное устройство, включаемое между первичной сетью и непосредственно электронным прибором. Такое устройство называют источником вторичного электропитания, или просто блоком питания, и очень часто встраивают в прибор, например, в телевизор или стационарный компьютер. В основе современных источников вторичного электропитания лежат преобразователи напряжения, которые представляют собой сложные электронные системы, включающие силовой полупроводниковый модуль, схему управления, схему защиты, схему фильтрации импульсных сигналов, генерируемых в процессе преобразования.

На рисунке 1 представлена структурная схема, показывающая область применения преобразователей электроэнергии. Современные преобразователи позволяют получать стабильное постоянное или переменное напряжение независимо от типа первичного источника, каковым может быть промышленная сеть переменного тока, аккумуляторная батарея, ветро- или гидро- энергетическая установка, солнечная батарея, бортовая сеть автомобиля, самолета и т. д.

Основным принципом преобразовательной техники является импульсный способ преобразования электроэнергии, где энергия первичного источника передается в накопитель (низкочастотный фильтр) порциями (импульсами) за счет переключения силовых полупроводниковых транзисторов – ключей. Изменяя параметры импульса, как правило это его длительность, можно регулировать среднее напряжение или ток на выходе источника питания, при этом импульсы генерируются за счет переключения транзисторного ключа или ключей на высокой частоте в десятки и сотни килогерц. Безусловным преимуществом импульсного принципа преобразования электроэнергии является высокий КПД и малая масса таких блоков питания.

В связи с широким кругом задач в электронике и электротехнике, которые сводятся к проектированию источников вторичного электропитания, являющихся неотъемлемой и наиболее важной подсистемой любого электронного устройства, возникло научно-техническое направление – силовая электроника. Оно объединяет исследования по теории и практике использования электрических и электромагнитных процессов в силовых, полупроводниковых преобразователях и технических устройствах на их основе и отличается использованием электронных приборов в качестве основных силовых элементов структуры преобразователей.

Эффективность преобразователей электроэнергии может определяться несколькими показателями, указанными на рисунке 2. Здесь удельная мощность (мощность преобразователя, отнесенная к его массе) и КПД непосредственно связаны между собой, так как повышение первой возможно только за счет повышения частоты переключений силовых ключей при обеспечении заданного уровня пульсаций выходного напряжения и тока, что приводит к увеличению мощности потерь на переключение электронных ключей и в магнитных цепях фильтров и трансформаторов. Это, в свою очередь, приводит к необходимости введения дополнительных мер



Рисунок 1 – Структурная схема: области применения преобразователей электрической энергии



по съему тепловой энергии с силовых полупроводниковых компонентов, а значит, и увеличению его массы. Динамические показатели эффективности разделены на две составляющие. Электромагнитная совместимость определяется электромагнитными помехами, которые генерируют импульсные элементы преобразователя, и это относится к основным недостаткам импульсных методов преобразования. Качество управления выходной величиной показывает, насколько стабильным будет оставаться выходное напряжение при изменении мощности нагрузки или напряжения первичного источника.

Повышение всех представленных показателей эффективности является основной целью развития преобразовательной техники и определяет развитие силовой электроники. Достижение данной цели предполагает совершенствование полупроводниковых, магнитных и емкостных элементов преобразователей с одной стороны и разработки новых схемотехнических решений с другой.



Рисунок 2 – Показатели эффективности преобразователей электрической энергии

Актуальность развития и совершенствования преобразовательной электроники продиктована увеличением спроса различного типа преобразователей напряжения для электропитания цифровых и телекоммуникационных систем, контрольно-измерительной аппаратуры, медицинского и технологического оборудования, систем автоматики и телемеханики, бортового оборудования различных транспортных средств и т.д. Одним из перспективных направлений развития импульсных преобразователей электроэнергии является использование резонансных режимов работы регулирующего элемента – электронного ключа, где коммутация ключевого элемента происходит с минимальными потерями мощности. Это направление является относительно новым с точки зрения промышленного применения и наиболее перспективным.

Резонансные преобразователи электроэнергии

Как указано выше, основным принципом преобразовательной техники является импульсный способ преобразования электроэнергии, где энергия первичного источника передается в накопитель (низкочастотный фильтр) порциями (импульсами) за счет переключения силовых полупроводниковых транзисторов – ключей. Изменяя параметры импульса, как правило это его длительность, можно регулировать среднее напряжение или ток на выходе источника питания, при этом импульсы генерируются за счет переключения транзисторного

ключа или ключей на высокой частоте в десятки и сотни кГц. Данный принцип упрощенно показан на рисунке 3. Если между источником напряжения U на рисунке 3а и нагрузкой R поставить ключ K , который может либо замыкать, либо разрывать эту цепь в соответствии с управляющим сигналом, то напряжение на выходе будет изменяться во времени, как показано на рисунке 3б. Здесь T – период переключения, $t_{\text{и}}$ – длительность замкнутого состояния ключа (состояние проводимости).

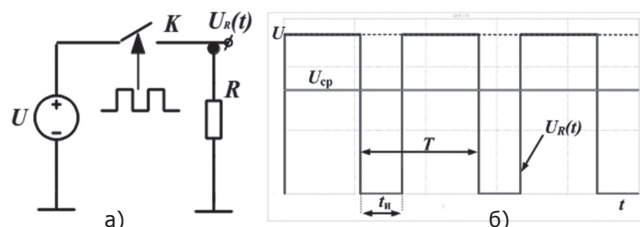


Рисунок 3 – Работа импульсного ключа

Если считать форму полученного сигнала строго прямоугольной, то среднее по времени значение такого напряжения $U_{\text{ср}}$ можно определить как отношение площади прямоугольника со сторонами, равными периоду T , напряжению U к площади прямоугольника со сторонами, равными $t_{\text{и}}$ и U . Таким образом, среднее напряжение может быть определено простым выражением $U(t_{\text{и}}/T)$. Данный принцип регулирования носит название – широтно-импульсная модуляция. Для того чтобы получить постоянное выходное напряжение, соответствующее среднему по времени значению импульсного сигнала, используется низкочастотный сглаживающий фильтр.

Теоретически регулирование выходного напряжения путем периодического прерывания цепи питания, которое характеризуется переходом ключевого элемента (КЭ) из состояния «полностью открыт» в состояние «полностью закрыт», предполагает нулевые потери мощности. Реальная работа КЭ, в качестве которого может быть использован биполярный транзистор, полевой транзистор или IGBT-транзистор (прибор, состоящий из полевого транзистора на входе и биполярного на выходе), связана с потерями энергии (рисунок 4). Эти потери можно разделить на два типа: потери на переключение (динамические), и потери на КЭ в состоянии проводимости (статические). Также потери в преобразователе распределяются на элементы фильтра, обусловленные неидеальностью его компонентов, на омические потери монтажных соединений, коммутационный шум как следствие влияния паразитных реактивных компонентов реальной схемы и т.д.

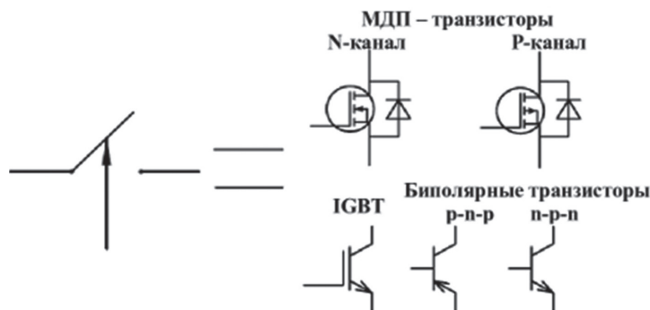


Рисунок 4 – Транзисторные ключи

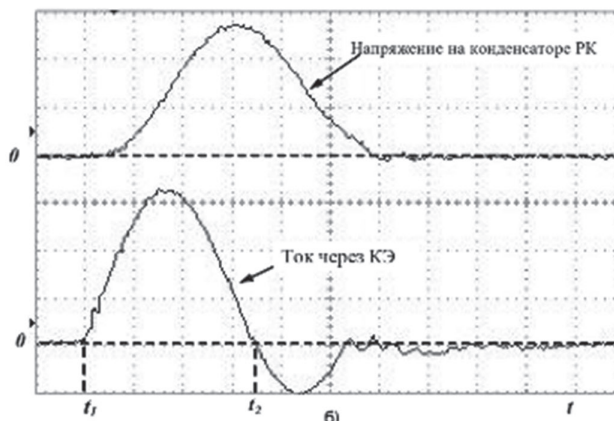
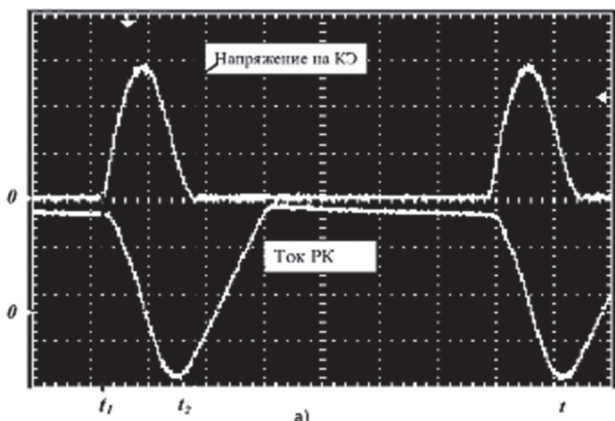


Рисунок 5. Осциллограммы резонансных режимов

С развитием энергосберегающих технологий и повышением требований к качеству преобразования и передачи электроэнергии, к управлению энергопотоками различных энергосистем (стационарных, автономных и т.д.) возрос интерес к нетрадиционным способам преобразования электроэнергии, позволяющим повысить технико-экономические показатели данного типа систем. Большой класс такого рода преобразователей напряжения (ПН) представляют устройства, использующие резонансные режимы работы импульсных полупроводниковых ключей, что позволяет формировать близкую к гармонической (синусоидальной) форму тока и напряжения в силовых цепях ПН, а это в свою очередь позволяет снизить динамические потери в полупроводниковых силовых элементах и существенно улучшить электромагнитную совместимость таких ПН с полезной нагрузкой, т.е. снизить уровень электромагнитных помех, генерируемых преобразователем. В данном типе ПН непосредственно коммутирующим элементом остается полупроводниковый ключ. Основным принципом, положенным в работу резонансных преобразователей электроэнергии, является то, что в цепь между нагрузкой и коммутирующим элементом включается резонансный контур (РК), в котором запасается и циркулирует энергия в каждый период переключения ключа (ключей). Причем циркуляция энергии происходит по резонансному закону, т.е. форма тока и напряжения в элементах РК близка к синусоидальной. Таким образом, переключая полупроводниковые ключи в моменты времени, когда ток или напряжение в цепи РК, а значит, и в цепи ключа, достигает нулевого значения, можно полностью исключить динамические потери мощности.

Не смотря на более сложную схемотехнику резонансных преобразователей, они имеют неоспоримые преимущества перед традиционными импульсными и хорошие перспективы развития. Это связано в том числе и с тем, что дальнейшее улучшение энергетических характеристик традиционных импульсных преобразователей электроэнергии определяется совершенствованием элементной базы: повышением быстродействия КЭ, уменьшением падения напряжения на КЭ в открытом состоянии, но такая тенденция усилит влияние паразитных реактивных составляющих реальной схемы, т.е. с увеличением

скорости изменения напряжения на коллекторе (стоке) КЭ возрастает амплитуда сигнала на высших гармониках, частоты которых могут совпадать с собственными частотами резонансных контуров, образованных паразитными элементами схемы, что приводит к увеличению высокочастотных помех, наложенных на выходное напряжение. Исключить паразитные элементы реальной схемы полностью невозможно. Таким образом, для уменьшения потерь на переключение, снижения потерь от коммутационного шума, вызванного влиянием паразитных элементов, следует переключать КЭ в моменты нулевых значений тока или напряжения, что возможно осуществить только при резонансных колебаниях в цепях с КЭ.

К основным достоинствам преобразователей, использующих резонансные режимы работы, следует отнести:

- уменьшение габаритных размеров и массы радиаторов силовых ключей за счет снижения потерь на переключение КЭ,
- снижение габаритных размеров и массы емкостных и индуктивных элементов выходного фильтра,
- повышение быстродействия благодаря возможности повышения частоты коммутации без увеличения потерь мощности на КЭ.

Существуют два основных режима работы КЭ с использованием явления резонанса: режим переключения при нулевых значениях тока, режим переключения при нулевых значениях напряжения. Другие возможные схемотехнические решения объединяют в себе физику процесса этих двух режимов. На рисунке 5 представлены примеры экспериментальных осциллограмм, показывающих формы тока и напряжения в цепи РК и КЭ для двух вариантов резонансных преобразователей с режимом переключения при нулевых значениях напряжения (рисунок 5а) и при нулевых значениях тока (рисунок 5б). Здесь, на рисунке 5а, момент включения КЭ обозначен как t_2 , а момент выключения t_1 . На рисунке 5б момент включения КЭ обозначен как t_1 , а момент выключения t_2 .

Резонансные режимы могут быть применены в большинстве известных топологий классических импульсных преобразователей, включая гальванически развязанные от первичного источника с использованием импульсного трансформатора.

efre-company.ru



ЭЛЕКТРОМОБИЛИ СТИМУЛИРУЮТ ПЕРЕХОД НА НОВЫЕ СИЛОВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

Мы не первый раз встречаем информацию о необходимости перехода на новую силовую элементную базу. Традиционные силовые транзисторы MOSFET на базе кремниевых подложек имеют ряд недостатков, которые при иных обстоятельствах казались несущественными.

■ ГЕННАДИЙ ДЕТИНИЧ

Переходные процессы в MOSFET ведут к лишним потерям, что при стремлении к повальной электрификации наземного транспорта выглядит уже как расточительство.

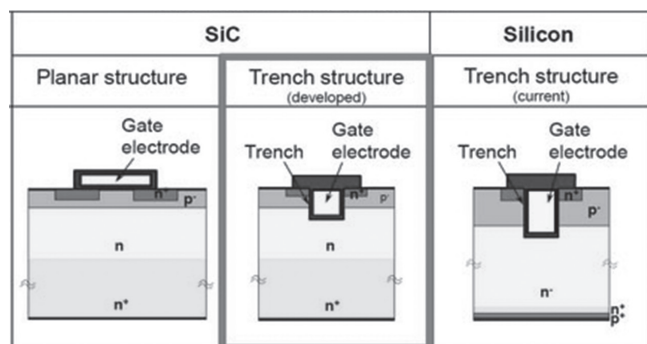


Рисунок 1 – В центре транзистор на подложке из карбида кремния, справа на обычной кремниевой

Кроме того, при прочих равных рабочих характеристиках транзисторы на базе новых материалов – на подложках из карбида кремния (SiC, silicon carbide) и нитрида галлия (GaN) – оказываются значительно меньше по габаритам, чем традиционные силовые элементы. Попросту говоря, блоки питания нового поколения могут уменьшиться в размерах на 80–90 %.

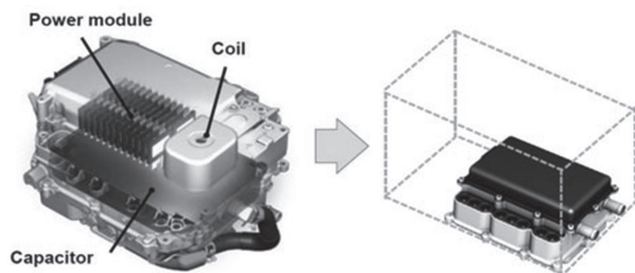


Рисунок 2 – Новые материалы позволяют существенно уменьшить размеры блоков питания (пример - Toyota)

По мнению аналитиков компании Yole Development, в ближайшие годы производители силовых элементов в массе откажутся от использования кремниевых подложек для выпуска силовых транзисторов. Главной движущей силой перехода на новые подложки обещают стать гибридные и чисто электрические автомобили. Сообщается, что большинство разработчиков электронных приборов с использованием материалов SiC/GaN близки к решению проблем, обычно возникающих при переходе к массовому производству новой продукции.

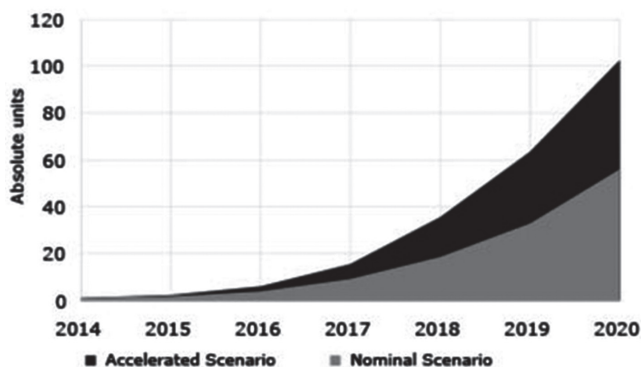


Рисунок 3 – Два сценария роста рынка силовых элементов на новых материалах: обычный и взрывной (Yole)

Кроме силовых элементов для электромобилей материалы SiC/GaN планируется использовать для всего спектра электроники — как низковольтной (до 600 В), так и высоковольтной (до 3300 В). Это схемы компенсации коэффициента мощности (PFC), солнечная и ветроэнергетика, блоки бесперебойного питания и многое другое.

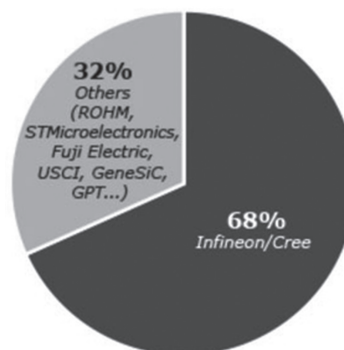


Рисунок 4 – Основные игроки на рынке новых силовых полупроводников и их рыночные доли (Yole)

Доминировать на рынке силовых элементов с использованием SiC/GaN будут продолжать две компании: Infineon и Cree, которым по итогам 2014 года принадлежит 68 % нового рынка. Остальные 32 % рынка делят между собой компании Rohm, STMicroelectronics, GE, Fuji Electric и другие. Ожидается, что до 2020 года рынок силовых полупроводников на новых материалах утроится и превысит уровень продаж в 436 млн долларов США.

3dnews.ru



СИЛОВЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Выбор базового ключевого элемента играет решающую роль в конструировании преобразователя любого типа. Преобразование электроэнергии постоянно нуждается в идеальном ключе.

Такой ключ должен иметь следующие основные характеристики:

- большой ток;
- высокое напряжение;
- малые потери (статические и динамические);
- высокую частоту (быстрое переключение);
- высокую надежность;
- компактную конструкцию (низкие потери).

Эти идеалы в разработке приборов реализуются двумя путями: через структуру транзистора и через структуру тиристора, при этом основным достоинством тиристора являются низкие статические потери, а транзистора – его хорошая способность к выключению.

В настоящее время основными приборами мощной силовой электроники являются:

- традиционные тиристоры SCR;
- запираемые тиристоры GTO;
- биполярные транзисторы с изолированным затвором IGBT;
- коммутируемые по электроду управления тиристоры IGCT.

На сегодня основные статические параметры GTO сравнимы с таковыми для обыкновенных тиристоров. Главный недостаток GTO – значительные токи управления, приводящие к необходимости создания громоздких и мощных блоков управления и систем передачи энергии на управляющий электрод тиристоров.

IGBT уступают GTO по статическим параметрам, но принципиально превосходят их по динамике (прежде всего, по времени включения и запираения). Кроме того, IGBT, имеющий в составе своего электрода управления полевой транзистор, не требует больших токов для запуска процессов включения и запираения, тем самым облегчая систему управления. В настоящее время транзисторы IGBT выпускаются, как правило, в виде модулей с односторонним прижимом и охлаждением, и только компания «Toshiba Semiconductur Group» сообщает о создании IGBT в таблеточном корпусе, что позволяет осуществить двухстороннее охлаждение прибора.

В IGCT комплексно реализованы требования к силовому ключевому элементу. Он одновременно сочетает в себе симметричную таблеточную конструкцию с двухсторонним теплоотводом, имеет минимальное падение напряжения во включенном состоянии, не требует высокоэнергоемких цепей питания блоков управления, обладает достаточной помехоустойчивостью при невысоких динамических потерях и в силу особенностей требуемого управляющего импульса (крутизна тока запираения до 3000 А/мкс) отличается идентичностью динамических характеристик. В результате почти на порядок уменьшается (по сравнению с GTO) время коммутации, снижаются коммутационные потери. IGCT работают без снабберной емкости. Кроме того, в IGCT имеется интегрированный

на одном кристалле обратный быстро восстанавливающийся диод.

Параметры и сравнительные потребительские характеристики мощных полупроводниковых силовых приборов различных типов приведены в таблицах.

Преобразователи на управляемых электронных приборах

Многообразие существующих преобразователей естественно использование в качестве силовой схемы одной и той же классической структуры: трехфазный мостовой неуправляемый выпрямитель В, LC – фильтр звена постоянного тока, трехфазный мостовой автономный инвертор напряжения АИН с широтно-импульсной модуляцией ШИМ.

Неуправляемый режим работы выпрямителя и свойства силовых управляемых ключей инвертора снимают вопросы ограничения di/dt и du/dt в цепях вентилей, применения громоздких снабберов для защиты от перепадов напряжений и т.п.

Разнообразие силовых схем сводится лишь к различию типов и способов включения коммутационных и защитных аппаратов (электромагнитные пускатели, автоматические выключатели, предохранители, токоограничивающие реакторы), датчиков тока и напряжения, устройств торможения (сетевой инвертор для рекуперации, ключ электродинамического торможения). Акцент разработки силовой части преобразователей сместился из области схемотехники (существенной для тиристорных устройств) в область оптимизации конструкторско-компоновочных решений и теплофизических расчетов, повышения устойчивости к аварийным режимам (рисунок 1).

Основное влияние на потребительские свойства преобразователей и электроприводов оказывает их информационный канал – используемые алгоритмы управления и регулирования и реализующие их микроконтроллерные системы МСУ. Именно последние определяют регулировочные свойства, динамические характеристики электропривода, его функциональность.

Автономный инвертор питается от постоянного напряжения с выхода неуправляемого диодного выпрямителя, либо от автономного источника постоянного напряжения. Емкость С сглаживает пульсации с выхода выпрямителя. Ключ состоит из биполярного ключа VT с полевым управлением (IGBT-ключ) и диода VD, включенного противоположно питающему напряжению. Диод VD предназначен для возврата энергии в сеть в случае, когда ток через ключ имеет направление, противоположное направлению напряжения на нем. Подобная ситуация наблюдается при реактивно-активной нагрузке. Схема соединения дио-

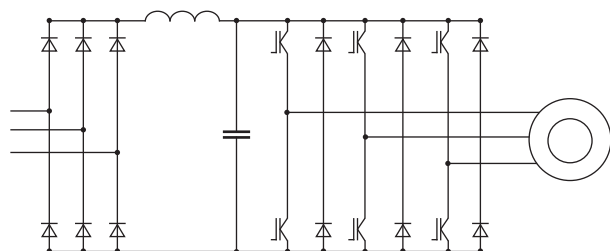


Рисунок 1.

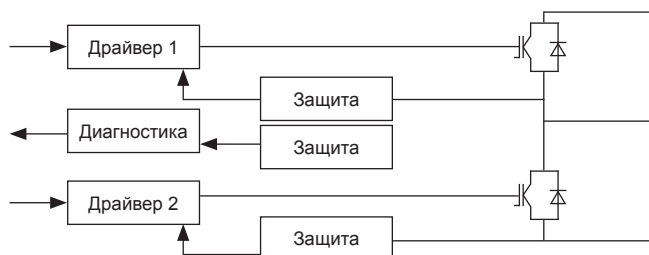


Рисунок 2 – Схема двухключевого «интеллектуального» силового IGBT-модуля с полными функциями защит от перегрузки

дов VD1-VD6 представляет собой трехфазный мостовой шестиполупериодный диодный выпрямитель, позволяющий осуществить возврат энергии от двигателя в сеть.

Для реализации режима рекуперации вместо неуправляемого выпрямителя используют управляемый реверсивный преобразователь на тиристорах. Режим электродинамического торможения осуществляется подключением внешнего реостата через дополнительный ключ IGBT параллельно автономному инвертору.

В типовой схеме автономного инвертора напряжения содержится 6 ключей. Транзисторные ключи, переключаясь в определенной последовательности, формируют на выходе инвертора периодический трехфазный сигнал. В таком инверторе фазы двигателя могут быть подключены к потенциалам постоянного напряжения $2^3 = 8$ различными способами. Результирующий вектор напряжения на выходе АИН имеет, соответственно, 8 положений, из которых 2 положения являются вырожденными, т.к. они приводят к нулевому значению результирующего вектора.

Регулирование частоты трехфазного напряжения на выходе АИН осуществляется путем изменения частоты переключений транзисторных ключей. Изменение амплитуды трехфазного напряжения производится с помощью широтно-импульсного регулирования.

В современных IGBT время переключения составляет менее одной микросекунды. Столь высокая скорость переключения позволяет в полной мере использовать достоинства метода широтно-импульсной модуляции: осуществлять коммутацию на частоте свыше 16 кГц, что решает проблему акустических шумов, уменьшает массу и габариты реактивных элементов – фильтров высших гармоник. Наконец при большой кратности частоты коммутации и низкой частоте выходного напряжения значительно повышается быстродействие системы регулирования, что позволяет улучшить динамические характеристики систем.

В то же время при повышении частоты коммутации значительно возрастает доля коммутационных потерь, из-за чего приходится снижать допустимые токи и напряжения

при частотах 5 кГц и выше. Увеличение коммутационных потерь уменьшает перегрузочную способность транзисторов.

Быстрое переключение транзисторов из-за эффекта di/dt на паразитных индуктивностях в контуре коммутации приводит к появлению значительных перенапряжений на элементах схемы.

При быстрых переключениях транзисторов на выходе преобразователя скорость изменения напряжения может достигать значений 5000 В/мкс. При длине соединительных кабелей более 10 м и напряжения могут достигать двукратных по отношению к номинальным значениям. В результате повреждается изоляция двигателя.

На рисунке 2 представлена схема двухключевого «интеллектуального» силового IGBT-модуля с полными функциями защит от перегрузки по току, короткого замыкания, перенапряжений и перегрева силовых элементов.

В электроприводе постоянного тока основные способы управления осуществляются посредством изменения напряжения якоря и потока возбуждения. В общем случае требуется обеспечить управление двигателем постоянного тока во всех режимах работы, в том числе в реверсивном режиме с рекуперацией энергии в первичный источник питания. Наиболее эффективно все эти режимы реализуются в схеме, обеспечивающей работу в четырех квадрантах на стороне постоянного тока, выполненной на полностью управляемых ключах и регулируемой по способу широтно-импульсной модуляции.

helpiks.org



БелПлата

тел. +375 17 287 85 66

факс +375 17 287 85 65

тел.моб. +375 29 684 43 09

220068, г. Минск, ул.Некрасова, 114,

оф.238, 2 этаж, e-mail: info@belplata.by

Разработка и поставка печатных плат:

любой класс точности, широкий спектр покрытий, изготовление образцов от 5 дней.

Поставка фотошаблонов

Поставка трафаретов:

из нержавеющей стали и латуни.

Материалы для печатных плат:

защитные маски, маркировочные краски, фоторезисты, паяльные пасты.

Поставка изделий из феррита:

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

Поставка электронных компонентов:

STMicroelectronics, NXP Semiconductors, Vishay, Holtek Semiconductor.

www.belplata.by

УНП 190533632



КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Одной из особенностей современной электроники является значительная степень взаимной интеграции отдельных областей. Посмотрите на материнскую плату компьютера — помимо собственно вычислительных элементов на ней можно увидеть и сравнительно мощные преобразователи (типичные представители силовой электроники), понижающие стандартные напряжения, отдаваемые блоком питания компьютера, до необходимых для работы процессоров и других микросхем величин. Такие примеры наводят на мысль, что выделить и единой фразой описать всю силовую электронику довольно сложно.

Можно сказать, что силовая электроника — это область, имеющая дело с преобразованием электрической энергии, используемой в дальнейшем для питания каких-либо электронных и электромеханических устройств. Противопоставляя силовую электронику другим разделам — например, системам, связанным с передачей и обработкой сигнала и данных, можно утверждать, что силовая электроника в основном имеет дело с большими мощностями. Их величина для AC/DC преобразователей, используемых в большинстве современных бытовых приборов — компьютерах, телевизорах и т.п. — лежит в пределах от десятков до сотен ватт. В наиболее распространенных промышленных приложениях силовой электроники — приводах с изменяемой скоростью, основанных на преобразовании частоты переменного тока — диапазон мощностей составляет от сотен ватт до десятков мегаватт.

Сложившийся способ классификации устройств силовой электроники основан на указании рода тока (AC — переменный, DC — постоянный) на входе и на выходе. Нетрудно подсчитать, что такой способ порождает четыре возможных класса устройств:

- AC-DC (управляемые выпрямители);
- DC-AC (инверторы);
- DC-DC (конверторы);
- AC-AC (конверторы).

Наиболее яркой особенностью современных схем всех указанных устройств является, наверное, широкое использование импульсных режимов работы, требующих применения т.н. «ключевых» элементов, основное время находящихся в одном из двух режимах работы — открытом или закрытом. Задача ключей — отбор мощности из первичной цепи в фазе с колебательными процессами самого устройства. Энергия, отбираемая на входе, передается в выходные цепи, формирующие требуемое выходное напряжение. Идеальный ключ при работе не нагревается — в открытом состоянии падение напряжения на нем равно нулю, а в закрытом нет тока, так что произведение напряжения на ток всегда ноль. Приближение режимов работы ключевых элементов к идеальным — залог высокого КПД и малых габаритов устройства. Частота открытия-закрытия ключевых элементов — одна из важнейших характеристик импульсных устройств. Ее повышение, как известно, позволяет уменьшить габариты пассивных компонентов схемы.

Импульсные высокочастотные режимы работы, являясь ключом к высокому КПД, вместе с тем порождают высокочастотные пульсирующие и переменные токи и

напряжения, которые требуют адекватной работы всех элементов схемы — как активных, так и пассивных. Поэтому элементы, используемые в импульсной силовой электронике, как правило, работают в более напряженных условиях, чем их собратья в линейных цепях.

Следствием достоинств современных силовых импульсных устройств является один из главных их недостатков — сложность схмотехники и, следовательно, проблематичность ремонта таких устройств. Кроме того, возможность использования силовых электронных устройств в условиях промышленных предприятий, зачастую принципиально необслуживаемый характер работы, — все это требует от схмотехники и используемых компонентов значительного запаса надежности. Указанные обстоятельства, помимо прочих, и привели к тому, что элементы силовой электроники выделяются поставщиками в отдельную группу. К этой группе непосредственно примыкают также компоненты для мощных электротехнических приложений — пусковые и рабочие конденсаторы электродвигателей, конденсаторы коррекции коэффициента мощности, мощные резисторы, предохранители, провода и разъемы.

ПАССИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Конденсаторы

Конденсаторы DC-link

Конденсаторы этого типа предлагаются известными производителями, например, фирмой WIMA, в качестве альтернативы электролитическим конденсаторам в промежуточных цепях преобразователей. Примером использования такой схемы может быть преобразователь частоты для питания асинхронного двигателя. Первичное напряжение однофазной или трехфазной сети напряжением 220/380 В и частотой 50 Гц выпрямляется входными цепями (диодным мостом), сглаживается емкостью промежуточной цепи и поступает на мостовую схему, формирующую выходное напряжение нужной частоты и уровня. Естественным и распространенным решением является использование в про-





межучасточных цепях высоковольтных электролитических конденсаторов, обладающих значительной удельной емкостью и, следовательно, способных сгладить значительные пульсации выпрямленного тока даже при невысоких сетевых частотах. Однако «врожденные» недостатки электролитических конденсаторов — невысокие рабочие напряжения (до 500 В), значительное эквивалентное последовательное сопротивление (ESR), уменьшение емкости за время жизни (за счет высыхания электролита) — делают именно электролитические конденсаторы промежуточной цепи тем «слабым звеном», которое существенно сказывается на надежности прибора в целом. Следует отметить, что указанные недостатки критичны как раз для мощных сетевых преобразователей — выпрямленное напряжение сети имеет величину более 300 В, импульсный характер работы преобразователя порождает значительные пульсации тока, которые в сочетании с высоким ESR приводят к разогреву конденсатора. Выход видится в использовании пленочных конденсаторов высокой емкости. Конденсаторы DC-link, обладая низким ESR, способны чрезвычайно быстро отдавать значительную мощность, что позволяет поддерживать постоянное напряжение в промежуточной цепи, несмотря на значительные пиковые токи, потребляемые системой. Пленочные конденсаторы не имеют ограничений по рабочему напряжению и могут быть рассчитаны на характерные напряжения промежуточных цепей — 500...1500 В. Кроме этого, срок службы и надежность конденсаторов DC-link существенно выше, чем электролитических.

Конденсаторы электродвигателей

Для сдвига фаз при пуске и работе асинхронных двигателей широко используются конденсаторы, включаемые, например, последовательно с обмоткой двигателя. Как правило, в качестве таких конденсаторов используются пленочные конденсаторы, отличающиеся достаточно высокой емкостью и надежностью. В высококачественных конденсаторах фирмы Ducati Energia в качестве диэлектрика используется полипропилен. Electroды выполняются вакуумным напылением, что при достаточно низком сопротивлении обеспечивает их минимальную толщину и способность к самовосстановлению — при замыкании Electroдов в какой-нибудь точке металлическая пленка моментально выгорает, уничтожая паразитный контакт. Это

повышает надежность и безопасность цепи, снижает габариты конденсаторов, исключает утечку. На случай существенного аварийного разогрева конденсаторов, согласно стандарту EN 60252-1, конструкция пусковых и рабочих конденсаторов предусматривает «управляемое разрушение», размыкающее контакт между выводами и обкладками за счет давления газов внутри корпуса.

Поскольку пусковой и рабочий режимы асинхронного двигателя существенно различаются, для пуска мотора под нагрузкой необходимо включение дополнительной емкости. С этой целью могут использоваться пусковые конденсаторы, выполняемые по электролитической технологии. Чрезвычайно высокая удельная емкость делает «электролиты» во многих случаях незаменимыми, несмотря на все их недостатки (значительное сопротивление, нестабильность характеристик, низкая надежность). Необходимым условием их использования является кратковременный режим работы — не больше нескольких секунд — после чего пусковой конденсатор должен быть отключен во избежание разогрева и возможного взрыва конденсатора.

Конденсаторы коррекции коэффициента мощности

Коэффициент мощности цепи переменного тока равен косинусу угла сдвига фаз между током и напряжением. Активная мощность — та, которую можно преобразовать в тепло, свет или работу — равна произведению тока на напряжение и на коэффициент. Соответственно, чтобы получить фиксированную активную мощность при определенном напряжении, необходимо обеспечить ток тем больший, чем меньше коэффициент мощности. Увеличение тока сопровождается увеличением омических потерь в проводах, увеличением размеров трансформаторов, проводов и других элементов цепи. Таким образом, борьба за увеличение коэффициента мощности — одна из основных забот разработчика схемы. Простейшим и наиболее применяемым способом повышения коэффициента мощности является включение в цепь реактивных элементов, «обратных» по реактивному действию к основным элементам цепи. Для схем с электродвигателями переменного тока, обладающих значительной индуктивностью, такими компенсирующими элементами являются конденсаторы. Компенсирующие конденсаторы могут устанавливаться для каждого потребителя, а могут работать в составе установок компенсации реактивной мощности (УКРМ). Низковольтные компенсирующие конденсаторы изготавливаются по пленочной технологии с использованием полипропилена как диэлектрика. Обкладки формируются вакуумным напылением, что позволяет конденсатору «самовосстанавливаться» при пробое. Сформированный прибор помещается в корпус либо одиночно (однофазный), либо в составе сборки (трехфазный).

Поскольку конденсаторы этого типа работают вместе с электродвигателями, они рассчитаны на значительные пусковые токи, а также на кратковременное превышение рабочего напряжения. В целях безопасности конденсаторы заполнены азотом и оборудованы разъединителем при превышении давления внутри корпуса.





МОЩНЫЕ РЕЗИСТОРЫ

Как и в других разделах электроники, в силовой электронике чрезвычайно широко используются резисторы. Основной особенностью их силового применения является необходимость рассеивания значительной мощности. Среди «силовых» амплуа резисторов можно упомянуть токоизмерительные, зарядные и разрядные, тормозные, элементы снабберов и т.д. Для некоторых из этих целей (в основном, как нагрузочные и тормозные) могут быть использованы мощные проволочные резисторы, представленные производителями Danotherm, Arcol, Frizlen и некоторыми другими. Простейшие выводные резисторы с мощностью рассеяния от 2 до 15 Вт фирмы ATE серии CS намотаны медно-никелевым или никель-хромовым проводником на керамическом каркасе и покрыты силиконом, что обеспечивает рабочие температуры от -55 до +350. Для снижения индуктивности в резисторах может применяться бифилярная намотка Айртона-Перри (проволочные резисторы с нулевой индуктивностью).

Для более мощных приложений могут быть использованы Caddock, предназначенные для установки на радиатор. Примером могут служить резисторы серий HS и HSD, а также многочисленные представители серии Alpha фирмы Danotherm.

Еще более мощные тормозные и нагрузочные резисторы могут быть построены из наборных стальных элементов, обеспечивающих хорошее воздушное охлаждение. В качестве примера упомянем серию резисторов Tera (обозначение BRC/BRD с суффиксом исполнения – C, D, F, M и N).

Если для использования в качестве тормозных и нагрузочных могут подойти проволочные и наборные резисторы, не имеющие альтернативы по мощности (кроме еще более мощных резисторов с водяным охлаждением), то для использования в импульсной схемотехнике в качестве токоизмерительных и снабберных более оправданы мощные толстопленочные резисторы. Это объясняется несколькими факторами – потребностью в чрезвычайно низкой паразитной индуктивности элементов, работающих в составе импульсных цепей, малые габариты с возможностью планарного монтажа, меньшие требуемые мощности рассеяния по сравнению с нагрузочными и тормозными резисторами.

Среди них можно упомянуть серию мощных измерительных резисторов MP (Caddock), выпускающихся в выводных корпусах TO-126, TO-220, TO-247, более привычных для диодов и транзисторов. Использование этих типов корпусов упрощает установку измерительных резисторов на радиатор (например, общий с ключевыми и выпрямительными элементами). Подобные серии резисторов выпускаются Arcol под обозначением AP с цифровым кодом, определяемым типом корпуса. Также эти производители предлагают мощные пленочные SMD-резисторы различных типоразмеров (серии CC, CD, CHR у Caddock и AP5025 у Arcol).

Для более мощных (в том числе и не измерительных) приложений Arcol предлагает широкую номенклатуру пленочных резисторов с винтовыми клеммами серий FPA100, FPA250 и FPA600 (число обозначает мощность

рассеяния в ваттах). Диоды представлены компаниями Widad AG и Vishay.

КЛЮЧЕВЫЕ И ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Первыми приборами «силовой электроники» принято считать ртутные выпрямительные лампы, некоторые разновидности которых (игнитроны) используются и поныне. «Силовой» особенностью этих ламп является катод из жидкой ртути, способный работать с большими токами без эрозии и разрушения, свойственным твердым катодам. Позже был разработан ряд вакуумных и газонаполненных ламп (тиратроны и их родственники), адаптированный к ключевому режиму работы. По мере развития твердотельной электроники и появления полупроводниковых приборов – диодов, тиристоров, транзисторов – использование ламп в силовой электронике стало сокращаться, и сейчас с их использованием решаются лишь некоторые специальные задачи.

Диоды

Диоды – двухэлектродные нелинейные элементы – наверное, самые применяемые полупроводниковые приборы. Основная область применения силовых диодов – это выпрямление переменного тока за счет существенной нелинейности вольт-амперной характеристики. Львиная доля всех выпрямительных диодов перекрывается диодами с р-п переходом и диодами Шоттки. Основные различия между этими типами лежат в плоскостях времени восстановления, прямого падения напряжения, обратного тока и рабочего напряжения. Время восстановления диода Шоттки меньше, чем диода с р-п переходом. Падение напряжения в открытом состоянии также меньше (от 0.15 до 0.46 В для типов 1N5817 и 1N5711 соответственно, по сравнению с 0,7 В у кремниевого диода с переходом при токе 1 мА). Однако больший ток утечки с положительным температурным коэффициентом (могущим вызвать неконтролируемый фатальный разогрев при неправильном теплоотводе) и меньшие рабочие напряжения диодов Шоттки требуют аккуратности в их использовании. Все это определяет предпочтительное использование диодов с р-п переходом в сетевых выпрямителях (во входных цепях преобразователей), где частота невелика, а рабочие напряжения значительны. Диоды Шоттки чаще применяются в выходных выпрямителях низковольтных (до десятков вольт) преобразователей, где они работают на рабочих частотах в десятки и сотни кГц.

Поскольку диоды часто используются в составе двухтактных схем, подразумевающих наличие нескольких диодов, широкое распространение получили диодные сборки («мосты» и модули), объединяющие несколько диодов в едином корпусе. Также диоды могут включаться в состав мощных модулей вместе с ключевыми элементами – тиристорами и транзисторами.

Кроме выпрямительных диодов, в силовой электронике широко применяются и другие двухэлектродные полупроводниковые приборы. Среди них следует упомянуть переключающие – несимметричные и симметричные динисторы – и ограничивающие – TVS-диоды.



Основное свойство динистора — это способность, во-первых, скачком переходить в проводящее состояние при превышении напряжения на нем выше некоторого порога и, во-вторых, оставаться в этом состоянии, пока через него протекает ток. Вообще говоря, его поведение аналогично поведению его близкого родственника — тиристора, с тем лишь отличием, что у динистора отсутствует управляющий электрод.

Супрессорный или TVS-диод в чем-то подобен стабилитрону. Как и стабилитрон, TVS переходит в проводящее состояние при превышении обратного напряжения выше некоторого порога. Отличие состоит в том, что стабилитрон не рассчитан на значительные токи и предназначен для стабилизации, а супрессор может выдерживать значительные импульсные токи и предназначен для защиты элементов схемы от паразитных выбросов напряжения. В этом смысле он подобен разряднику, но лишен многих его недостатков. Одними из первых на рынке появились TVS-диоды под маркой Transil, в связи с чем это слово стало синонимом TVS-диода вообще. В настоящее время, кроме марки Transil, в продаже имеются TVS-диоды под марками TransZorb, Insel и другие.

Распространенные системы обозначения полупроводниковых элементов

Существует несколько стандартных систем обозначения полупроводников, включающих в себя и обозначения силовых диодов. Наиболее распространенными являются системы обозначений EIA/JEDEC (изначально принята в США), Pro Electron (широко используемая европейскими производителями) и JIS (детище японской ассоциации производителей электроники, распространенная в азиатско-тихоокеанском регионе).

Обозначение полупроводникового прибора по EIA/JEDEC состоит из цифры, обозначающей количество переходов в приборе, обязательной буквы N и четырехзначного числа — регистрационного номера прибора. Обозначения диодов, таким образом, начинаются с 1N. Из следующего за 1N числа, вообще говоря, невозможно извлечь априорной информации об устройстве прибора и его характеристиках. Опытный разработчик может помнить наиболее распространенные приборы, например «классические» выпрямительные кремниевые диоды 1N4001-1N4007 с током до 1 А и напряжения от 50 до 1000 В, или 1N5400-1N5408 с током до 3 А.

Стандарт обозначений Pro Electron более информативен. Изначально он создавался так, чтобы включить в себя стандарт обозначения радиоламп Mullrad-Philips, хотя теперь это его свойство используется редко. Обозначение прибора строится из первой буквы, обозначающей тип полупроводника, второй буквы — типа прибора, необязательной третьей буквы, символизирующей специальное назначение прибора, и серийного номера прибора.

Таблица 1 – Первая буква обозначения (наиболее употребительные)

A	Германий
B	Кремний
C	Арсенид Галлия
R	Другие (в т. ч. приборы без перехода)

Таблица 2 – Вторая буква обозначения

A	Маломощные импульсные и универсальные диоды
B	Варикапы
C	Маломощные НЧ транзисторы
D	Мощные НЧ транзисторы
E	Туннельные диоды
F	Маломощные ВЧ транзисторы
G	Гибридные устройства
H	Сенсоры и диоды на эффекте Холла
L	Мощные ВЧ транзисторы
M	Кольцевые смесители
N	Оптоизоляторы
Q	Светодиоды
R	Маломощные переключающие устройства (тиристоры, динисторы, симисторы и т. д.)
S	Маломощные ключевые транзисторы
T	Мощные переключающие устройства
U	Мощные ключевые транзисторы
W	Приборы на поверхностных акустических волнах
X	Умножители частоты
Y	Мощные выпрямительные диоды
Z	TVS-диоды (Transil)

К основному обозначению через дефис или дробь может прибавляться дополнительное, несущее информацию о различных параметрах (рабочем напряжении, усилении, напряжении стабилизации и его точности и т. д.).

Таким образом, примером обозначения мощного выпрямительного диода может быть BY228.

Система Pro Electron широко используется для обозначения дискретных приборов. Изначально включенные в стандарт обозначения интегральных схем не получили распространения.

Обозначение по стандарту JIS-C-7012 (национальный стандарт Японии — электроника и электротехника — система обозначения дискретных полупроводников) состоит из первой цифры — числа переходов в приборе, следующей обязательной буквы S и буквы типа прибора.

Таблица 3 – Третий символ обозначения

—	Диоды
A	ВЧ PNP биполярные транзисторы
B	ЗЧ PNP биполярные транзисторы
C	ВЧ NPN биполярные транзисторы
D	ЗЧ NPN биполярные транзисторы
E	Диоды
F	Тиристоры
G	Диоды Ганна
H	Двухбазовый диод (однопереходной транзистор)
J	P-канальные полевые транзисторы
K	N-канальные полевые транзисторы
M	Симисторы
Q	Светодиоды
R	Выпрямительные диоды
S	Сигнальные диоды
T	Супрессоры (TVS, «transil»)
V	Варикапы
Z	Стабилитроны



Затем следует порядковый регистрационный номер, возможно дополненный суффиксом, обозначающим подкласс прибора по напряжению и т. п.

Из обозначения на корпусе прибора могут быть исключены первая цифра и буква «S», что может породить путаницу, поскольку из обозначения по стандарту Pro Electron может «выпасть» первая буква.

Существует большое количество «фирменных» систем обозначений элементов, введенных производителями для своей продукции. Для силовых диодов практически важной является система, используемая, в частности, таким гигантом, как Vishay. Вначале обозначения идет число, символизирующее максимальный рабочий ток в амперах, затем следует буквенный код, определяющий технологию и временные параметры диода, затем следует число, указывающее обратное напряжение в десятках вольт. Так, из обозначения 40HF10 следует максимальный ток 40 А и напряжение 100 В.

Номенклатура корпусов силовых диодов довольно разнообразна. Наиболее употребительными на данный момент являются диоды и сборки в цилиндрических выводных аксиальных корпусах DO-15, DO-35, DO-41, DO-201A; выводных корпусах TO-220, TO-220A, ITO-220A, TO-220AB, TO-247AC, TO-3P, TO-225AA.

Также широко используются планарные корпуса диодов DPAK, D2PAK, DO-214, SOT-23.

Для мощных приложений могут использоваться корпуса с винтовыми и ножевыми клеммами. Примером из нашего каталога поставок могут являться выпрямительно-ключевые модули фирмы Semikron в корпусе типа Semipack (SKKD – винтовые клеммы и SKKE – ножевые).

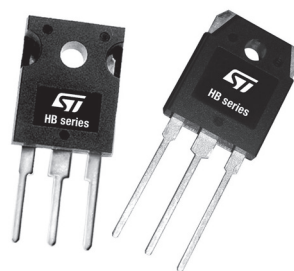
Ключевые элементы

Бурная и захватывающая история развития силовых полупроводниковых ключей слишком насыщена, чтобы пересказать ее достаточно кратко. Ограничимся констатацией того факта, что на современном историческом этапе импульсная силовая электроника малых и средних мощностей (до нескольких десятков киловатт) практически целиком строится на применении транзисторов MOSFET и IGBT. Для коммутации токов промышленной частоты 50 Гц широко применяются тиристоры и симисторы. Для построения мощных импульсных преобразователей используются запираемые тиристоры (GTO и их наследники).

Тиристорные и диодно-тиристорные модули

Современные транзисторы MOSFET (metal-oxide-semiconductor field-effect transistor, или полевой транзистор с изолированным затвором) строятся по многоканальной схеме, что позволяет увеличить мощность, сохранив высокую частоту переключения. Такая «сотовая» структура называется разными производителями по-разному. Наиболее известная технология фирмы «International rectifier» носит название «HEXFET»

(элементарные транзисторы образуют шестиугольные ячейки).



Транзисторы IGBT (insulated-gate bipolar transistor или биполярный транзистор с изолированным затвором) также строятся в виде многоканальных структур.

Исключительное положение указанных типов транзисторов в области малых и средних мощностей объясняется их положительными свойствами, в первую очередь – удобством управления. Как MOSFET, так и IGBT-транзисторы – это приборы, управляемые напряжением на затворе. Ток, протекающий в цепи затвора, обусловлен только его эффективной емкостью или суммарным зарядом затвора, который составляет достаточно небольшую величину. Таким образом, цепи управления MOSFET и IGBT требуют незначительных мощностей даже при коммутации значительных токов, в отличие от биполярных транзисторов или тиристоров.

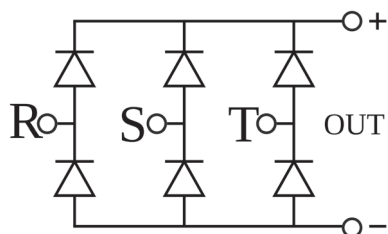
Вместе с тем следует отметить, что хотя пороговое напряжение затвора стандартных MOSFET и составляет величину несколько вольт, для их устойчивой работы необходимы управляющие напряжения около 10 В. Кроме того, быстрое переключение транзистора при работе в составе импульсных схем, являющееся залогом высокого КПД, требует оперативности в перекачке заряда затвора. Все это приводит к необходимости использования специальных микросхем – драйверов затворов мощных ключевых транзисторов.

MOSFET и IGBT занимают несколько различающиеся экологические ниши. MOSFET идеальны для низковольтных силовых приложений с высокой частотой переключения. При росте коммутируемого напряжения и тока падение напряжения на открытом транзисторе MOSFET становится сравнительно больше, чем аналогичная величина у IGBT. Это объясняется тем, что силовая часть IGBT-структуры представляет собой биполярный транзистор с нелинейной характеристикой насыщения, а открытый канал MOSFET имеет активное сопротивление, указываемое в описании прибора. Сопротивление это, очевидно, тем выше, чем выше рабочее напряжение транзистора. Низковольтные (до 100...200 В) MOSFET даже при максимальных токах имеют падение напряжения меньше, чем IGBT. Высоковольтные (например, коммутирующие выпрямленное напряжение сети) MOSFET порождают высокое падение напряжения при высоких токах, так что их использование в определенном момент становится невыгодным. Однако более экономичные в этом смысле IGBT имеют худшие частотные характеристики, что вызывает увеличение габаритов пассивных элементов цепей (прежде всего, трансформаторов и дросселей).

Поскольку большая часть маломощных и практически все приложения средней и большой мощности строятся по двухтактным, мостовым и полумостовым схемам, существует тенденция объединять несколько



ключевых транзисторов в единый модуль. Это может касаться как маломощных MOSFET-приборов, рассчитанных на токи в несколько ампер и напряжения в десятки вольт, в предназначенных для планарной установки корпусах TSOP или SOIC, так и мощных IGBT-транзисторов с коммутируемыми токами в сотни ампер и рабочими напряжениями в киловольты.



Одно из самых популярных применений диодов и тиристоров – это построение схем управляемых и неуправляемых выпрямителей. В такие схемы может входить значительное число вентиля. Во всем известной схеме Ларионова их уже 6, а в наиболее сложной из используемых конструкции трехфазного выпрямителя (шестимостовая схема) – 24. В этих случаях выгодно использовать не одиночные вентиляльные элементы, а диодные, диодно-тиристорные и тиристорные модули. Значительное распространение получили простые полномостовые однофазные диодные модули, содержащие четыре вентиля, и используемые в блоках питания малой мощности. По мере роста выпрямляемой мощности, диодные модули могут уже нуждаться в охлаждении, поэтому модули средней мощности с токами в десятки ампер и напряжениями в сотни вольт могут выпускаться в стандартных корпусах типов TO-220 и TO-247, также как и специализированных прямоугольных выводных корпусах с металлическим корпусом и отверстиями для крепления к радиатору. Мощные модули с характерными токами в сотни ампер и напряжениями в сотни и тысячи вольт помещаются в специализированные крупногабаритные корпуса с мощными теплоотводящими поверхностями (как правило, изолированными) и винтовыми или ножевыми клеммами. Типоразмеры корпусов таких модулей устанавливаются конкретным производителем, среди которых наибольшей популярностью пользуются Semikron, Vishay, International Rectifier, IXYS. Использование модулей в мощных приложениях позволяет достаточно надежно решить вопросы с контактом силовых проводников, охлаждением схемы и ее габаритными размерами.

РАЗЪЕМЫ ДЛЯ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Известное каждому инженеру выражение «Электроника – наука о контактах» имеет под собой реальную основу, подтвержденную опытом нескольких поколений. В силовой электронике надежный контакт – не только залог правильной работы устройства, но и безопасности,

поскольку протекающие токи и действующие напряжения в силовых разъемах могут, при неправильной коммутации, вызвать серьезные повреждения, возгорания и прочие неприятности.

Для надежной коммутации силовых и сигнальных цепей предлагается большое количество разъемов всевозможных типов. Среди прочих, особое внимание следует обратить на продукцию таких известных производителей, как Harting, Bulgin, ILME, Molex и Amphenol.

В состав серии Han фирмы Harting входят индустриальные разъемы с количеством контактов до 216 (серия DD), током через один контакт до 200 А (силовоточные элементы различных серий) и продолжительным рабочим напряжением до 830 В (высоковольтная серия Hv). Доступен широкий ассортимент смешанных силовых/сигнальных разъемов серий K, Com и Modular. Особенностью серии Modular является чрезвычайная гибкость – разъем этой серии может собираться из различного числа отдельных силовых и сигнальных элементов, устанавливаемых в общий держатель.

В зависимости от условий монтажа могут быть использованы разъемы с различным способом фиксации проводников в разъеме – защелкиванием, винтовым зажимом и другие.

Помимо собственно разъемов Harting предлагает широкую линейку корпусов разъемов для различных условий эксплуатации.

Компания Amphenol является одним из крупнейших и известнейших в мире производителей соединителей и кабеля. В широчайший ассортимент ее продукции входят как разъемы общего применения – например, круглые и цилиндрические – так и большое количество специальных – для медицины, авиации и космонавтики, тяжелых условий эксплуатации и других.

Кроме высококачественных разъемов известных мировых производителей, в нашем каталоге представлено большое число недорогих распространенных стандартных разъемов – компьютерных (D-Sub, Ethernet, USB), аудио (DIN, RCA, штекеры), коаксиальных (BNC и SMA), силовоточных и высоковольтных.

west-l.com



поставка электронных компонентов

контрактное производство

тел.: +375 17 290 0082

факс: +375 17 290 0084

e-mail: info@horntrade.net

УНП 190491237



X2 – CLASS MOSFET-ТРАНЗИСТОРЫ НА 650 В: УМЕНЬШЕННЫЙ ЗАРЯД ЗАТВОРА И НИЗКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ОТКРЫТОГО КАНАЛА

Компания ЭЛТЕХ предлагает серию из более чем 50 полевых транзисторов X2-Class на 650 В производства IXYS, имеющих при низком сопротивлении открытого канала очень малый заряд затвора. X2 – Class MOSFET транзисторы – это современная альтернатива для IGBT и MOSFET, работающих на напряжениях 500-600 В, их рабочие токи от 2 до 120 А. Транзисторы выполнены в стандартных корпусах.

Транзисторы найдут широкое применение в автоматике, источниках питания, системах управления транспортом и других разработках.

Основные характеристики:

- напряжение сток-исток $V_{DS} = 650$ В;
- диапазон рабочих токов I_{D25} ($T_c = 25^\circ\text{C}$) от 2 до 120 А;
- стандартные корпуса;
- низкое сопротивление открытого канала $R_{DS(ON)}$

и заряд затвора Q_g .

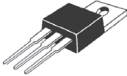
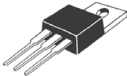
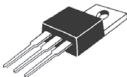
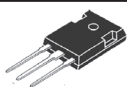
Области применения:

- цепи коррекции коэффициента мощности;
- импульсные и резонансные источники питания;
- DC-DC преобразователи;

- сервоприводы;
- LED-драйверы;
- Управление освещением.

Основные параметры X2-Class MOSFET-транзисторов IXYS:

- I_D – непрерывный ток стока;
- $R_{DS(on)}$ – сопротивление открытого канала;
- C_{iss} – входная емкость;
- Q_g – заряд затвора;
- t_{rr} – время нарастания;
- P_D – максимальная мощность рассеивания;
- R_{thJC} – тепловое сопротивление между подложкой и корпусом.

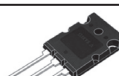
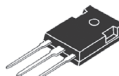
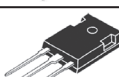
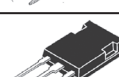
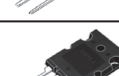
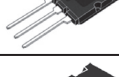
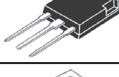
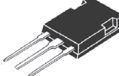
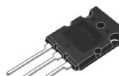
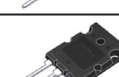
MOSFET транзистор	I_D , $T_c = 25^\circ\text{C}$ (А)	$R_{DS(on)}$ Max $T_j = 25^\circ\text{C}$ (Ом)	C_{iss} (пФ)	Q_g (нКл)	t_{rr} (нс)	P_D (Вт)	R_{thJC} Max ($^\circ\text{C}/\text{Вт}$)	Корпус	
IXTY2N65X2	2	2,30	180	4,30	137	55	2,27	TO-252	
IXTP2N65X2	2	2,30	180	4,30	137	55	2,27	TO-220	
IXTP4N65X2	4	0,85	455	4,30	160	80	1,56	TO-220	
IXTA4N65X2	4	0,85	455	4,30	160	80	1,56	TO-263	
IXTY4N65X2	4	0,85	455	4,30	160	80	1,56	TO-252	
IXTY8N65X2	8	0,50	800	12,00	200	150	0,83	TO-252	
IXTA8N65X2	8	0,50	800	12,00	200	150	0,83	TO-263	
IXTP8N65X2	8	0,50	800	12,00	200	150	0,83	TO-220	
IXTA12N65X2	12	0,30	1100	17,70	270	180	0,69	TO-263AA	
IXTH12N65X2	12	0,30	1100	17,70	270	180	0,69	TO-247	



IXTP12N65X2	12	0,30	1100	17,70	270	180	0,69	TO-220AB	
IXFH22N65X2	22	0,15	2190	37,00	145	390	0,32	TO-247	
IXFA22N65X2	22	0,15	2190	37,00	145	390	0,32	TO-263AA	
IXFP22N65X2	22	0,15	2190	37,00	145	390	0,32	TO-220AB	
IXTP24N65X2	24	0,15	2060	36,00	390	390	0,32	TO-220AB	
IXTA24N65X2	24	0,15	2060	36,00	390	390	0,32	TO-263AA	
IXTH24N65X2	24	0,15	2060	36,00	390	390	0,32	TO-247	
IXFH34N65X2	34	0,10	3230	56,00	164	540	0,23	TO-247	
IXFA34N65X2	34	0,10	3230	56,00	164	540	0,23	TO-263	
IXTT34N65X2HV	34	0,10	3000	54,00	390	540	0,23	TO-268HV	
IXTP34N65X2	34	0,10	3000	54,00	390	540	0,23	TO-220AB	
IXTA34N65X2	34	0,10	3000	54,00	390	540	0,23	TO-263AA	
IXTH34N65X2	34	0,10	3000	54,00	390	540	0,23	TO-247	
IXFP34N65X2	34	0,10	3230	56,00	164	540	0,23	TO-220	
IXFH46N65X2	46	0,07	4570	98,00	180	660	0,19	TO-247	
IXTH48N65X2	48	0,07	4300	76,00	400	660	0,19	TO-247	
IXTR102N65X2	54	0,03	10900	152,00	450	330	0,38	ISOPLUS247	
IXFH60N65X2	60	0,05	6300	108,00	180	780	0,16	TO-247	
IXFT60N65X2HV	60	0,05	6300	108,00	180	780	0,16	TO-268HV	
IXTH62N65X2	62	0,05	5800	100,00	445	780	0,16	TO-247	





IXTN102N65X2	76	0,03	10900	152,00	450	595	0,21	SOT-227	
IXFN100N65X2	78	0,03	10800	183,00	200	595	0,21	SOT-227	
IXFK80N65X2	80	0,04	8300	140,00	200	890	0,14	TO-264P	
IXTH80N65X2	80	0,04	7800	137,00	465	890	0,14	TO-247	
IXFT80N65X2HV	80	0,04	8300	140,00	200	890	0,14	TO-268HV	
IXFH80N65X2	80	0,04	8300	140,00	200	890	0,14	TO-247	
IXFX100N65X2	100	0,03	10800	183,00	200	1040	0,12	PLUS247	
IXFK100N65X2	100	0,03	10800	183,00	200	1040	0,12	TO-264P	
IXTK102N65X2	102	0,03	10900	152,00	450	1040	0,12	TO-264P	
IXTX102N65X2	102	0,03	10900	152,00	450	1040	0,12	PLUS247	
IXFN120N65X2	108	0,02	14000	240,00	220	890	0,14	SOT-227	
IXFX120N65X2	120	0,02	14000	240,00	220	1250	0,10	PLUS247	
IXTK120N65X2	120	0,02	13600	230,00	505	1250	0,10	TO-264P	
IXFK120N65X2	120	0,02	14000	240,00	220	1250	0,10	TO-264P	
IXTX120N65X2	120	0,02	13600	230,00	505	1250	0,10	PLUS247	
IXFN150N65X2	145	0,02	21000	355,00	260	1040	0,12	SOT-227	
IXFB150N65X2	150	0,02	21000	355,00	260	1560	0,08	PLUS264	
IXFN170N65X2	170	0,01	27000	434,00	270	1170	0,11	SOT-227	



НОВАЯ СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМАЯ ОБЛАЧНО ОРИЕНТИРОВАННАЯ ПЛАТФОРМА РАЗРАБОТКИ ОТ MICROCHIP ОБЛЕГЧАЕТ ПРОСТОЕ НАЧАЛО РАБОТЫ С СЕМЕЙСТВОМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ PIC®

Ключевые особенности:

- самая универсальная в отрасли онлайн среда разработки MPLAB® Xpress IDE;
- только облачно ориентированная среда IDE с Code Configurator;
- аппаратная платформа соединяет ПК, laptop или планшет через USB с макетной платой Microchip MPLAB Xpress;
- разработчик может создавать приложения, проводить симуляцию, компилировать и отлаживать коды МК;
- для начала работы не требуется ничего загружать, входить в систему и настраивать ее;
- представлена на стенде Microchip Hall 1, Booth 1-510 на Embedded World.

Microchip анонсирует среду MPLAB® Xpress Cloud-based Integrated Development Environment (IDE). Эта онлайн платформа разработки является кратчайшим путем освоения семейства микроконтроллеров (МК) PIC®. Для начала работы не требуется ничего загружать, входить в систему и настраивать ее. Свободно распространяемая, популярная, удостоенная наград среда разработки MPLAB X IDE предоставляет наиболее полный в отрасли набор функций, в том числе библиотеки Microchip и апробированные примеры кодов. Связь с MPLAB Code Configurator (MCC) 3.0 базируется на графическом интерфейсе пользователя GUI. Программист может работать со средой на подключенных к интернету ПК, ноутбуке или планшете, ему доступны конфигурирование периферии, автоматическая генерация кодов, интегрированный компилятор MPLAB XC, аппаратный программатор/отладчик и 10 Гбайт хранилища

защищенных данных в аккаунте myMicrochip. Пользователи могут легко переносить свои проекты в полную, загружаемую среду MPLAB X IDE. Кроме того, в сообществе MPLAB Xpress разработчики могут обсудить свои проблемы и обменяться опытом.

Аппаратная часть облачной платформы поддерживается посредством соединения через USB ПК, ноутбуков и планшетов с макетными платами MPLAB Xpress. Эти платы имеют встроенный программатор, а на PIC16F18855 MCU установлен еще и разъем mikroBUS™ для расширения с более чем 180 платами Click™ MikroElektronika. MPLAB Xpress IDE поддерживает макетную плату Microchip Curiosity (экономичный и эффективный инструмент с интегрированными программатором и отладчиком), а также позволяет реализовать подключение внешних плат. Описываемую онлайн среду разработки можно использовать с популярным внутрисхемным программатором/отладчиком Microchip PICkit™ 3, который совместим более чем с 1000 МК PIC.

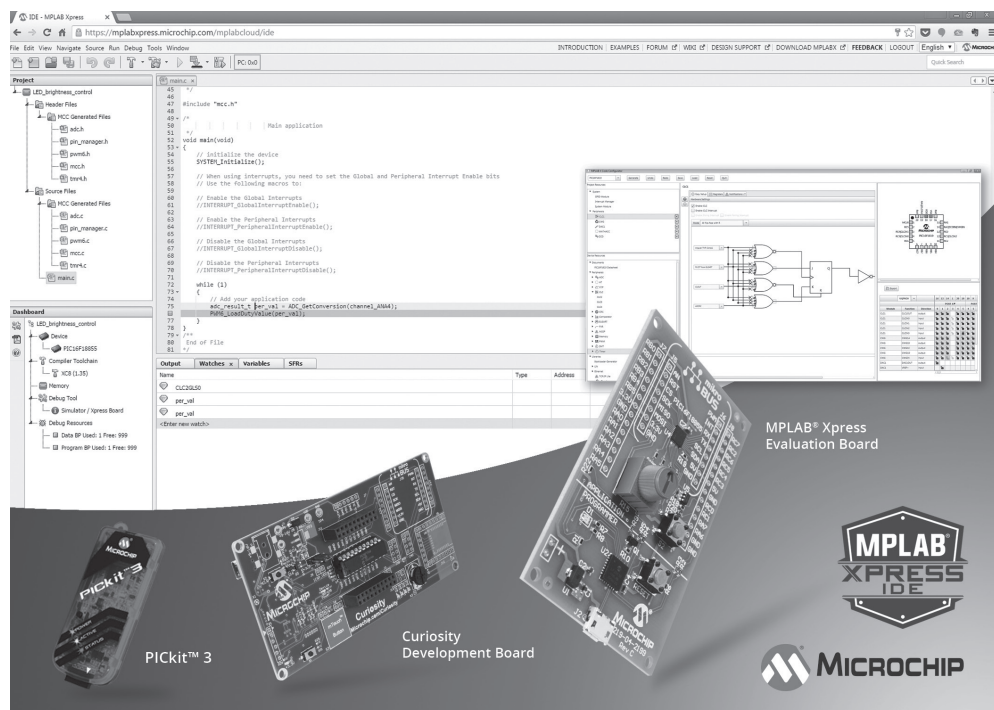
Веб-среда MPLAB Xpress не требует инсталляции и позволяет пользователю создавать приложения в течение нескольких минут. Пользователь может открыть браузер и быстро сгенерировать код с помощью MPLAB Code Configurator, который интегрирован в MPLAB Xpress. Такая функция недоступна ни одной другой облачной среде разработки. Пользователь может протестировать код с помощью симулятора, скомпилировать код, а затем запрограммировать МК и провести отладку программы.

Сообщество MPLAB Xpress поможет пользователю быстро начать проект и решить проблемы, а также вдохновит других, разделив с ними знания и идеи. В разделе «Примеры» разработчику обеспечен простой поиск и доступ к кодам, разработанным и проверенным инже-

нерами Microchip, например, начальные установки, базовые функции, улучшенные проекты. Разработчик может добавить к этой базе знаний любой из своих проектов, и он станет доступен остальной части сообщества. Для удобства дальнейшего общения и обсуждений, посвященных MPLAB Xpress, доступен форум пользователей в Wiki.

Чтобы получить доступ к MPLAB Xpress, смотрите специальное видео, закажите один из свободно распространяемых, но имеющих в ограниченном количестве оценочных комплектов MPLAB Xpress, или получите дополнительную информацию на стенде Microchip на Embedded World booth (Hall 1: Booth 1-510).

microchip.com





СЕМЬ СМЕРТНЫХ ГРЕХОВ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Полупроводниковые приборы находят свое применение во многих сферах силовой электроники, где необходимы контроль и сохранение высоких мощностей. В конструкторских отделах предприятий прилагаются огромные усилия, чтобы разработанное сотрудниками оборудование могло надежно работать длительное время и соответствовало требованиям на практике.

■ **WERNER BRESCH**, генеральный директор GvA Leistungselektronik

Возникающие при этом дополнительные расходы на разработку оборудования довольно высоки, как и стоимость самого оборудования. При этом удивительным является факт наличия недоработок или конструктивных упущений, сводящих на «нет» предшествующие старания.

Зачастую приходится подчиняться необходимости минимизации производственных затрат. Однако в этом есть одно «но». Нередко экономия может составить пару центов и как раз на том, на чем экономить вообще не следовало бы.

Рассмотрим наиболее распространенные проблемы.

Зажимные системы полупроводниковых приборов увеличивают производительность

Казалось бы, тема уже давно забыта. Но практика постоянно показывает, что целесообразность применения систем зажимных приспособлений вызывает сомнения. Нередко, исходя из задач снижения себестоимости, создают конструкции, в которых применяется только один стягивающий болт для монтажа двух таблеточных приборов (например, при конфигурации силового ключа W1C). Между тем, хорошо сделанное прижимное приспособление обеспечивает несколько более высокую финансовую отдачу, если вследствие этого могут предотвращаться потенциальные выходы из строя приборов.

Чтобы понять, почему система прижима должна соответствовать определенным требованиям, необходимо знать внутреннее устройство приборов в таблеточном исполнении.

Внутри таблеточного прибора находится кремниевая пластина, которая либо сплавлена со стороны анода с молибденовым диском, либо находится незакрепленной между двумя молибденовыми дисками (так называемый «полностью прижимной контакт»).

Молибденовые диски, в свою очередь, расположены между анодом и катодом корпуса, и тоже не закреплены. Между молибденом и медью расположена тонкая фольга, сделанная, например, из серебра, которая служит в качестве пластичной прослойки между отдельными внутренними материалами, что является важным условием для значений теплового переходного сопротивления, которые указаны в техническом паспорте. В настоящее время производятся таблеточные приборы с диаметром элемента от 20 мм до 150 мм. Безусловно, расходы на прижимное приспособление для прибора с элементом диаметром 150 мм должны быть выше, чем на 20-миллиметровый.

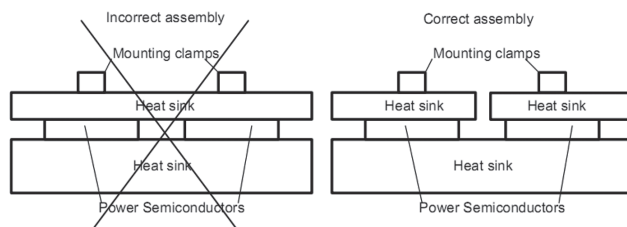


Рисунок 1 – Прижимное приспособление 50 кН с индикатором сжатия, балансиром, распределителем давления и изолятором, а также охладителем, дисковыми элементами и массивным опорным подшипником

Прижимные приспособления должны соответствовать следующим требованиям:

- безопасная электрическая изоляция от анода к катоду, в зависимости от обратного напряжения действующего силового полупроводника, и возникающего отсюда порогового напряжения.

- обеспечение необходимого усилия сжатия – до 180 кН, в зависимости от размера полупроводникового элемента. Подшипники не должны деформироваться под действием нагрузки. Стягивающие болты должны выдерживать соответствующую нагрузку. Пружинные элементы не должны ломаться.

- подшипники, распределитель давления, изолятор и другие компоненты со стороны анода и компоненты радиатора со стороны катода должны иметь хорошую устойчивость к длительному сдавливанию и к высоким температурам. Встроенные материалы не должны выпадать при сжатии. Это особенно применимо к так называемым «выпрямительным столбам» (несколько таблеточных приборов в одном прижимном приспособлении). Выпрямительные столбы никогда не встраиваются в коммутаторный шкаф с приборами управления горизонтально, так как сила тяжести может сломать кремниевую подложку в таблеточных приборах.

- давление контактов должно равномерно распределяться по контактной поверхности прибора. Ни в коем случае нельзя рассредоточивать его асимметрично или только местами. Делитель давления подходит для «таблеточных» приборов большого диаметра.

- давление контактов должно распределяться симметрично по контактным поверхностям таблеточного прибора, даже когда стягивающие болты затянуты неравномерно. Помимо уже упомянутого распределителя давления, при монтаже таблеточных приборов большого диаметра рационально будет применить дополнительный балансир



во избежание неравномерного распределения усилия сжатия. Чтобы не повредить кремниевую пластину, нужно затягивать стягивающие болты осторожно и равномерно.

Необходимо предусмотреть возможность безопасного распределения усилия сжатия с учетом значений всех допусков материалов, используемых в прижимных системах.

Используемые при сжатии материалы и компоненты, в особенности распределитель давления, изоляторы, подшпильники и контактные поверхности радиаторов должны быть плоскопараллельными.

1) Прижимное приспособление должно быть в состоянии обеспечить необходимое воспроизводимое усилие сжатия.

2) В идеале система прижима должна была бы иметь индикатор давления. Это ускоряет процесс смены вышедших из строя силовых полупроводников у конечного потребителя, так как обеспечить усилие сжатия без специализированного инструмента довольно сложно.

3) Стоит избегать слабо зафиксированных (только один стягивающий болт) или туго фиксированных (четыре стягивающих болта) прижимных систем.

4) Принимать во внимание длину центрирующих болтов. Они должны быть короче, чем глубина центрирующего отверстия на контактной поверхности таблеточного прибора.

5) Гайки стягивающих болтов необходимо закручивать попеременно с максимальным шагом в $\frac{1}{4}$ оборота. Обращать внимание на допустимый предел прочности на растяжение болтов и гаек! При необходимости нужно использовать болты с мелкой резьбой (можно порекомендовать для таблеточных приборов с диаметрами > 3 дюймов).

6) Используемые в прижимном приспособлении радиаторы должны соответствовать параметрам: быть плоскопараллельными, иметь шероховатость (не более 10 мкм) соответствующую контактным поверхностям таблеточного прибора. Рекомендуется применение небольшого слоя теплопроводной пасты.

Вечная история о теплопроводящей пасте

Прежде чем затронуть данную тему, следует отметить, что зачастую понятие «теплопроводящая паста» трактуется неверно. Если нанести слишком много пасты по принципу «чем больше, тем лучше», то значительно возрастет тепловое сопротивление между полупроводником и радиатором. Нанеси пасты поменьше – и получишь тот же самый результат. В обоих случаях это может привести к тепловой перегрузке из-за недостаточного теплоотвода. Это утверждение действует как для дискретных полупроводников, так и для модулей.

В идеале между силовым полупроводником и охладителем должен быть сплошной, равномерный металлический тепловой переход с минимальной плоскостностью и без воздушных карманов. На практике такие переходы изготовить не представляется возможным из-за высоких затрат на качественную шлифовку поверхностей. Кроме того, приборы в модульном исполнении могут иметь небольшой изгиб оснований. Это связано с воздействием сил, действующих прижимающими винтами внутри модуля. У модулей с запаяными контактными чипами может образоваться выпуклое основание, а у модулей с прижимным

контактом имеется выпуклое и вогнутое основание, что происходит из-за воздействия сил, действующих прижимающими винтами внутри модуля.

Сами поверхности охладителей не являются абсолютно плоскими. Это справедливо для всех охладителей, которые используются для дискретных полупроводниковых приборов в штыревом, таблеточном и модульном исполнении. При монтаже приборов на охладитель неизбежно появление воздушных пузырей. При этом необходимо знать – теплопроводность воздуха в 200 раз ниже, чем у хорошей термопасты.

Применение термопасты должно предотвратить появление воздушных пузырей: убедитесь, что обеспечено указанное в спецификации значение для теплового сопротивления перехода корпуса от прибора к охладителю.

Рекомендации по правильному нанесению термопасты

Для разных модулей и дискретных полупроводниковых приборов применяются разные термопасты. У дискретных приборов необходимо, помимо отвода тепла, также снимать ток через те же самые контактные поверхности. Для силовых модулей с электрически изолированным основанием термопасты с оптимальными характеристиками не годятся.

Для дискретных полупроводниковых приборов подходят такие термопасты, как Bechem Rhus; для модулей – например, DC340 (Dow Corning) или P12 (Wacker).

Убедитесь, что паста свободна от примесей и посторонних частиц. Применение загустевшей или застывшей термопасты не допускается.

Не полностью израсходованную термопасту нужно утилизировать.

Нанесение термопасты – особая наука. Пасту можно нанести на поверхности самого прибора или на поверхности охладителя. В зависимости от использованных в пасте наполнителей (графит, серебро, оксид цинка) наносятся оптимальные слои толщиной от 30 до 100 микрон. Выбор метода нанесения термопасты во многом зависит от числа монтируемых полупроводниковых приборов. Важно, чтобы нанесение было воспроизводимым, с целью обеспечить одинаковые тепловые сопротивления перехода от корпуса прибора к охладителю.

Раскатывание термопасты

Этот метод оптимален для сборок небольших и средних объемов. Для того чтобы избежать чрезмерной толщины слоя, этот процесс должен проводиться специально обученным и опытным персоналом. Термопаста наносится резиновым валиком на поверхность прибора или охладителя.

Нанесение пасты вручную через трафарет или шаблоны

Этот метод подходит для средних и больших объемов сборок.

Благодаря формированию рисунка трафаретом или шаблоном исключается опасность неравномерного нанесения пасты и улучшается воспроизводимость нанесения.

Автоматизированное нанесение через принтер. При необходимости производства большого объема сборок

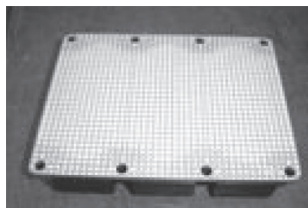


Рисунок 2 – Нанесение термопасты на IGBT-модуль посредством трафаретной печати

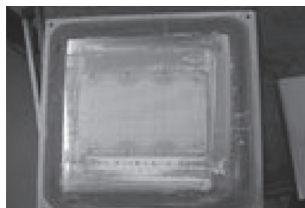


Рисунок 3 – Термопаста нанесена на поверхность IGBT-модуля

имеет смысл инвестиций в автоматизированное нанесение термопасты. Отклонения от нормы в процессе нанесения исключаются, что является хорошей воспроизводимостью толщины слоя термопасты.

Какой метод использовать. Целесообразно проверить на соответствие толщину слоя термопасты после нанесения.

На силовой полупроводник наносят тепловую пасту, затем прибор монтируется на охладитель с номинальным моментом затяжки или силой сжатия. Сборка должна выстояться несколько часов и по возможности быть подвергнута нескольким температурным режимам (например, 25°C/100°C). После этого прибор осторожно демонтируется из охладителя и оценивается получившийся отпечаток термопасты. Если видны непокрытые термопастой поверхности прибора, слой был слишком тонкий. Если поверхности прибора по всей площади покрыты термопастой и металл просвечивается через термопасту, толщина слоя соответствует норме. Если поверхности прибора не просвечивают через термопасту, слой слишком толстый.

К норме можно приблизиться практическим путем - наносить слои термопасты различной толщины, начиная, например, с 50 мкм с шагом 10 мкм в порядке возрастания. Толщина слоя может быть определена наиболее просто с помощью микрометра либо специальной калиброванной гребенки.

Спецификация выходит на первый план

Нет необходимости обсуждать отдельно каждую из указанных в спецификации величин. Более важным является то обстоятельство, что некоторые полупроводниковые приборы при одинаковых внешних условиях и рабочих режимах вдруг выходят из строя.

Основой для каждой спецификации прибора является спецификация производителя, которая, в свою очередь, может являться копией спецификации продукта. Но может быть и так, что по политическим причинам или по причинам безопасности спецификации производителя сформулированы более строго, чем спецификации продукта. Это так называемый «скрытый резерв», который необходим полупроводниковому прибору, чтобы обеспечить приемлемое ожидаемое время эксплуатации. Это не касается покупателя, для него действуют данные, указанные в спецификации продукта, но следует принять во внимание, что эти данные действительны только при указанных условиях.

Если фактические условия эксплуатации отличаются от указанных в спецификации продукта, то данные спецификации продукта следует трактовать соответствующим образом, например, расчет допустимой точки нормальной работы различными расчетными методами.

Неверная интерпретация данных спецификации может привести к тому, что пользователь будет эксплуатировать прибор в таком режиме, работа в котором по физическим свойствам прибора возможна, но не гарантируется спецификацией продукта. Причем внутри каждой партии приборов по каждому заданному параметру присутствует определенный разброс значений, которые при определенных обстоятельствах могут быть близки, и могут быть представлены в виде кривой распределения. Кривые показывают полный спектр распределения значений параметров, возникающий вследствие технологического процесса.

При неоднозначной интерпретации данных спецификации есть определенная опасность при изменении процесса по производственной необходимости или при оптимизации, получить приборы, которые соответствуют данным спецификации производителя и спецификации товара, но при эксплуатации не работают или отказывают. Это справедливо и для случаев, когда по причине проблем с доставкой на первый план выходит конкурентный продукт.

Типичным и повторяющимся примером может служить отпирающий постоянный ток управления I_{gt} . В спецификации даны величины отпирающего тока, которые, к сожалению, при предельных условиях (обычно при комнатной температуре и при напряжении анод-катод в 6 В, а также при минимальной длительности импульса управления в 20 мкс) могут сжечь тиристоры.

Это значит, что большая часть тириستоров имеет ток отпирания, который по значению находится значительно ниже данных указанных в спецификации. Ограничения также показывают, что такое значение тока имеет мало общего с условиями эксплуатации.

Значения тока отпирания при эксплуатации можно узнать при введении di/dt . При этом обычно требуется введение пятикратного значения скорости нарастания I_{gt} от 1А/μс и более длинных управляющих импульсов или повторных импульсов.

Если пользователь вынужден по причинам экономии электроэнергии (слабые драйвера обходится дешевле) все тиристоры включать ниже границы I_{gt} , указанной в спецификации, автоматически возникают следующие проблемы:

- Тиристоры не включаются при низких температурах. Могут возникнуть проблемы в работе.

- Включение тиристоров не происходит при типичных в производстве скоростях нарастания рабочего тока.

- Длительные простои могут привести к отказам по di/dt .
- Повышение уровня отпирающего тока по сравнению с имеющимися в большинстве случаев невозможно.

- При изменении техпроцесса «новый» тиристор, возможно, нельзя будет включить, хотя соответствие параметрам спецификации продукта было соблюдено.

- Применение тиристоров от других производителей может оказаться невозможным, хотя они могут быть с такими же или более низкими показателями I_{gt} по спецификации.

Сказанное также справедливо, когда в оборудовании полупроводники необходимо эксплуатировать в последовательном либо параллельном включении.

При этом должны быть использованы свойства полупроводников, которые по стандарту не могут быть гарантированы в спецификации продукта. Пока приборы выходят



из одной партии, разница между двумя необходимыми параметрами для соответствующего применения может быть настолько мала, что последовательное или параллельное включение будет функционировать. Но исключительно велика опасность сбоев в работе по причине использования неоговоренных в спецификации свойств, при одновременном применении приборов из разных партий.

Термические расчеты определяют размеры прибора

Наиболее важным аспектом в развитии силовой электроники является расчет тепла, так как это существенно определяет физические габариты системы. Необходимые в производстве токи нагрузки формируют мощность потерь в полупроводнике, которую необходимо рассеивать в виде теплоты через охладитель. В основном используется воздушное или жидкостное охлаждение. Конечно, возникающие токи нагрузки должны быть известны, чтобы точно определить потери и – тем самым – размер охладителя и тип охлаждения. Условия перегрузки должны быть в такой же степени известны по величине и времени, как и значения нагрузки при эксплуатации при минимальном напряжении.

Не менее важным является знание условий производства силовых полупроводников. Таким образом, устройства силовой электроники, которые подвергается быстро меняющимся сильным скачкам нагрузки, подлежат совершенно иным расчетам по теплу, чем те, которые непрерывно с небольшими изменениями нагрузки работают изо дня в день. При этом важную роль играет автоматическая сборка выбранных полупроводников и связанные с этим долгосрочные эксплуатационные свойства. Поэтому силовые полупроводниковые приборы разных производителей могут быть использованы в качестве альтернативы, чтобы избежать монополии.

Все эти факторы должны быть учтены для того, чтобы правильно сделать расчеты.

Если требуемая нагрузка указана неправильно, рабочий режим оценен ошибочно или полупроводники выбраны неверно, может случиться, что расчетный охладитель будет обеспечивать недостаточное охлаждение.

Поэтому постоянно производятся расчеты, которые используют скрытые резервы силовых полупроводниковых приборов, чтобы выдерживать режимы нагрузки. Тогда полупроводник работает в описанных критических «серых зонах». Осуществить же такие расчеты не заранее, а постфактум – процесс очень трудоемкий, зачастую невозможный по техническим причинам, что приводит порой к экзотическим попыткам устранения проблемы, таким как, например, золочение контактных поверхностей используемых полупроводников.

Резервы положительно влияют на длительные характеристики и надежность

Мнение, что СПП свободны от износа и старения, в данном случае не верно. Например, кремниевая пластина в приборе по-разному реагирует на различные напряжения

нагрузки. То есть, непрерывное напряжение постоянного тока нагружает кремний гораздо сильнее, чем напряжение переменного тока той же величины.

Кроме того, существует риск повреждения кремния из-за жесткого космического излучения, который тем выше, чем выше характеристики кремния по напряжению. Через соответствующие резервы в расчетах напряжения можно легко учесть данные риски и минимизировать их, если это было принято во внимание на стадии разработки. Производители силовых полупроводников проводят регулярные проверки надежности в форме тестов «напряжение - нагрузка» (ждущий режим) для выявления долгосрочной устойчивости приборов. Силовые полупроводниковые приборы подвергаются испытаниям на определенное время и температуру с напряжением постоянного и переменного тока.

Обратный ток при этом регистрируется, и должен при этом показывать наиболее стабильные значения.

Как уже ранее было упомянуто, силовые полупроводниковые приборы состоят из нескольких материалов. Материалы, из которых изготавливают тиристоры в таблеточном исполнении, мы уже описали; что касается модулей, то у них во многих случаях основанием является медная пластина, на которую «сажают» кремниевую пластину.

Различают технологии монтажа модуля с паяными и прижимными контактами. У IGBT модулей по-прежнему уязвимым местом является технология пайки чипа. Если данный набор компонентов циклически нагревается при переменной нагрузке, то различные материалы компонентов расширяются по-разному. Площади перехода нагружаются, тепловое сопротивление перехода начинает подниматься, токовые резервы и резервы блокирующих характеристик медленно истощаются. Иногда бывает так, что полупроводник отказывается по причине износа. Таким образом, время жизни прибора зависит от технологии.

При том же диапазоне температур можно рассчитывать на TO247- и Isotor-корпуса около 10 000 циклов смены нагрузки, у IGBT модулей в зависимости от конструктивного исполнения около 100 000 и у дисковых компонентов около 1 миллиона. Производители силовых полупроводников подтверждают эту устойчивость к перепадам нагрузок через испытательные тесты и документируют их.

Для расчетов в силовой электронике эта информация имеет первостепенное значение. В то время как привод вентилятора при определенной нагрузке и диапазоне температуры работает год за годом, привод лифта может иметь срок работы при тех же нагрузках несколько недель. Если применение требует частых смен нагрузки, и мощность нельзя уменьшить, то необходимо уменьшить диапазон температур. Добиться этого можно путем расчета с повышенным запасом прочности приборов – по сравнению с требуемой мощностью. Это может быть реализовано, когда есть возможности для лучшего охлаждения и размещения более крупных IGBT модулей в преобразователе.

Биполярные полупроводниковые приборы. Сила – это все

Биполярные полупроводники управляются током. Чтобы иметь возможность обеспечить требуемый отпирающий ток, нужна мощная схема управления.



На практике, однако, нередко можно найти схемы управления, которые из-за скудных расчетов не соответствуют минимальным требованиям. Напряжение питания зачастую устанавливается слишком низким, 12 В. То же самое относится к используемым источникам питания. Тем самым без необходимости сужаются возможности оптимизации или вообще исключается применение возможных альтернатив приборов, потому что они, возможно, имеют более высокий отпирающий ток.

Можно расслабиться и исключить все вышеуказанные проблемы при напряжении питания, например, 24 В в сильном блоке питания, устойчивом к току короткого замыкания и с трансформатором отпирающего импульса, который способен передавать мощные отпирающие импульсы с длительностью 250 мкс с частотой повторений около 2 кГц.

Bi-MOS полупроводниковые приборы. Управляй силой

Bi-MOS приборы управляются напряжением. При подаче положительного управляющего напряжения 15 В прибор включается; если убрать управляющее напряжение, выключается. Управление очень простое и практически без потерь мощности.

Естественно, такое простое управление не потребует больших затрат, что находит свое отражение во многих конструкциях плат драйверов. Однако, на самом деле, платы драйверов – техническая ключевая позиция во всей конструкции инвертора – очень сложны. Ни у каких других

силовых приборов ошибки конструкции плат драйверов не трансформируются так сильно в общую конструкцию, как у IGBT.

Зачастую платы драйверов при номинальном напряжении питания могут выдавать в цепь управления IGBT управляющий сигнал на уровне всего 12-13 В, либо источник питания разогревается на требуемых частотах переключения, потому что для больших IGBT часто требуется значительный уровень мощности, для которого драйвер не может выдать достаточно большие пики тока в цепь управления для минимизации потерь при переключении.

Такие платы драйверов не позволяют принять меры по оптимизации потерь при переключении, по контролю тока перегрузки и отключению при коротком замыкании тока. Единственным решением остается полная переделка, которая должна быть адаптирована к выбранным размерам IGBT и учитывать следующие требования:

- гарантированное обеспечение напряжения управляющего электрода +/- 15V_B даже при низком значении напряжении питания;
- расчеты в соответствии с нагрузкой источника питания;
- высокая способность импульсного тока для возможности жесткой настройки управляющего электрода, оптимизированной по потерям переключения;
- высокий уровень защиты по dv/dt ;
- никакой проходной емкости!
- универсальность для применения с IGBT одинакового типоразмера, но различных производителей.

proton-electrotex.com

Контрактное производство электроники



Группа компаний Rainbow состоит из нескольких компаний, расположенных в Российской Федерации, Украине и Республике Беларусь, имеющих огромный опыт разработки и производства электроники.

Компания «Элконтракт» входит в Rainbow Group of Companies, расположена в Беларуси, выполняет все основные технологические операции по контрактному производству электроники:

- ручной монтаж DIP-компонентов;
- поверхностный монтаж на системах для автоматической установки smd-компонентов;
- нанесение паяльной пасты с использованием специальных трафаретных установок;
- пайка плат с использованием полно-конвекционных конвейерных печей с электронным поддержанием температурных профилей пайки;
- оптический контроль готовых изделий после монтажа;
- отмывка печатных плат после монтажа при помощи УЗ-ванн с последующей сушкой или использование безотмывочных паяльных материалов;
- наладка и регулировка готовых изделий согласно программам и методикам заказчика;
- изготовление кабельной продукции;
- сборка изделий в корпуса;
- упаковка готовых изделий в соответствии с требованиями КД заказчиков в картонную гофротару.

Комплексная подготовка производства электроники производится нами на всех этапах, от технологического контроля КД, разработки техпроцессов изготовления изделий и до изготовления трафаретов и специальной оснастки. При необходимости мы готовы поставить комплектующие изделия для электронных плат, включая печатные платы, то есть полностью укомплектовать и изготовить изделие.

Опыт и современное оборудование позволяют нам давать безусловную гарантию на свои работы.

rainbow.by, elcontract.com

211440, Республика Беларусь, Витебская область,
г. Новополоцк, проезд Заводской, д.24, оф.8,

тел.: 8-0214-55-05-42, тел./факс: 8-0214-55-17-91,
elcontract@gmail.com, smd@rainbow.by

УНП 391481965



MICROCHIP ВЫВОДИТ НА РЫНОК ЭКОНОМИЧНОЕ СЕМЕЙСТВО PIC32 С УЛЬТРАНИЗКИМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ И НЕЗАВИСИМОЙ ОТ ЯДРА ПЕРИФЕРИЕЙ

Ключевые особенности:

- новое семейство PIC32MM отлично подходит для «Интернета вещей», потребительского сегмента, промышленных приложений и электропривода;
- первое семейство PIC32 с независимой от ядра периферией;
- разгружает ЦПУ, уменьшает энергопотребление и упрощает проектирование;
- поддерживает приложения, ограниченные по мощности потребления и размерам. Потребление в режиме сна не более 500 нА. Производятся в компактном корпусе 4×4 мм.

Microchip анонсирует семейство экономичных 32-разрядных микроконтроллеров (МК) PIC32MM с самым низким энергопотреблением из всех 32-разрядных МК своей продуктовой линейке. Новые МК служат своеобразным мостом между популярными семействами PIC24FXLP и PIC32MX. Новое семейство первое среди PIC32 имеет независимую от ядра периферию, что позволяет разгрузить ЦПУ, уменьшить энергопотребление и упростить проектирование. МК PIC32MM поддерживаются Microchip MPLAB® Code Configurator (MCC), что позволяет упростить и ускорить проектирование.



Современные встраиваемые приложения, ориентированные на «Интернет вещей», потребительский сегмент, промышленные приложения и электропривод, нуждаются в экономичных гибких МК с низким энергопотреблением и малыми размерами. Новые МК в режиме

сна потребляют не более 500 нА и отлично подходят для приложений, где важны низкое энергопотребление и длительный срок службы батарей. МК производятся в корпусе размером 4×4 мм и могут использоваться в системах, имеющих ограничения по размеру. В состав МК входит независимая от ядра периферия: конфигурируемые логические ячейки (CLC), ШИМ с захватом-сравнением и несколькими выходами, которые облегчают бездатчиковое управление электроприводом с бесщеточными двигателями постоянного тока

Чтобы облегчить и ускорить освоение новых МК PIC32MM, производится модуль плагин (MA320020) стоимостью 25 долл. США. Этот плагин используется совместно с макетной платой Explorer 16 (DM240001) стоимостью 129,99 долл. США. Все семейство PIC32MM поддерживается экосистемой MPLAB, в том числе MPLAB X IDE и компилятором XC32. Конфигуратор MPLAB Code Configurator, являющийся плагином MPLAB X, упрощает конфигурирование периферии и распределение периферийных модулей по выводам микросхемы.

В течение ограниченного срока можно приобрести PIC32MM PIM (MA320020) за 25 долл. США, а плату Explorer 16 – за 89,99 долл. США, что позволит сэкономить 40 долл. США.

МК семейства PIC32MM доступны для приобретения больших серий и производятся в 20-выводных корпусах QFN и SSOP, в 28-выводных корпусах µQFN, QFN, SOIC, SSOP, SPDIP, в 36-выводном корпусе QFN и 40-выводном корпусе uQFN. В зависимости от модификации объем флэш-памяти составляет 16 Кбайт; 32 Кбайт; 64 Кбайт.

microchip.com



ТУП «АЛЬФАЧИП ЛИМИТЕД»

Официальный представитель мировых производителей



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

УНП 192525135



ГЕНЕРАЦИЯ ПЛАЗМЫ

В профессиональных обсуждениях часто поднимается тема плазмы как современного инструмента высокотехнологичных производств, позволяющего существенно улучшать характеристики выпускаемых изделий. Что же такое плазма вообще? Какие виды плазмы бывают, чем они различаются и какие из них лучше подходят для того или иного применения?

■ **СЕРГЕЙ ЛЕВАНОВ**, инженер-технолог по микроэлектронике, компания «Диполь»

Термин «плазма» знаком многим, любим писателями-фантастами и режиссерами блокбастеров, но что же в действительности кроется под этим звучным именем? Плазма — это частично или полностью ионизированный газ (аргон, кислород, азот, водород или другие), то есть газ, состоящий из нейтральных атомов или молекул и заряженных частиц, ионов и электронов. По сравнению с обычным газом основное преимущество плазмы заключается в том, что благодаря наличию свободных мест на внешних электронных оболочках атомы/молекулы плазмы химически более активны. Именно эта особенность позволяет им так эффективно взаимодействовать с частицами других материалов. Для ионизации газа необходимо передать ему энергию, а для этого существует множество способов, таких как нагрев и облучение. Но наиболее распространен способ получения плазмы с помощью электрического газового разряда. Газовый разряд представляет собой газовый промежуток, к которому приложена разность потенциалов. В промежутке образуются заряженные частицы, которые движутся в электрическом поле, создавая ток.

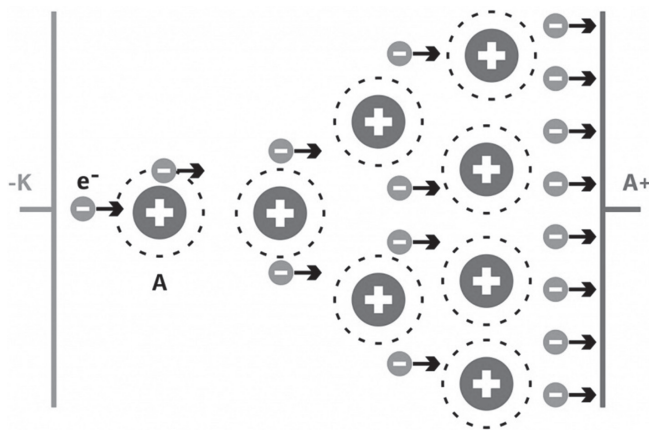


Рисунок 1 – Схема газового разряда

Есть несколько видов газового разряда: искровой, дуговой и тлеющий. Все они нашли то или иное применение в современной технике, но наибольшее распространение получил тлеющий разряд. Всем знакомые светящиеся рекламные колбы, лампы дневного света, покрытые изнутри люминофорами сложного состава, представляют собой многочисленные варианты применения плазмы тлеющего разряда. Все установки

плазменной обработки поверхности в микроэлектронике также используют тлеющий разряд.

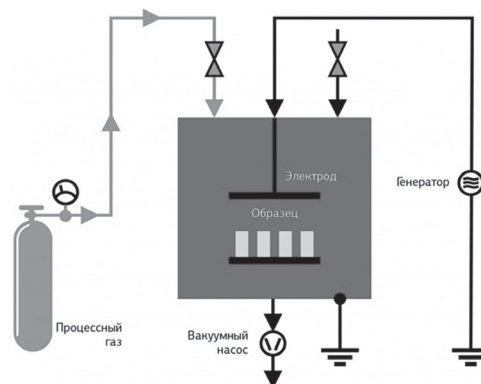


Рисунок 2 – Схема установки плазменной обработки с НЧ-генератором

Для получения тлеющего газового разряда необходим газ, герметичная камера, в которой создано пониженное давление с помощью вакуумного насоса, генератор и два электрода. В камеру запускается газ так, чтобы итоговое давление в камере оставалось ниже атмосферного (примерно 10–2 мм рт. ст.), и включается генератор. Между электродами возникает переменное электромагнитное поле, которое передает энергию частицам газа, вследствие чего происходит их ионизация и зажигается разряд. Параметры разряда в значительной степени зависят от характеристик генератора, создающего электромагнитное поле.

Существует три основных типа генераторов:

1) Низкочастотный генератор (НЧ). Самый простой и надежный по конструкции и универсальный по применению. Используется в основном для «жесткой» быстрой очистки образцов (пластины, подложки, детали и т.д.) от загрязнений перед последующими операциями. Низкочастотными принято считать генераторы килогерцового диапазона (обычно 40, 80 или 100 кГц). Схема установки с таким генератором аналогична представленной на рисунке 2.

2) Высокочастотный генератор (ВЧ). Традиционно частота ВЧ-генераторов составляет 13,56 МГц. ВЧ-генераторы имеют особенность, заключающуюся в необходимости их согласования для максимального увеличения падающей мощности и минимизации отраженной. Из-за наличия устройства согласования



(ручного или автоматического) данный тип генератора более дорогой, чем НЧ, и менее надежный. Однако у него есть важное преимущество — способность создавать «мягкую» плазму, которая не повреждает даже чувствительные элементы на обрабатываемых образцах (например, открытые кристаллы на микросборках или легированные области в полупроводниковых пластинах). Принципиально устройство установки с таким генератором мало отличается от представленной на рисунке 2, разница заключается только в наличии согласующих конденсаторов.

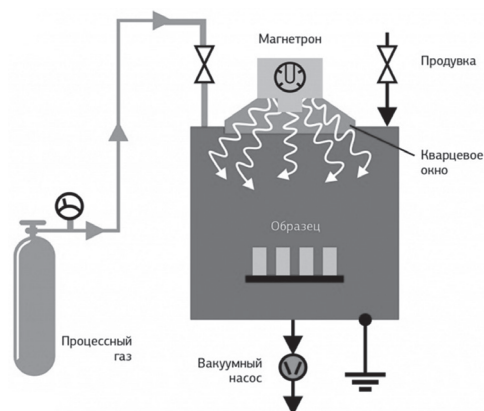


Рисунок 3 – Схема установки плазменной обработки с СВЧ-генератором

3) Сверхвысокочастотный генератор (СВЧ, частота 2,45 ГГц). В грубом приближении установка с таким генератором есть не что иное, как известная всем микроволновая печь. То есть, если бы в домашней микроволновке можно было создать вакуум и подать внутрь ее газ, то при включении нагрева был бы получен тлеющий разряд. Особенностью микроволнового генератора (как и бытовых микроволновок) является невозможность напрямую обрабатывать металлические предметы. Но эта проблема была решена, когда образцы стали помещать в клетку Фарадея, изолируя их от СВЧ электромагнитного поля. Такая конструкция позволяет ионизировать газ в СВЧ-поле и после этого доставлять его к обрабатываемой поверхности (ионы плазмы свободно проходят через клетку Фарадея). Основная область применения таких генераторов – быстрое удаление с подложек толстых слоев органических материалов, в частности позитивных и негативных фоторезистов. Схема установки с СВЧ-генератором представлена на рисунке 3. Как видно на схеме, ввод электромагнитного излучения производится через специальное кварцевое окно. Такая конструкция необходима в случае, когда вакуумная камера изготовлена из металла.

Теперь, зная особенности и специфику всех типов генераторов, можно рекомендовать следующее.

- При производстве интегральных микросхем и других микроэлектронных устройств для очистки и подготовки подложек без нанесенных функциональных слоев или установленных бескорпусных компонентов,

Таблица 1 – Сравнение различных типов генераторов (основные применения, достоинства и недостатки)

	Тип генератора		
	НЧ	ВЧ	СВЧ
Примеры применения	– Back-end (полупроводники, керамика) – Очистка PCB и других материалов – Активация, травление материалов (различные отрасли промышленности) – R&D	– Front-end и back-end (полупроводники) – R&D	– Front-end и back-end (полупроводники) – R&D
Низкая стоимость	+++	+	++
Надежность	+++	++	+
Однородность плазмы	+++	++	+
Использование вращающегося металлического барабана	+++	+++	+
Скорость травления	+	+++	+++
Простота ремонта	+++	+	+++

а также для очистки корпусов электронных компонентов перед герметизацией и активации контактных площадок перед микросваркой наиболее оптимальным решением является использование НЧ-генератора.

- Для очистки и подготовки подложек с нанесенными функциональными слоями или установленными бескорпусными компонентами рекомендуется использовать ВЧ-генератор. Также лучше приобретать установку плазменной обработки с таким генератором и в том случае, если есть задача обеспечить наиболее широкое технологическое окно, которое позволяет технологу варьировать различные параметры процесса, используя множество режимов, материалов и т.д.



Рисунок 4 – Компания Diener Electronic предлагает генераторы разных типов, что позволяет легко конфигурировать установку плазменной обработки под абсолютно любые задачи

- При необходимости скоростного удаления толстых слоев органических веществ, таких как фоторезисты и полиимиды, лучше всего подойдет СВЧ-генератор, обеспечивающий в несколько раз более высокую скорость этих процессов, чем любой другой генератор.

dipaul.ru



ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ СЕРИИ ТМГ15

Расходы на оплату потерь электроэнергии в трансформаторе за весь срок службы (30 лет) могут в 17 раз превышать стоимость покупки трансформатора. При этом именно на компанию, поставляющую электроэнергию конечному потребителю, ложится бремя оплаты потерь в распределительных сетях.

Одним из самых эффективных способов снизить потери в распределительных сетях является использование энергосберегающих силовых трансформаторов производства ОАО «МЭТЗ им. В.И. Козлова».

Сегодня ОАО предлагает потребителю не только энергосберегающие трансформаторы серии ТМГ12, но и новую серию трансформаторов с еще более низкими потерями – ТМГ15.

Энергосберегающие силовые распределительные трансформаторы серии ТМГ15 обладают всеми достоинствами трансформаторов типа ТМГ того же производства:

- трансформаторы изготавливаются в герметичном исполнении, в гофрированных баках с полным заполнением маслом, без маслорасширителя и без воздушной или газовой подушки;
- температурные колебания объема масла компенсируются упругой деформацией гофров бака трансформатора;
- контакт масла с окружающей средой полностью отсутствует. Это значительно улучшает условия работы масла, исключает его увлажнение, окисление и шламообразование;
- трансформаторное масло перед заливкой в трансформатор дегазируется, заливка его в бак производится в специальной вакуумзаливочной камере при глубоком вакууме, что намного увеличивает электрическую прочность изоляции трансформатора;
- гофрированные баки трансформаторов перед запуском их в серийное производство подвергаются механическим испытаниям на цикличность (10 000 циклов

воздействия максимального и минимального давлений), для подтверждения ресурса работы бака на весь расчетный срок службы трансформатора – 30 лет;

- ввод нейтрали стороны НН трансформатора рассчитан на продолжительную нагрузку током, равным 100 % номинального тока обмотки НН;

- трансформаторы ТМГ15 практически не требуют расходов на предпусковые работы и на их обслуживание в эксплуатации, не нуждаются в профилактических ремонтах и ревизиях в течение всего срока службы и перед пуском в эксплуатацию.

При этом трансформаторы ТМГ15 имеют самый низкий уровень потерь холостого хода и короткого замыкания из всех серийно выпускаемых в СНГ силовых трансформаторов общего назначения. Также улучшены шумовые характеристики трансформатора.

По сравнению с трансформаторами базовой серии ТМГ11 трансформаторы ТМГ12 обладают уровнем потерь холостого хода, сниженным в среднем на 23 %, а трансформаторы серии ТМГ15 – на 33 %.

Потери короткого замыкания в трансформаторах серии ТМГ15 мы сохранили на уровне ТМГ12, что в среднем на 10-15 % ниже, чем у трансформаторов базовой серии.

Эффект снижения потерь был достигнут, в частности, за счет дополнительно вложенных материалов, затраченных на изготовление трансформаторов, и применением новых современных материалов. Поэтому стоимость ТМГ12 превышает стоимость трансформаторов базовой серии в среднем на 10 %, а стоимость трансформаторов ТМГ15 – на 15 %.

Характеристики выпускаемых трансформаторов приведены в таблице 1.

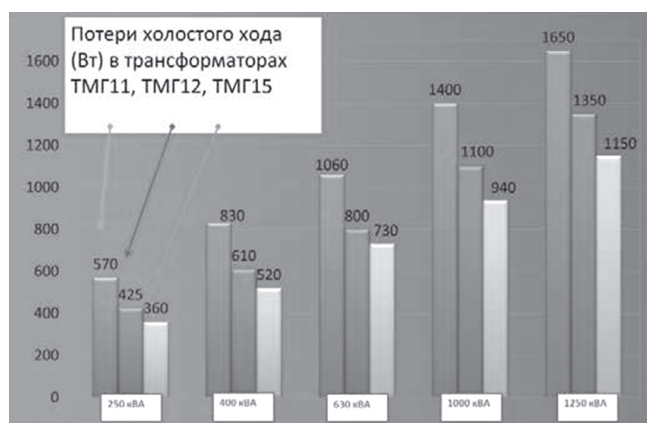
Нужно отметить, что трансформаторы ТМГ15 изготавливаются в габаритах трансформаторов ТМГ12, также мы сохранили и установочно-присоединительные размеры.

Методика оценки полной стоимости трансформатора исходя из срока окупаемости дополнительных инвестиций

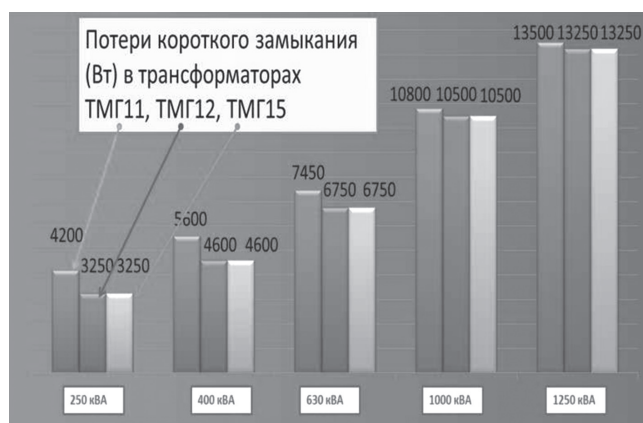
Мы твердо уверены, что покупая трансформатор, наш потребитель должен руководствоваться не только его отпускной ценой, но и учитывать стоимость потерь электроэнергии в трансформаторе.



Рисунок 1 – Соотношение стоимости потерь холостого хода и короткого замыкания в трансформаторе и стоимости трансформатора



а)



б)

Рисунок 2 – Соотношение потерь в трансформаторах различных серий а) потерь холостого хода; б) потерь короткого замыкания

Таблица 1 – Технические характеристики, габаритно-установочные и присоединительные размеры трансформаторов ТМГ различных серий производства ОАО «МЭТЗ им. В.И. Козлова»

Тип трансформатора	Рном, кВА	Потери, Вт		Uк, %	Корректированный уровень звуковой мощности, дБА	L, мм	В, мм	Н, мм	Масса, кг	
		х.х.	к.з.						масла	полная
ТМГ11-250/10-У1(ХЛ1)	250	570	4200	4,5	65	1140	820	1270	225	920
ТМГ12-250/10-У1(ХЛ1)		425	3250		55	1170	790	1525	225	1000
ТМГ15-250/10-У1(ХЛ1)		360	3250		68	1350	855	1415	305	1255
ТМГ11-400/10-У1(ХЛ1)	400	830	5600	4,5	58	1330	850	1665	325	1370
ТМГ12-400/10-У1(ХЛ1)		610	4600		70	1545	1000	1540	450	1860
ТМГ15-400/10-У1(ХЛ1)		520	4600		61	1390	1000	1710	440	1870
ТМГ11-630/10-У1(ХЛ1)	630	1060	7450	5,5	73	1720	1135	1860	725	2750
ТМГ12-630/10-У1(ХЛ1)		800	6750		64	1600	1000	1970	720	2820
ТМГ15-630/10-У1(ХЛ1)		730	6750		75	1825	1130	2020	875	3250
ТМГ11-1000/10-У1(ХЛ1)	1000	1400	10800	5,5	65	1800	1110	2100	860	3630
ТМГ12-1000/10-У1(ХЛ1)		1100	10500							
ТМГ15-1000/10-У1(ХЛ1)		940	10500							
ТМГ11-1250/10-У1(ХЛ1)	1250	1650	13500	6,0						
ТМГ12-1250/10-У1(ХЛ1)		1350	13250							
ТМГ15-1250/10-У1(ХЛ1)		1150	13250							

Таблица 2 – Расчет стоимости годовых потерь в трансформаторах ТМГ производства ОАО «МЭТЗ им. В.И. Козлова»

Серия и мощность трансформатора	Коэф. загрузки	Р к.з., кВт	Р х.х., кВт	Стоимость 1 кВт/ч в РБ, \$ США	Стоимость годовых потерь, \$ США	Стоимость потерь за срок службы 30 лет, \$ США	Стоимость ТМГ, \$ США	Стоимость ТМГ + Стоимость потерь за срок службы 30 лет
ТМГ11-630	0,7	7,45	1,06	0,087	3589,96	107699,00	6093	113792
ТМГ12-630	0,7	6,75	0,8	0,087	3130,40	93912,24	6702	100614,2
ТМГ15-630	0,7	6,75	0,73	0,087	3077,06	92311,79	7007	99318,8

Приведем расчет полной стоимости трансформатора на примере трансформаторов различных серий ТМГ, мощностью 630 кВА.

Расчет стоимости потерь электроэнергии в процессе эксплуатации силового трансформатора производится по формуле:

$$Э_i = T_i * (P_{х.х.} * Ц_{Рх.х.} + \beta * P_{к.з.} * Ц_{Рк.з.}),$$

где $Э_i$ – стоимость потерь электрической энергии в i -ый годовой период эксплуатации силового трансформатора, руб., T_i – расчетный срок эксплуатации трансформатора в i -ый период (8760 часов в год или др.), $P_{х.х.}$ – потери

холостого хода, кВт, $P_{к.з.}$ – потери короткого замыкания, кВт, β – коэффициент загрузки трансформатора (равен отношению тока, протекающего через трансформатор, к его номинальному току), $Ц_{Рх.х.}$ = $Ц_{Рк.з.}$ – тариф на электроэнергию, долл./кВт*час.

В таблице 2 сопоставлены цены трансформаторов различных серий и стоимость годовых потерь в трансформаторах по действующему в Беларуси тарифу для промышленных предприятий (0,087 USD за кВт/ч при коэффициенте загрузки – 0,7).

Так, например, для серии трансформаторов ТМГ11 стоимость годовых потерь составляет 3 590 USD при розничной цене трансформатора – 6 093 USD, т.е. го-



довые потери составляют более половины цены трансформатора, и соответственно, стоимость потерь за два года эксплуатации превосходит продажную цену трансформатора. За 30 лет стоимость потерь превосходит данную цену более чем в 17 раз.

Эффективность применения энергосберегающих трансформаторов иллюстрирует разница в стоимости годовых потерь. Так, для энергосберегающей серии ТМГ12 стоимость годовых потерь – 3 130 USD, а для обычной – 3 590 USD, разница составляет – 460 USD, при этом разница в ценах на трансформаторы – 609 USD. Т.е. вложенные при покупке дополнительные 609 USD окупятся уже через 1,5 года, а затем каждый следующий год будут приносить экономию средств в 460 USD.

Еще большую эффективность показывают трансформаторы новой энергосберегающей серии ТМГ15.

На диаграмме (рисунок 3) очевидно, что (в зависимости от мощности трансформатора и его загрузки) инвестиции в трансформаторы ТМГ15 окупят дополнительные расходы и начнут приносить дивиденды уже через 1-3,5 года их эксплуатации.

Разница сроков окупаемости дополнительных инвестиций на покупку трансформаторов серии ТМГ15 в сравнении с серией ТМГ12 составляет всего лишь



Рисунок 3 – Зависимость срока окупаемости дополнительных инвестиций на покупку трансформаторов ТМГ 15 по отношению к трансформаторам серии ТМГ11 (с учетом средней нагрузки)

3-5 месяцев (в зависимости от мощности трансформатора и его загрузки). Нужно учитывать, что, в дальнейшем трансформаторы серии ТМГ15 помогут Вам сэкономить еще более значительные средства.

Цель разработки ОАО «МЭТЗ им. В.И. Козлова» энергосберегающих трансформаторов серий ТМГ12 и ТМГ15 – купить сейчас и значительно меньше платить в будущем.

metz.by

Качество и компетентность в мире печатных плат

ОАО «Минский часовой завод»

ВАШ НАДЕЖНЫЙ ИЗГОТОВИТЕЛЬ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

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

Срок изготовления от 2 дней до двух недель 12 дней

Типы плат

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

Возможности

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

Качество

- Сертификат соответствия ВУ/112 05.01.0030030

УНП 100230391

ОАО «Электромодуль»

222310, г. Молодечно,
ул. Великий Гостинец, 143

Предприятие производит:

- блоки полупроводниковые выпрямительные для автомобилей, тракторов, сварочного оборудования;
- устройства регулирующие и регуляторы напряжения в составе щеткодержателя к автотракторным генераторам;
- электронную технику: выключатели путевые бесконтактные ЭВИТ-СЗ, ЭВИ-151, прерыватель контрольной лампы стояночного тормоза ПКЛ-1;
- комплектующие к мотоциклам: диодные модули и мосты, блок коммутатор-стабилизатор, реле указателя поворота;
- диоды полупроводниковые автотракторные на ток от 2А до 40А и напряжением от 27 В до 700 В.

Тел.: 8 (0176) 74 71 97
www.elmodul.by
E-mail: omarket@tut.by

УНП 600066462



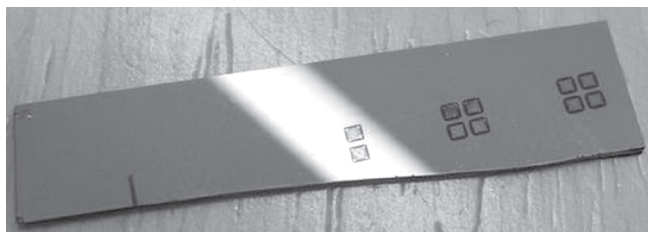
НОВЫЕ ЧИПЫ «АЛМАЗ НА КРЕМНИИ» ДЛЯ ЧАСТОТЫ 100 ГГц

Предел производительности кремниевых микрочипов давно обсуждается как в среде специалистов, так и в прессе. Периодически всплывает тема о том, что «кремний» достиг максимума своих возможностей, и пора переходить на оптоэлектронные технологии. Однако применение гибридных технологий позволяет расширить возможности кремниевой электроники и продлить ей жизнь.

■ **ПАВЕЛ БОКАЧ**, технический обозреватель

Впервые сцепку «кремний + драгоценный камень» применили в советской электронике. Когда от микросхем военно-космического назначения потребовались новые характеристики, была разработана технология «кремний на сапфировой подложке». Однако сапфир – минерал не из дешевых, а потому широкого применения такая технология не нашла. Но проблема обеспечения надежности работы микрочипов осталась, и решать ее пробовали различными способами.

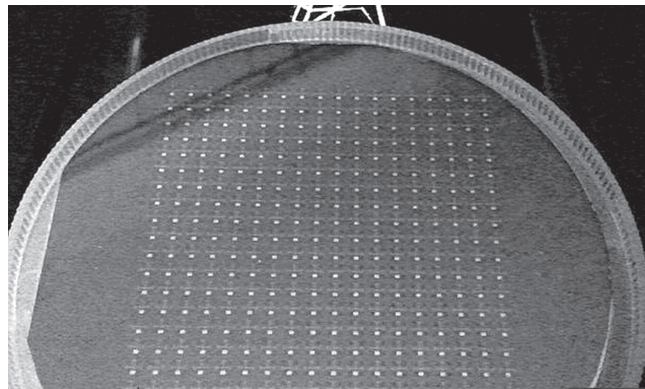
Один из таких способов предложила компания Akhan Semiconductor, когда продемонстрировала новые микросхемы, изготовленные по технологии «алмаз на кремнии». В прототипе размер элементов пока достаточно велик – сотни нанометров, но частотные и электрические характеристики впечатляют.



Первые образцы выглядят неказисто – на 12-дюймовой пластине подложки размещены экспериментальные микрочипы. Главное достоинство прототипа – способность работать на частоте 100 ГГц, что и было продемонстрировано разработчиками. Новая технология получила название Miraj Diamond Platform.

Параллельно с решением проблемы «частотного барьера» было предложено новое решение по отводу тепла, поскольку алмаз один из лучших природных проводников тепла. На базе новой технологии начато опытное производство мелкосерийных микросхем для работы в особо ответственных условиях, но в ближайшее время Akhan Semiconductor планирует вернуть массовое производство. Уже сейчас видно, что компания своей прорывной технологией застолбила себе сегмент рынка в сфере квантовых компьютеров и микромеханических устройств. На базе нового чипа

будут также производиться емкостные переключаемые массивы динамической подстройки антенных характеристик, применяемые в системах военно-космической отрасли, а также в дорогах смартфонов.

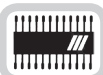


В отличие от «сапфировой» технологии, алмазные компоненты разработчик синтезирует из метана, применяя плазменный процесс, протекающий в реакторе MPCVD. В результате получается алмазная подложка, имеющая низкую себестоимость и высокую чистоту от примесей. Такую заготовку легко применить в массовом производстве полупроводниковых схем. Применив такой подход, Akhan Semiconductor удалось сократить на 20 % расход чистой воды, что также дает значительный экономический эффект, поскольку вода нужна особой очистки.

Кроме частотных характеристик, у новых микросхем впечатляющие и электрические характеристики. Благодаря алмазу, который является прекрасным изолятором, стало возможно создать микроэлектронные устройства, рассчитанные на работу с напряжением до 10 кВ. При изготовлении чипа с подобными характеристиками по классической технологии понадобилось бы в 50 раз больше материала и несколько дополнительных технологических операций.

Алмаз может стать идеальным партнером кремнию, а возможно, в будущем заменит его, что будет следующей ступенью в полупроводниковой электронике.

akhansemi.com



ТИХИЕ ШАГИ МОТОРА

По сравнению с микроэлектроникой и сложными современными приборами электродвигатели выглядят довольно скучно и неинтересно. Тем не менее без них не возможна работа как бытовой техники, так и всего промышленного оборудования, не говоря уже про компьютеры и принтеры. Поэтому в этой статье поговорим об управлении электродвигателем.

За последние десятилетия конструкция электромотора практически не менялась, хотя за счет внедрения технологических новинок удалось значительно увеличить его КПД. А вот методы управления двигателями достигли небывалых высот. Современная электроника способна контролировать не только скорость вращения вала двигателя, но и точно рассчитать его угол поворота в любой нужный промежуток времени. Благодаря этому удается точно синхронизировать системы, состоящие из нескольких двигателей. На этом точном управлении основана не только вся робототехника, но и автоматизированные системы управления производством. Интеллектуальное управление позволяет добиваться значительной экономии электроэнергии. Простейший пример, с которым можно столкнуться каждый день, – привод вентилятора в автомобиле. Благодаря его своевременному отключению ресурс аккумулятора удается продлить на несколько месяцев, а то и лет.

Без цифрового управления шаговыми двигателями была бы невозможна работа оргтехники, жестких дисков и других электронно-механических устройств. Вот почему в «портфолио» любого серьезного разработчика и производителя электроники обязательно присутствуют решения для управления моторами.

Один из таких производителей – немецкая компания Trinamic, которая уделяет огромное внимание разработке интегральных схем управления электромоторами различных типов. Среди новинок компании – микросхема-драйвер для двухфазных шаговых двигателей TMC2100 (рисунок 1). Основное преимущество этой микросхемы перед

аналогичными решениями других производителей – поддержка технологии Trinamic stealthChop, благодаря которой значительно снижается шум при работе двигателя на малых оборотах.

Шаговые двигатели издают шум, аналогичный гудению сетевого трансформатора, и природа у этого звука родственная. Применение алгоритмов шумоподавления снижают флуктуации токов в обмотках мотора, а это сводит к минимуму звук, возникающий из-за магнито-стрикционного расширения деталей ротора. Применение таких схем управления весьма полезно, когда требуется тихая работа оборудования. Особенно это актуально в медицинской, бытовой и офисной технике. Низкий уровень шума – серьезное конкурентное преимущество. Технология stealthChop снижает шум электромотора практически полностью, а единственным звуком в его работе остается шум от подшипников.

Микросхема TMC2100 представляет из себя полностью интегрированное решение, для работы которого нужно лишь несколько конденсаторов и резисторов, а также источник сигналов управления (рисунок 2). Интерфейс, примененный в микросхеме, позволяет применять TMC2100 не только в связках с микроконтроллерами устройств, но также и самостоятельно. Логический уровень на входе DIR задает двигателю направление вращения, а по наличию импульса на входе STEP вал мотора поворачивается на один шаг. По такой несложной схеме можно реализовать логику управления мотором, а когда есть необходимость в более сложном управлении, можно задействовать другие алгоритмы, позволяющие



Рисунок 1 – Микросхема-драйвер TMC2100

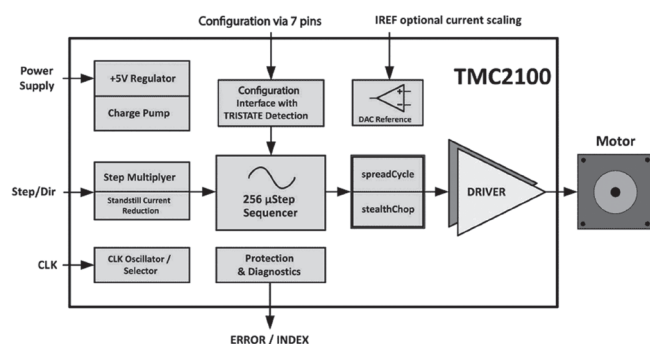


Рисунок 2 – Структура микросхемы TMC2100

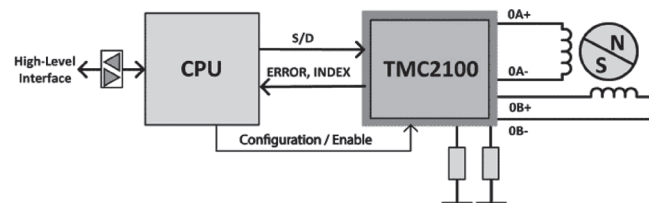


Рисунок 3 – Схема включения микросхемы TMC2100 в связке с микропроцессором

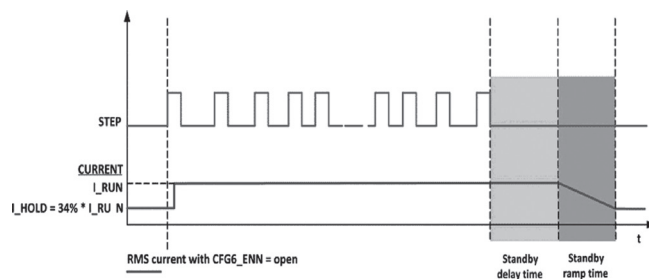


Рисунок 4 – Снижение тока потребления мотора микросхемой TMC2100 при простое



мотору делать за один шаг до 256 микрошагов. Для создания обратной связи с двигателем можно добавить в схему микроконтроллер (рисунок 3).

Применение в микросхеме технологии снижения энергопотребления во время простоя (рисунок 4) делает микросхему TMC2100 экономичным, простым и очень эффективным решением по управлению шаговыми электромоторами.

Изготавливается микросхема TMC2100 в корпусе QFN36, и ее область применения весьма широка: это бытовая или офисная техника, приводы камер слежения, швейное оборудование, терминалы самообслуживания и банкоматы, автоматизация технологических процессов на производстве и в сфере обслуживания, системы складского хранения и т.д.

**Павел Бокач по материалам пресс-релиза
Trinamic Microchips GmbH / trinamic.com**

«ЭЛЕКТРОННЫЕ» ОТВЕТЫ

В журнал «Электроника инфо» периодически поступают вопросы, ответы на которые, как правило, нам предоставляют компетентные государственные ведомства. Лицензирование, сертификация, система госзакупок и т.д. — поскольку все мы являемся субъектами хозяйствования, информация из данных инстанций оказывается весьма своевременной. Сегодня мы предлагаем сведения от Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь (gosstandart.gov.by).

ВОПРОС. Здравствуйте! Разъясните, пожалуйста, возможность использования электронных рабочих журналов (ТНПА, порядок и т.д.). У нас имеется ряд приборов, которые способны регистрировать данные испытаний материалов, хранить их на электронном носителе, и передавать на компьютер. Дело в том, что это достаточно большой массив данных, механическое занесение которого в бумажный журнал отнимает много времени и сил. Спасибо!

ОТВЕТ. В соответствии с п. 4.13.2.1 СТБ ИСО/МЭК 17025 в лаборатории в течение длительного времени должны сохраняться рабочие записи по результатам проведенных анализов.

В соответствии со статьями 11 и 22 Закона Республики Беларусь «Об электронном документе» статус и юридическая сила бумажного документа (БД) и электронного документа (ЭД) уравниваются, таким образом ЭД считается соответствующим этому требованию. Для долгосрочного и надежного хранения архивной информации в электронном виде применяются различные типы носителей информации. Главное требование, предъявляемое к таким носителям, это исключение возможности физически внести изменения в архивные данные или удалить их. К другим основным требованиям, предъявляемым к информационным носителям, относятся долговечность и максимальная емкость хранения архивных данных. Информационный носитель должен обеспечивать однократную запись и при этом иметь возможность многократного считывания информации.

В организации должен быть разработан документ, в котором оговорены правила обеспечения сохранности и работы с электронными документами, что позволит правильно организовать работу с ЭД, обеспечив при этом их сохранность с учетом специфики деятельности. В лаборатории должна быть разработана процедура предотвращения санкционированного доступа к ЭД или их изменениям. Следует также учитывать специфику создания электронных документов разными приборами.

ВОПРОС. Добрый день. Подскажите, пожалуйста, в каком документе устанавливается норма о том, что на территории Республики Беларусь должны применяться только ТНПА Республики Беларусь? Второй вопрос: в каких случаях можно применять технические нормы других стран?

ОТВЕТ. В соответствии с Законом Республики Беларусь «О нормативных правовых актах Республики

Беларусь» № 361-З от 10 января 2000 г. нормативный правовой акт (далее – НПА) – официальный документ установленной формы, принятый (изданный) в пределах компетенции уполномоченного государственного органа (должностного лица) или путем референдума с соблюдением установленной законодательством Республики Беларусь процедуры, содержащий общеобязательные правила поведения, рассчитанные на неопределенный круг лиц и неоднократное применение.

К техническим нормативным правовым актам (согласно приведенному Закону) относятся технические регламенты, технические кодексы установившейся практики, стандарты, в том числе государственные стандарты Республики Беларусь, стандарты организаций, технические условия, авиационные правила, зоогиgienические, ветеринарные, ветеринарно-санитарные нормы и правила, санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы и иные нормативные правовые акты, отнесенные законодательными актами Республики Беларусь к техническим нормативным правовым актам, утвержденные (введенные в действие) в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь.

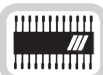
Согласно приведенному определению НПА (в том числе технические нормативные правовые акты) – это документы, принятые государственными органами Республики Беларусь, и являющиеся законодательством Республики Беларусь.

Предмет регулирования и механизм принятия ТНПА в области технического нормирования и стандартизации (далее – ТНПА) установлен в Законе Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации» № 262-З от 5 января 2004 г. (далее – Закон), в соответствии с которым к ТНПА относятся:

- технические регламенты (обязательны для соблюдения);
- технические кодексы (обязательность применения устанавливают республиканские органы государственного управления в соответствии с их полномочиями, установленными законодательством);
- стандарты, в том числе государственные стандарты, стандарты организаций (добровольны, за исключением случаев, предусмотренных Законом);
- технические условия.

Согласно статье 4 Закона одним из принципов технического нормирования и стандартизации является приоритетное использование международных и межгосударственных (региональных) стандартов.

См. с. 41



РАДИОИЗОТОПНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

XX век можно смело назвать веком электричества, но сменивший его XXI все кардинально поменял. Наступило время мобильной электроники, а вместе с ним пришло время перезаряжаемых батарей. Потребности рынка растут ежедневно, а вместе с ними меняются и технологии производства этих батарей.

■ **ПАВЕЛ БОКАЧ**, технический обозреватель

Сначала это были появившиеся в 1989 году NiMH (никель-металло-гидридные) аккумуляторы, но очень быстро им на замену пришли Li-Ion (литий-ионные) батареи. Затем производители экспериментировали с различными вариациями на основе того же лития. Но все это были всего лишь аккумуляторные батареи, сами не вырабатывающие электричество, а лишь хранящие его.

Химические батареи, вырабатывающие электрический ток самостоятельно, за последние 20 лет принципиально не изменились, да они в микроэлектронике практически не прижились ввиду опасности «протекания» солевых компонентов, фатального для нежной электронной начинки. В портативной электронике, «прожорливость» которой производители стараются держать в рамках, традиционных аккумуляторов на основе лития пока худо-бедно хватало. Пользователей приучили к мысли, что смартфон нужно заряжать каждый день, а владельцев ноутбуков – всюду таскать с собой зарядку. И даже появление внешних аккумуляторов не принесло существенных перемен. Но с появлением устойчивого спроса на электромобили назрела потребность в новом источнике энергии, причем не только новых емких аккумуляторов, но и возможности без них обойтись.

Сейчас рынок насыщается гибридными автомобилями, то есть тепловой двигатель которых используется для работы генератора и выработки электричества. А уж оно, в свою очередь, приводит в движение автомобиль. При всех достоинствах этой конструкции, она все же остается привязанной к источнику углеводородов.

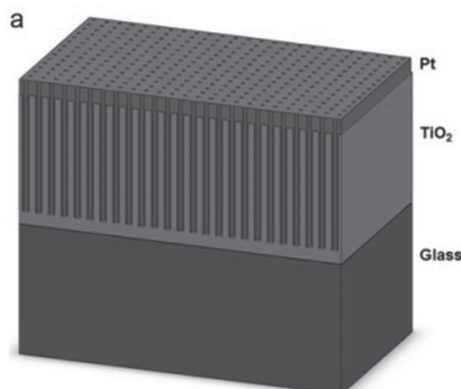
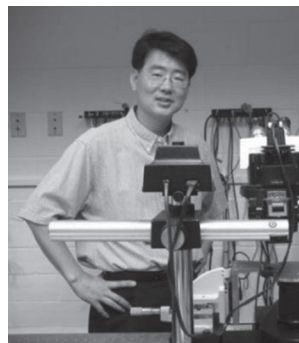
Признайтесь, каждый из нас вспоминал «добрым» словом изобретателей аккумуляторов, видя, что любимым гаджетом осталось пользоваться несколько минут, а розетки поблизости нет. И в сердцах думали «ну когда же они наконец изобретут нормальные батареи, которые не нужно постоянно кормить».

Между тем, еще в середине прошлого столетия появилась бетавольтика. Ее задачей было придумать такие батареи, которые будут использовать контролируемые ядерные реакции для производства электричества, минуя сложные реакторы. Тогда это казалось фантастикой, но в наши дни есть серьезные основания считать, что использование ядерных реакций – вполне безопасное дело, и именно в этом направлении человечество найдет решение энергетических проблем. Ядерные технологии уже сейчас используются в быту, например, радиоизотопные детекторы дыма можно встретить не только на

производстве, но и в жилых домах.

Тем не менее, серьезных подвижек в бетавольтике не наблюдалось. Но вот в марте 2014 года два ученых китайского происхождения Чже Квон и Бек Ким, работавшие в университете Миссури (США) собрали первый работающий прототип батареи на основе стронция-90 и воды. Такая ядерная батарейка сможет работать годами, не требует обслуживания и может вырабатывать электрический ток за счет разложения молекул воды при их взаимодействии с бета-частицами при распаде радиоактивного стронция-90.

Мощность батареи пока невелика, но ее вполне хватит для питания электромобиля или космического аппарата. Секретом решения задачи оказалось объединение двух технологий – бетавольтики и плазмонного резонатора.

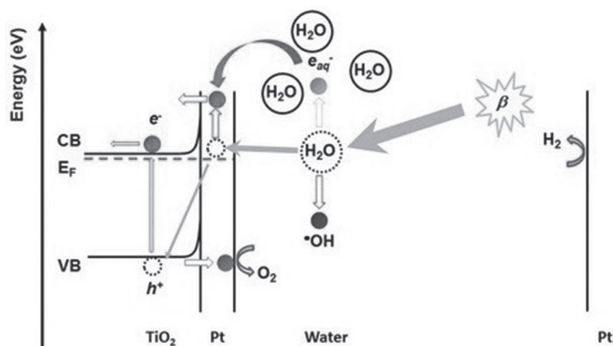


Плазмонные резонаторы – это особые структуры, способные как поглощать, так и испускать энергию в виде световых волн или других форм электромагнитного излучения. Они активно используются в последние годы при разработке оптических устройств, плазмонных лазеров, а также высокоэффективных солнечных батарей.

Справедливости ради надо отметить, что радиоизотопные источники питания существуют довольно давно. Они преобразуют энергию ядерного распада в электрическую, но это происходит через тепловое взаимодействие. Таблетки радиоактивных веществ разогревают контейнер, в котором находятся, а затем термопары преобразуют это тепло в электричество. КПД таких



устройств крайне низок и никогда не превышал 7 %. До недавнего времени было невозможно использовать бетавольтику на практике, поскольку части батарей быстро разрушались от радиации и перепадов температур. И только после открытия способа прямого получения электричества из энергии атомного распада стало возможно практическое применение этой технологии.



Бета-частицы – это электроны, имеющие при распаде атомов высокую скорость. Они способны разлагать молекулы воды на водород, гидроксил-радикал и прочие ионы. Полученные в результате разложения части молекул воды можно использовать для прямого извлечения энергии, поглощенной ими в результате столкновения с бета-частицами.

Но чтобы ядерная батарейка заработала, нужно создать особую структуру из столбиков оксида титана, покрытых платиновой пленкой. Эта структура напоминает по форме расческу, в зубцах которой находятся микропоры. Через них продукты распада воды проникают внутрь устройства. В этой «расческе» протекают реакции, в ходе которых происходит разложение и формирование молекул воды, а при этом возникают свободные электроны. На поверхности столбиков «рождаются» плазмоны, обладающие заданными физическими свойствами, и такая водно-ядерная батарея может выдать КПД до 54 %. Это почти на порядок превосходит отдачу от классических радиоизотопных источников.

Попутно выяснилась еще одна интересная особенность – температура заморозания полученного ионного раствора настолько низкая, что батареи можно будет применять в очень суровых климатических условиях, например, в электромобилях в условиях Крайнего севера и даже в космических аппаратах для исследования глубокого космоса.

Поскольку период полураспада радиоактивного стронция-90 составляет около 28 лет, ядерные батарейки смогут служить без существенной потери в мощности несколько десятилетий. Падение мощности не превысит двух процентов в год. Так что нас ждет скорое и повсеместное распространение электромобилей, практически вечные батареи в мобильных устройствах, а зарядные устройства уйдут на заслуженный отдых.

Вот только жаль будет, если новую разработку спрячут «под сукно» жадные до прибылей мегакорпорации, как это было уже со многими удивительными открытиями!..

В соответствии со статьей 21 Закона международные и межгосударственные (региональные) стандарты применяются в Республике Беларусь, если их требования не противоречат законодательству Республики Беларусь. Международные и межгосударственные (региональные) стандарты вводятся в действие в качестве государственных стандартов в порядке, предусмотренном для государственных стандартов.

Применение ТНПА других стран возможно при изготовлении и поставке продукции на экспорт на договорной основе.

В случае, если в контракте заказчик установил условие соответствия продукции ТНПА других стран, то продукция, поставляемая по данному контракту, должна соответствовать этим ТНПА.

ВОПРОС. Здравствуйте! Имеют ли силу у нас в стране Российские сертификаты качества?

ОТВЕТ. Национальные сертификаты соответствия и декларации о соответствии Российской Федерации не имеют юридической силы на территории Республики Беларусь.

Если продукция относится к регулируемой государством сфере, то применение сертификатов соответствия (деклараций о соответствии) осуществляется в соответствии с действующим законодательством (техническими регламентами, постановлениями и т.д.).

Если продукция относится к добровольной сфере, то применение сертификатов соответствия (деклараций о соответствии) осуществляется в соответствии с договорными документами.

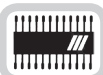
В целом, в соответствии с Законом Республики Беларусь «Об оценке соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации» от 5 января 2004 г. № 269-З и Договором о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 года, на территории Республики Беларусь действуют:

- сертификаты соответствия и декларации о соответствии требованиям технических регламентов Таможенного Союза, оформленные в соответствии с Решением Коллегии ЕЭК от 25 декабря 2012 года № 293;
- сертификаты соответствия и декларации о соответствии, оформленные по единой форме Таможенного союза, утвержденной Решением КТС от 18 июня 2010 года № 319;
- сертификаты соответствия и декларации о соответствии Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь.

ВОПРОС. Добрый день. Ищу информацию для характеристики ноутбука как объекта стандартизации. Не могли бы вы мне подсказать нужные статьи для решения этой проблемы. Спасибо.

ОТВЕТ. Отдельного стандарта, устанавливающего требования к ноутбуку (портативному компьютеру), не существует. В общем случае предлагаем воспользоваться ГОСТ 21552-84 «Средства вычислительной техники. Общие технические требования, приемка, методы испытаний, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение»; ГОСТ 27201-87 «Машины вычислительные электронные персональные. Типы, основные параметры, общие технические требования».

gosstandart.gov.by



КАК СОХРАНИТЬ КОММЕРЧЕСКУЮ ТАЙНУ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ПРОЕКТА НА АУТСОРСИНГ

Этот вопрос беспокоит большинство руководителей компаний, которые планируют передать проект стороннему подрядчику, полностью или частично. Автор статьи разбирает каждый этап разработки и производства нового продукта, чтобы показать на конкретных примерах, какие данные нужно защитить, а какие — открыто обсуждать с партнерами по бизнесу.

■ **ВИТАЛИЙ МОЗОЛЕВСКИЙ**, управляющий директор дизайн-центра электроники Promwad

Из чего состоит новый продукт для рынка электроники? Как правило, это программно-аппаратное устройство — электронная плата, компоненты, встроенная операционная система, интерфейс пользователя, корпус и т.д. Посмотрим, какая ценная информация скрыта внутри продуктов для рынка электроники, разбирая шаг за шагом процесс разработки, производства и поставки нового устройства, вплоть до его послепродажного обслуживания.

Читатель может оценить следующий список из девяти пунктов с точки зрения владельца электронного продукта и решить, насколько важен каждый этап для успеха конкретного проекта. Такой анализ позволит в итоге правильно расставить приоритеты и уделить особое внимание развитию и защите самого ценного этапа.

1. Техническая проработка идеи

Отправной точкой всего проекта, как правило, становится идея нового устройства. На этом этапе нужно понимать, что представляет собой основную ценность: сама оригинальная идея продукта или планы по его производству и продвижению (например, информация о том, что продажи будут организованы на нетипичном рынке, или данные о технологичности производства этого продукта, которые позволят добиться минимальной себестоимости, и за счет этого стать лидером на рынке).

Стоимость самой идеи, как правило, не высока, если речь не идет о каком-то ноу-хау, основанном на многолетних научных исследованиях в конкретной области.

Для того чтобы идея электронного устройства превратилась в ценный ресурс, нужна техническая экспертиза и проверка на реализуемость, только после этого вся информация о проекте будет собрана в техническое задание и бизнес-план — важные конфиденциальные документы, которые должны быть доступны ограниченному кругу доверенных лиц.

В то же время саму идею можно открыто обсуждать с потенциальными инвесторами и партнерами по бизнесу. Это не всегда очевидно, многие молодые предприниматели боятся делиться этой информацией, считая, что инвестор сам может ей воспользоваться для создания продукта или услуги.

2. Аппаратное обеспечение

Следующий шаг — разработка аппаратного обеспечения: выбор комплектующих, разработка и трассировка платы под конкретные требования конструкции. На этом этапе основная ценность заключается в самой реализации конкретных конструктивных решений: в описании электрической схемы и дизайне печатной платы устройства, а также в выбранном перечне необходимых электронных компонентов.

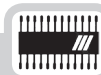
Как правило, в разработке современной электроники применяются стандартные решения, которые используются в миллионах других типовых устройств по всему миру: схемы, архитектура подключения компонентов и т.д. В отдельных продуктах все аппаратное обеспечение может быть основано на типовых решениях.

Например, квалифицированный инженер может повторить схемотехнику мобильного телефона (ценность такого проекта составит 2-3 человекомесяца), но при этом не сможет наладить технологию производства и сборки, а также получить уникальные компоненты, созданные специально для этого телефона с такой же себестоимостью. Таким образом, он не сможет скопировать продукт как таковой.

3. Программное обеспечение (ПО)

На этом этапе будет выбрана операционная система и разработано ПО устройства, включая драйверы, тесты для контроля качества на производстве, пользовательские программы и т.д.

Объем ПО в общем объеме затрат на разработку постоянно повышается, это мировая тенденция, при этом сокращаются трудозатраты программиста за счет использования готовых решений с открытым исходным кодом. Работа программиста все больше сводится к интеграции и оптимизации. Таким образом, уникальность ПО снижается. Она может быть выражена только в каких-то конкретных элементах, например, в уникальных алгоритмах энергосбережения, обработки голоса, подавления шумов и т.п. Как раз этим элементам нужно уделять особое внимание с точки зрения защиты, все остальное имеет гораздо меньшую ценность.



4. Дизайн пользовательского интерфейса и корпуса

Когда продукт получает свой корпус и графический интерфейс для общения с пользователем, в списке объектов интеллектуальной собственности появляются архитектура и дизайн интерфейса, конструкция и 3D-модели корпуса – всё это определяет узнаваемость и восприятие продукта.

Часто визуальные элементы электронных устройств повторяют популярные решения, которые уже существуют на рынке. В таком случае они не нуждаются в особой защите.

Однако если продукт обладает какими-то уникальными визуальными параметрами, эта информация должна сохраняться в тайне вплоть до первого анонса изделия, когда эта информация становится достоянием общественности.

5. Перечень приобретаемых лицензий

Владелец будущего продукта может стать обладателем различных лицензий. Например, заключить контракт на использование определенных аудио/видеоформатов (mp3, AAC, MPEG 4, Dolby и т.д.).

Эти лицензии отразятся на себестоимости продукта. Если речь идет об общедоступных технологиях, скорее всего условия приобретения лицензии будут одинаковыми для всех участников рынка. Однако если в рамках проекта можно получить эксклюзивную лицензию или воспользоваться особыми условиями лицензиара, тогда эти договорные условия могут значительно повлиять на функциональность и/или стоимость конечного продукта, обеспечив ему уникальность и дополнительную защиту.

6. Комплектующие

Электронные компоненты и др. комплектующие задают цену устройства, его качество, сроки поставки и гарантийные обязательства. Все это в совокупности влияет на конкурентоспособность продукта.

Один из ключевых критериев успеха всего проекта – цена комплектующих, поэтому оптимизация ведомости материалов (BOM) и развитие партнерских отношений с дистрибьюторами имеют особое значение. Разработчики устройства совместно с дистрибьюторами составляют перечень потенциальных замен для снижения стоимости конечного продукта или улучшения его технических характеристик.

По результатам этого этапа владелец продукта получает контракты с определенными сроками поставки и эксклюзивными ценами на процессоры, чипы памяти и другие важные компоненты устройства. Как правило, за каждым таким контрактом стоит огромная работа: опыт ведения переговоров, репутация компании, ре-

зультаты сотрудничества с мировыми поставщиками технологий и т.д.

Ценность этих договорных условий проявляется именно на этапе производства, т.к. на этапе проектирования обычно оговариваются только общие условия, либо работа с поставщиками ограничивается выбором ключевых компонентов.

7. Производство устройства

Как правило, выбор конкретного завода-изготовителя проходит ещё в процессе разработки. Такая предусмотрительность позволяет учесть технологические возможности и требования производителя, а также внести стоимость его услуг в бюджет проекта.

В результате у владельца устройства появляется список конкретных подрядных организаций, которые обладают определенными технологиями для производства электроники и корпусных деталей, а также информация о том, где и как будет проходить сборка и упаковка готового устройства. Самой ценной информацией на этом этапе становится выбранная технология, цена, качество и сроки.

8. Выход на рынок и старт продаж

Проект выходит на финишную прямую: проходит отгрузка предварительных заказов, организованы первые поставки нового устройства в торговые сети.

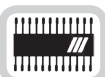
Конечно, маркетинговый план составляется еще в процессе разработки концепции. Сложно переоценить важность этого документа, ведь один и тот же продукт может завоевать популярность или с треском провалиться за счет разных подходов к его продвижению.

На этом этапе у владельца продукта на руках появляется комплект поставки, изготовленный по технологиям массового производства: готовое устройство в фирменной упаковке с инструкцией, набором кабелей и другими необходимыми аксессуарами.

Также весьма ценным компонентом проекта является информация о схемах и регионах продажи, сюда входит анализ рынков и потенциальных поставщиков, заключенные контракты на поставку, передача прав на эксклюзивные продажи, утвержденная цена продукта, перечень сопутствующих товаров и услуг.

9. Техническое сопровождение

В список затрат по проекту также входит организация послепродажного обслуживания устройства, а это, в свою очередь, влияет на цену продукта и его привлекательность для покупателей. На этапе организации технического сопровождения появляется список мероприятий и условий, которые предоставляются конечному потребителю (гарантийное обслуживание, техническая поддержка и т.п.).



Таким образом, если построить диаграмму формирования затрат на финансирование проекта по разработке продукта для рынка электроники с учетом разработки, производства и продаж, можно построить две условные диаграммы для различных типов электронных изделий:

Научеёмкий прибор для
промышленного применения



Диаграмма 1 – Распределение затрат на реализацию проекта по разработке, производству и продаже измерительного научного оборудования при серийности от 1 до 10 штук.

Устройство на массовом
потребительском рынке



Диаграмма 2 – Распределение затрат для смартфона, рассчитанного на рынок массовой потребительской электроники при серийности 1 млн. штук.

В первом случае основная ценность продукта заложена в разработке, а во втором — в продвижении и продажах. Конечно, эти показатели будут значительно меняться в зависимости от специфики конкретного проекта. Получить эту информацию в детализированном виде по чужим продуктам крайне сложно, т.к. она относится к коммерческой тайне. Аналитики в сфере информационных технологий могут оперировать лишь общедоступными данными о компании, сообщениями инсайдеров, а также проводить собственные исследования.

Аналитическая компания IHS ежегодно публикует выкладки с расчетами себестоимости электронных компонентов, из которых собраны новые устройства компании Apple. Так, по данным за апрель 2016 года, себестоимость смартфона iPhone SE составила 40 % от заявленной розничной цены на этот новый продукт (399 долл.). Соответственно, оставшиеся 60 %

(239 долл.) – это заложенная прибыль, затраты на маркетинг, разработку ПО и масса других сопутствующих расходов, которые мы описали в рамках этой статьи.

Основной вывод, который можно сделать на основе этого примера и нашего списка из 9 пунктов, заключается в том, что собственник продукта должен четко осознавать ценность каждой фазы своего проекта и в первую очередь концентрировать внимание на своей ключевой компетенции (именно ей нужно обеспечить повышенную защиту). Все остальное можно отдать на аутсорсинг.

Так, если вы создаете уникальный научеёмкий продукт в ограниченной серии, самая ценная информация по проекту – это, скорее всего, имя вашего заказчика и научная составляющая устройства. Если вы работаете на массовом потребительском рынке, вашим козырем может стать уникальная схема продаж и привлекательный дизайн. Если вы создаете электронные продукты для использования в промышленности, то ключевыми элементами проекта могут стать цена, надежность и ремонтопригодность устройств.

Грамотный контроль информации, которую получают внешние команды, и разумное разграничение задач для узкоспециализированных исполнителей позволяет значительно сократить риски. Не стоит бояться утечек информации на второстепенных этапах проекта, которые составляют незначительную часть вашей личной диаграммы интеллектуальной собственности. ■

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

Услуги на основе аутсорсинга:

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

Стоимость услуг определяется исходя из:

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

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

Контактная информация:

+ 375 17 388 44 70
buh@afk-m.com
220015, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. Пономаренко, д. 35 А, пом. 302, каб. 47

УНП 192263557



NOKIA SMART HOME ПОДКЛЮЧАЕТ ЖИЛОЙ СЕКТОР К «ИНТЕРНЕТУ ВЕЩЕЙ»

Компания Nokia представила новое решение класса Smart Home («умный дом»), которое позволит операторам ускорить предоставление услуг в жилом секторе абонентам, стремящимся использовать преимущества «Интернета вещей». Решение поддерживает широкий спектр датчиков, выключателей и других подключенных устройств, необходимых для «умного» учета и обеспечения безопасности и автоматизации жилища. Простое в эксплуатации решение полностью интегрировано и не требует специальных знаний для установки.

Новое решение Nokia Smart Home помогает операторам получать дополнительные доходы за счет предоставления новых услуг для «умных домов» существующим абонентам, дает простую и рациональную альтернативу множеству домашних устройств и сервисов из разряда «умный дом», которыми до сего дня было не так просто управлять.

По прогнозам, количество подключенных к «Интернету вещей» (Internet of Things, IoT) устройств может за период 2014 – 2020 г. вырасти с 1,6 до 20 – 46 млрд, исходя из этого сетевые операторы рассматривают разные варианты предоставления абонентам IoT-сервисов для всех аспектов жизнедеятельности. Предлагаемый компанией Nokia операторам одноблочный шлюз для «умного дома» дает абонентам возможность посредством смартфона или планшета без проблем контролировать все происходящее в доме и получать информацию, которую передают датчики температуры и движения, датчики открывания дверей и окон, детекторы дыма, электровыключатели и камеры наблюдения.

Джонатан Коллинз (Jonathan Collins), директор ABI Research по исследованиям в сфере «умных домов», сказал: «Обширный рынок «умных домов» еще молод. Но это ведущий сегмент «Интернета вещей» с очевидным потенциалом для быстрого роста, который обещает сетевым операторам новые доходы. При этом критичным фактором роста становится обеспечение взаимной совместимости несметного количества устройств. Операторам следует уделять самое пристальное внимание тому, чтобы разворачиваемые ими в «умных домах» устройства, будучи одноблочными, поддерживали самые разнообразные протоколы, включая Wi-Fi, ZigBee и Z-Wave».

Для упрощения и облегчения разворачивания в решении Nokia Smart Home реализованы три ключевых компонента. Первый компонент представляет собой единый блок, выполняющий функции оптического модема (Optical Network Terminal, ONT), а также шлюза для жилого сектора и «умного дома». Второй компонент – мобильное приложение для ОС IOS и Android для контроля жилища. Третий компонент – сквозная IoT-платформа управления, контролирующая экосистему «умных домов», с готовыми вариантами применения и управлением для всех «умных» домашних устройств.

Новый шлюз будет доступен операторам в конце 2016 г. Это полностью интегрированное, простое в установке решение для других сторонних (over the top, OTT) технологий даст операторам возможность полу-

чить долю растущего рынка «умных домов», который, по прогнозам, за период 2015–2020 г. может вырасти на 24 % и достичь 39 млрд долларов.

Новый шлюз вошел в состав IoT-портфеля Nokia, который за последние полгода пополнился различными сетевыми инфраструктурными решениями, включая также IoT-сервисы, специализированные вертикальные решения, IoT-устройства, IoT-Community, а также недавно представленные шлюз и платформу «Интернета вещей».

Федерико Гильен (Federico Guillén), глава подразделения фиксированных сетей компании Nokia, сказал: «В условиях быстрого развития «Интернета вещей» и растущего числа домашних интеллектуальных устройств абонентам необходима аппаратура, которую легко установить и которой просто управлять. На этом весьма фрагментированном рынке сетевые операторы получили уникальный шанс выделиться среди других OTT-игроков, позиционируя себя в качестве перспективных провайдеров для «умных домов». Nokia Smart Home дает операторам возможность опередить IoT-тренд и предложить заказчикам простое решение, полностью совместимое с ведущими технологиями и стандартами Wi-Fi для управления «умными» устройствами и приложениями. Оно также позволит операторам предлагать новые услуги по автоматизации и обеспечению безопасности, которые принесут дополнительный доход и еще больше укрепят лояльность клиентов».

В состав нового комплексного решения для сетевых операторов Nokia Smart Home вошли:

- Блок Nokia 7368 ISAM ONT G240WZ-A, выполняющий три функции: оптического модема, домашнего шлюза с двухдиапазонным параллельным подключением Wi-Fi и антенной, обеспечивающей наилучшее покрытие в домашних условиях, а также интеллектуального централятора с поддержкой Z-Wave и ZigBee.

- Мобильное приложение для смартфона или планшета, позволяющее управлять устройствами.

- IoT-платформа приложений и сервисов для экосистемы Smart Home с вариантами применения.

Услуги для «умных домов» — идеальная платформа для создания пакетного предложения, включающего пять сервисов (голос, видео, Интернет, мобильная связь, «умный дом»), и в перспективе способного снизить отток клиентов.

Поддержка Wi-Fi, Z-Wave и ZigBee позволяет контролировать 66 % всех «умных» устройств, поставленных в 2016 г.

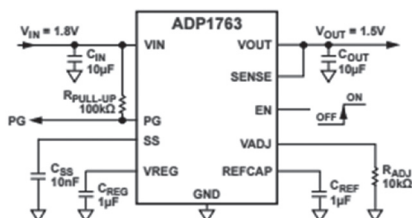
nokia.com



НОВЫЕ МИКРОСХЕМЫ ADI

УПРАВЛЕНИЕ ПИТАНИЕМ И ТЕПЛОВОМ РЕЖИМОМ

Линейный стабилизатор с малым падением напряжения, низким шумом, выходным током 3 А и входным напряжением от 1,1 В

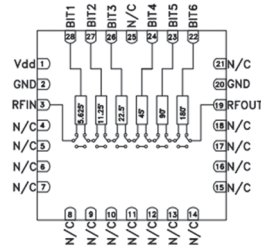


Благодаря малому падению напряжения (80 мВ при токе нагрузки 2 А) ADP1763 улучшает КПД и позволяет работать с более широким диапазоном входных напряжений. КПД преобразования напряжения также повышается за счет того, что при очень низких VIN компонент способен поддерживать гораздо меньшую разницу между VIN и VOUT, чем при использовании стандартных напряжений питания. ADP1763 выпускается в 16-выводном корпусе LFCSP (3x3 мм) и работает в промышленном температурном диапазоне от -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$.

Линейный стабилизатор с малым падением напряжения, низким шумом, выходным током 2 А и входным напряжением от 1,1 В

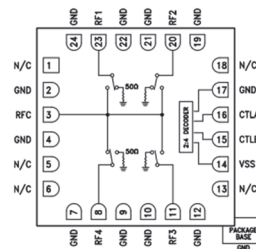
ADP1762 оптимизирован для стабильной работы с миниатюрными керамическими выходными конденсаторами 10 мкФ и поддерживает хороший переходный отклик при минимальной занимаемой на печатной плате площади. Компонент выпускается в различных вариантах с фиксированными выходными напряжениями в диапазоне от 0,5 В до 1,6 В с шагом 25 мВ. Он содержит схемы защиты от короткого замыкания и перегрева, предотвращающие повреждения в жестких рабочих условиях. ADP1762 имеет 16-выводный корпус

LFCSP (3x3 мм) и работает в промышленном температурном диапазоне от -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$



Линейный стабилизатор с малым падением напряжения, низким шумом, выходным током 1 А и входным напряжением от 1,1 В

ADP1761 оптимизирован для стабильной работы с миниатюрными керамическими выходными конденсаторами 10 мкФ и поддерживает хороший переходный отклик при минимальной занимаемой на печатной плате площади. Компонент выпускается в различных вариантах с фиксированными выходными напряжениями в диапазоне от 0,5 В до 1,6 В с шагом 25 мВ. Он содержит схемы защиты от короткого замыкания и перегрева, предотвращающие повреждения в жестких рабочих условиях. ADP1761 выпускается в 16-выводном корпусе LFCSP (3x3 мм) и работает в промышленном температурном диапазоне от -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$.

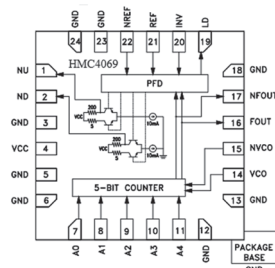


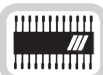
ВЧ И ПЧ КОМПОНЕНТЫ, КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОЙ И ШИРОКОПОЛОСНОЙ СВЯЗИ

Шестиразрядный цифровой фазовращатель с гарантированной полосой рабочих частот от 1,2 до 1,4 ГГц и диапазоном регулировки фазы 360°

HMC936A обладает крайне низкой среднеквадратической погрешностью фазы ($1,2^{\circ}$) и крайне малой неравномерностью вносимых помех ($\pm 0,5$ дБ) во всем диапазоне значений фазы. Этот высокоточный фазовращатель управляется логическими сигналами положительной полярности (0/+5 В) и не требует отрицательного напряжения питания. К возможным областям применения компонента относятся средства РЭБ, схемы фазовой компенсации и модули

формирования диаграммы направленности. HMC936A выпускается в 28-выводном корпусе для поверхностного монтажа с габаритами 6 мм x 6 мм и работает в промышленном температурном диапазоне от -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$.





ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОНТАЖ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В МЕДИЦИНСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Рассмотрим более подробно компоненты, которые входят в систему для электроснабжения медицинских объектов.

ОКОНЧАНИЕ. Начало в № 6-2016

Устройства контроля изоляции для линий 230 В

ISOLTESTER – это устройство контроля состояния изоляции компании АББ, предназначенное для использования в медицинских сетях электрического питания с изолированной нейтралью для помещений группы 2. ISOLTESTER контролирует сопротивление изоляции сети электропитания, а также электрическую или тепловую перегрузку трансформатора согласно предписаниям международных стандартов:

МЭК 61557-8

МЭК 60364-7-710

UNE 20615.



Рисунок 6 – Устройство контроля состояния изоляции ISOLTESTER

Сопротивление изоляции измеряется с помощью сигнала постоянного тока и измерения тока утечки на землю. Наличие в приборе цифрового фильтра обеспечивает эффективность измерений даже при наличии помех и гармонических составляющих.

С помощью ЖК дисплея и четырех кнопок можно легко запрограммировать устройство, установить пороговые значения срабатывания, при этом возможность ошибки полностью исключена (настраиваемые значения находятся в пределах, установленных стандартами).

При установленных на обмотках медицинского разделительного трансформатора датчиков PT100 прибор

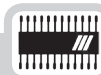
ISOLTESTER позволит контролировать электрическую и тепловую перегрузку путем задания пороговых значений температуры.

Контроль перегрузки трансформатора позволяет избежать установки автомата защиты после вторичной обмотки. Информация обо всех неисправностях передается дистанционно с помощью панелями удаленной сигнализации (до 4-х панелей можно подключить к одному прибору ISOLTESTER-DIG-PLUS). Кроме того, система контроля сбоя в соединении выполняет самодиагностику устройства путем проверки наличия и правильности подключения проводов к клеммам прибора. Это позволяет исключить возможность работы медицинского помещения группы 2 без устройства контроля состояния изоляции.

ISOLTESTER-DIG-PLUS работает с кодированным сигналом, который гарантирует надежность измерений в любом состоянии, даже при наличии сильных помех в сети, создаваемых электронным оборудованием в помещении. Кроме того, эта версия оборудована последовательным портом RS485, что позволяет интегрировать устройство с системами связи PLC/PC по протоколу ModbusRTU. Измерение максимального и минимального значений каждого параметра является важным условием для определения ошибки. Наконец, программируемое реле позволяет контролировать любое тревожное состояние.

Преимущества устройства ISOLTESTER:

- ISOLTESTER специально разработан для использования в медицинских учреждениях;
- контроль и электрических и температурных параметров с помощью одного устройства;
- позволяет задавать пороги срабатывания по всем контролируемым значениям;
- является признанным стандартом для контроля изоляции в учреждениях здравоохранения;
- возможность измерения и отображения сопротивления, температуры первичной и вторичной обмотки трансформатора, импеданса, тока перегрузки;
- последовательный порт связи RS485 с протоколом ModbusRTU (для версии PLUS);
- контроль максимальных и минимальных значений (для версии PLUS);
- устойчивость к сетевым помехам (для версии PLUS).



Устройства контроля изоляции для линий БСНН 24В (SELV)

SELVTESTER-24 – это устройство контроля изоляции для линий БСНН 24 В постоянного или переменного тока, предназначенное для медицинских помещений, где имеются линии 24 В и 230 В. Постоянный контроль линий низкого напряжения в таких помещениях рекомендуется стандартом МЭК 60364-7-710, так как в случае короткого замыкания возможен скачок напряжения более 250 В, что способно причинить вред людям или дорогостоящему медицинскому оборудованию.

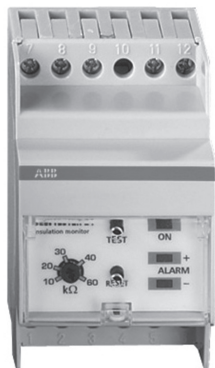


Рисунок 7 – Устройство контроля изоляции для линий БСНН 24В SELVTESTER-24

Технические характеристики:

- SELVTESTER-24 контролирует сопротивление изоляции вышеуказанных цепей 24 В переменного или постоянного тока, которые служат для питания бестеневых операционных ламп. Контроль изоляции бестеневых ламп очень важен, так как при изменении положения лампы провода могут отсоединиться и войти в контакт с металлическими конструкциями;

- SELVTESTER-24 измеряет изменение потенциала полюсов относительно земли и сигнализирует о падении сопротивления ниже указанного значения, позволяя немедленно выявить неисправность. Для линий постоянного тока также возможно определить ошибочный полюс. Выходной сигнал устройства передается на панели удаленной сигнализации QSD-DIG 230/24, установленные в помещениях, где находится медицинский или технический персонал.

На лицевой панели SELVTESTER-24 имеется проводочная кнопка, индикатор состояния и два светодиода для предупреждения о низком сопротивлении изоляции. Микропереключатели позволяют установить порог срабатывания (10 – 50 кОм). Кнопка проверки TEST позволяет периодически выполнять проверку функционирования.

Преимущества SELVTESTER:

- Компактность – занимает всего три модуля;
- Практичность – максимально прост при установке и использовании;
- Гибкость – программирование порогов сигнализации;
- Определение неисправного полюса для цепей постоянного тока.

Панели дистанционной сигнализации QSD

Панели дистанционной сигнализации QSD позволяют удаленно оповещать медицинский и технический персонал об аварии. С помощью специальных индикаторов имеется возможность определить тип произошедшей аварии: замыкание на землю, температурная или токовая перегрузка трансформатора.



Рисунок 8 – Панель дистанционной сигнализации QSD

Характеристики:

- Панели управления QSD-DIG 230/24 легко монтируются в стену с помощью стандартных коробок, которые идут в комплекте с панелями;

- Панель имеет кнопку TEST для периодической проверки исправности, а также кнопку MUTE, которая позволяет одновременно отключить звуковую сигнализацию на всех панелях, которые подключены к устройству контроля изоляции ISOLTESTER. QSD-DIG 230/24 полностью совместима со всеми устройствами контроля изоляции компании АББ для цепей 230 В и 24 В, то есть как для производимых в данный момент, так и для более ранних версий.

Монтаж можно выполнять с помощью стандартного провода 0,35 мм², обеспечивающего передачу сигнала на расстояние 300 м.

QSD-DIG 230/24 соответствует следующим международным стандартам:

- МЭК 612010-1
- МЭК 61557/8
- МЭК 60364-7-710
- UNE 20615
- МЭК 61326-1 (Электромагнитная совместимость)

Преимущества:

- Малые размеры.
- Возможность установки в стандартной коробке.
- Немедленное распознавание типа неисправности.
- Одновременное отключение звукового сигнала нескольких панелей.
- Двойная сигнализация – звуковая и световая.

Таким образом, представлена линейка продуктов H+LINE, которая, обеспечивая безопасность и бесперебойность работы в любом медучреждении, воплощает полезный опыт в области здравоохранения.

abb.by



ВСЕМУ ЕСТЬ ПРЕДЕЛ

ЗАДАННЫЕ И ПРЕДЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

От редакции. В № 4 журнала «Электроника инфо» мы опубликовали великолепную статью «не соЖГУТ, не перетрут» об особенностях защиты стволів жгутов специальной техники. Ее автор работает в российской компании «Диполь», известной в сфере высокотехнологических радиоэлектронных проектов. Сегодня мы предлагаем материал коллег (журнал «Эксперт +», корпоративное издание компании «Диполь»), который, надеемся, заинтересует специалистов, имеющих отношение к силовой электронике. В нем изложена информация о подходах в использовании источников питания, современных новинках в этой области, способах решения задач при тестировании, о заданных и предельных значениях тока и напряжения источников питания.

■ **АЛЕКСЕЙ ТЕЛЕГИН**, ведущий блога по источникам питания *Keysight Technologies*

Когда заданные и предельные значения ничем не отличаются

Недавно у меня с коллегой разгорелся спор о работе источников питания в режиме стабилизации тока и стабилизации напряжения и о разнице между заданными и предельными значениями. «Заданные и предельные значения – это одно и то же!» – заявил он. Я не согласился. Затем мы оба использовали убедительные аргументы в защиту своих позиций.

Мой оппонент приводил в пример источник питания постоянного тока, который может работать в режимах стабилизации напряжения и стабилизации тока. Я согласился с тем, что это достаточно удачная отправная точка. Кстати, хочу отметить, существует распространенное мнение или даже глубокое убеждение, что при хорошей стабилизации значений напряжения и тока, настраиваемых или фиксированных, они являются просто пределами, а не установленными уровнями, вот и весь разговор. Затем коллега продолжил: «Если нагрузка источника питания такова, что он работает в режиме стабилизации напряжения, то установленное напряжение является уровнем, а установленный ток – пределом. Если нагрузка возрастет настолько, что источник перейдет из режима стабилизации напряжения в режим стабилизации тока, то установленное напряжение станет пределом, а установленный ток – уровнем!» (рисунок 1). Достаточно убедительно! Для

недорогого источника питания постоянного тока, действующего лишь в первом квадранте и способного работать только источником, ток и напряжение попеременно выступают то в роли установленного уровня, то в роли предельного значения, в зависимости от того, работает ли источник в режиме стабилизации напряжения или в режиме стабилизации тока.

Заданные и предельные значения регулируются одними и теми же цепями. Это относится и к программированию – имеются только команды установки уровней напряжения и тока. Отдельных команд установки пределов не существует. Казалось бы, я начал сдавать позиции в споре! Но все же не сдался. Мир источников питания куда сложнее этого представленного униполярного одноквадрантного варианта. Давайте рассмотрим ситуацию, когда заданные и предельные значения могут не совпадать.

Когда заданные и предельные значения не совпадают

Итак, мой коллега привел достаточно убедительный пример, когда заданные и предельные значения тока и напряжения ничем не отличаются друг от друга, а являются просто удобными терминами для описания работы источника питания в режиме стабилизации тока или стабилизации напряжения. Я придерживаюсь другого мнения, и теперь пришла моя очередь объяснить, почему я считаю, что заданные и предельные значения – это не одно и то же.

Мне часто приходилось использовать источники/измерители (SMU), которые поддерживают работу в нескольких квадрантах. Фактически они имеют режим подачи постоянного напряжения и режим подачи постоянного тока. В таких режимах SMU функционирует как источник напряжения с установленным предельным значением тока или наоборот, как источник тока с установленным предельным значением напряжения. Отличия начинаются уже с настройки режимов. Уровень выходного напряжения или тока устанавливается в ноль, если соответствующий предел тока или напряжения установлен на ненулевое значение, часто максимальное, в результате чего источник соответствующим

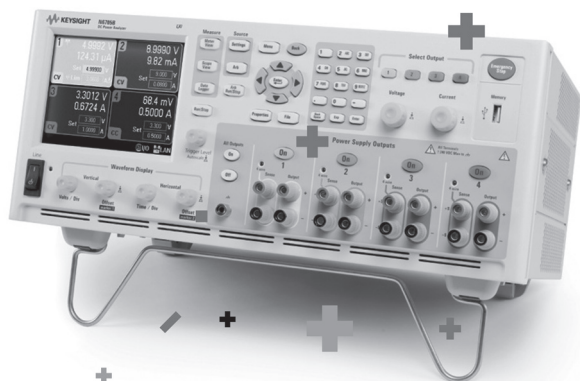


Рисунок 1 – Униполярный, одноквадрантный источник питания постоянного тока

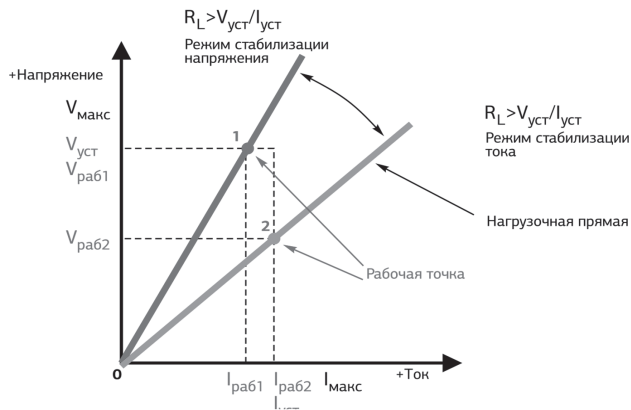


Рисунок 2 – Предельная мощность источника питания с автоматическим выбором диапазона

образом начинает действовать либо в режиме стабилизации напряжения, либо в режиме стабилизации тока (в нормальных условиях эксплуатации).

Некоторые приборы обладают программируемой или фиксированной предельной мощностью. В одном из известных мне устройств программируемая предельная мощность имела более высокий приоритет, чем установки тока или напряжения, и ограничивала напряжение, если прибор работал в режиме источника тока, или ограничивала ток, если прибор находился в режиме источника напряжения. Впрочем, эта функция работала не в режиме реального времени. Она снижала предел в зависимости от установленного уровня, не позволяя пользователю случайно вызвать перегрузку тестируемого устройства.

Однако существует множество других источников питания с автоматической установкой выходного диапазона, предлагающих расширенный диапазон тока и напряжения для заданной выходной мощности. Они используют фиксированную предельную мощность для защиты самого источника питания от случайной перегрузки, как показано на рисунке 2. Обычно считается, что нужно работать ниже предельного значения, стараясь не приближаться к нему. Смысл всего сказанного в том, что установленная мощность может являться предельным значением, а не заданным уровнем. Если говорить конкретно, то некоторые SMU могут использовать два предела для ограничения диапазона указанными положительным и отрицательным предельными значениями.

Не все тестируемые устройства (ТУ) являются пассивными нереактивными устройствами. Например, ТУ может быть 2-квadrантным источником напряжения, который надо испытать в рамках его предельных значений, или аккумуляторной батареей, которую вы хотите зарядить и разрядить с заданной скоростью с помощью источника питания, работающего в составе вашей измерительной системы. Такая схема показана на рисунке 3.

На рисунке 4 представлены выходные характеристики некоторого SMU с приоритетом стабилизации напряжения или тока, имеющего два программируемых предела тока.

Ясно, что оба предела не могут одновременно выступать в роли установленного уровня, поскольку установленный уровень может иметь лишь одно значение. Если напряжение SMU для нагрузочной прямой 1

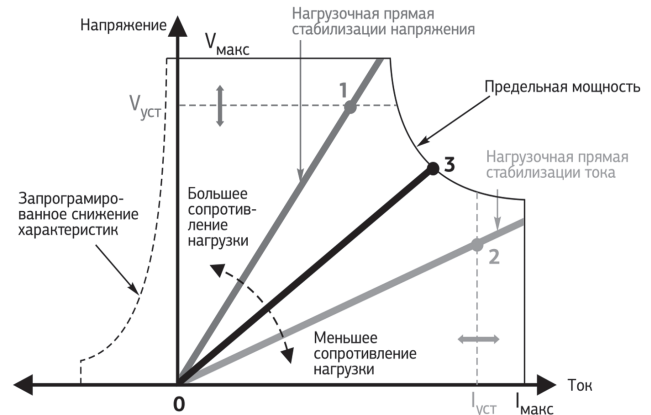


Рисунок 3 – Источник питания измерительной системы, подающий напряжение на выход тестируемого источника

внешнего источника напряжения (а нагрузка не всегда бывает резистивной!) становится меньше напряжения ТУ (нагрузочная прямая $V_{внеш1}$), ток становится равным $-I_{пред}$. И наоборот, если напряжение SMU становится больше напряжения ТУ (нагрузочная прямая $V_{внеш2}$), ток становится равным $+I_{пред}$. Если тестируемое устройство представляет собой батарею, такое поведение можно использовать для ее заряда и разряда до указанных уровней напряжения. Это поведение достигается в режиме работы с приоритетом напряжения. Режим работы с приоритетом тока даст совершенно другие результаты. Понимание таких нюансов, как приоритет тока, приоритет напряжения, уровни и пределы, позволяет использовать источники питания с максимальной эффективностью для решения самых необычных и сложных проблем.

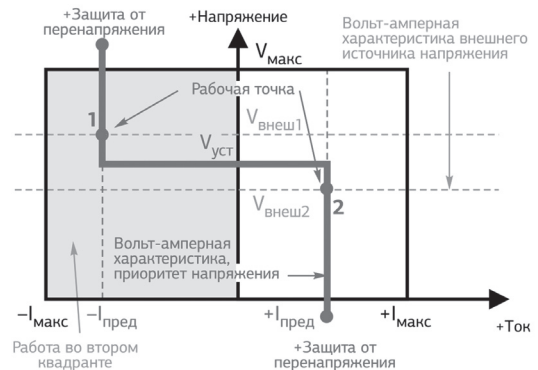
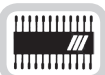


Рисунок 4 – Пример выходной характеристики в режиме с приоритетом тока, когда ТУ является источником напряжения

В заключение я согласился со своим коллегой, что во многих измерительных схемах и в большинстве источников питания разницы между установленными уровнями и предельными значениями тока и напряжения практически нет. Однако во многих более сложных ситуациях, особенно при работе с активными ТУ и при использовании источников питания с расширенными возможностями, таких как SMU, может потребоваться независимая установка уровней и предельных значений тока и напряжения, поскольку в этом случае они уже не совпадают!

dipaul.ru



СЛЕДУЮЩЕЕ ПОКОЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПИТАНИЕМ

Цифровое управление источниками питания продолжает совершенствоваться благодаря самым последним новшествам в аналоговой и цифровой областях. В статье рассматриваются возможности цифрового управления с помощью нового семейства контроллеров третьего поколения dsPIC33EP GS от компании Microchip.

■ **ТОМ СПОРЕР (TOM SPOHRER)**, менеджер по маркетингу продукции, Microchip Technology

Дальнейшее внедрение средств цифрового управления силовыми преобразователями и системами распределенного питания осуществляется благодаря высокой функциональной гибкости и эффективности. Однако появление этих средств происходит не по мановению волшебной палочки, а в результате использования сложных современных алгоритмов, работающих с высокой скоростью обработки данных, позволяя оптимизировать эффективность импульсных источников питания (ИИП).

Оптимизация ИИП позволяет повысить эффективность конечной продукции. Вопрос, однако, заключается в том, чтобы эффективное функционирование приложений стало возможным в широком диапазоне режимов нагрузки. С разработкой метода коррекции коэффициента мощности появились новые возможности увеличить эффективность изделий в соответствии с рыночным спросом и нормативными требованиями. Этим методом воспользовались производители полупроводников, непрерывно совершенствующие свою продукцию с помощью цифрового управления питанием. Программные алгоритмы обеспечивают универсальные и эффективные решения при использовании соответствующего оборудования.

Цифровое управление

Силовое преобразование всегда начинается с источника переменного тока, который выпрямляется до постоянной величины, а затем понижается до нескольких промежуточных значений, пока не поступит в нагрузку. Коэффициент мощности системы представляет собой отношение активной мощности к полной; чем ближе он к единице, тем эффективнее система. Коррекция коэффициента мощности (ККМ) – способ повысить этот коэффициент. С этой целью используются понижающие, повышающие или понижающе-повышающие преобразователи с цифровым управлением. Переход между аналоговой и цифровой частями системы, как правило, вносит дополнительную задержку; задержка в контуре управления состоит из времени, необходимого на преобразование и измерение результатов этого преобразования. В установившемся режиме задача преобразования решается относительно просто, но при изменении нагрузки скорость, с которой работает контур управления, непосредственно влияет на ККМ и эффективность системы.

Эта задача усложняется, если POL-каскаду (point of load – локализованный к нагрузке) требуется малое напряжение, но большие уровни тока, как в современных встраиваемых системах. Современные ПЛИС и ASIC непрерывно работают при малых напряжениях величиной 3,3 В и ниже, но тре-

буют намного большего тока. Более того, их потребности находятся в большой зависимости от условий эксплуатации. Как видно из рисунка 1, цифровое управление применяется на протяжении всего силового преобразования, чтобы не только обеспечить более высокую эффективность, но и функциональную гибкость в широком диапазоне нагрузок.

Такое управление стало возможным благодаря непрерывному совершенствованию современных алгоритмов, в т. ч. адаптивных, которые реагируют на изменения в уровне нагрузки, а также нелинейных и предикативных алгоритмов, улучшающих динамические характеристики при переходных процессах. По мере развития полупроводниковых технологий производители получают возможность использовать эти алгоритмы, расширяя возможности решений по цифровому управлению, повышая частоту коммутации и, следовательно, эффективность приложений и плотность энергии.

Цифровые сигнальные контроллеры

Появление цифрового управления в силовых преобразователях, электроприводах и схожих приложениях, где применяется адаптивное управление, привело к созданию цифровых сигнальных контроллеров (Digital Signal Controllers, DSCs). Эти устройства, объединяющие в себе преимущества цифровых сигнальных процессоров (DSP), широко используемых для обработки звуковых и видеосигналов, а также микроконтроллеров, относятся к новому классу устройств, успешно реализующих алгоритмы управления, слишком сложные для традиционных МК, и оснащены периферией и интерфейсами, которые, как правило, отсутствуют у DSP.

Число DSC-контроллеров на рынке увеличивается. Те из них, которые наилучшим образом соответствуют спросу, позволяют увеличить скорость и точность работы контуров управления в приложениях, а также извлечь все преимущества самых последних разработок в области управляющих алгоритмов.

По сути, DSC-контроллеры представляют собой полное решение, в котором цифровая обработка сигналов объединена с аналоговой периферией. Поскольку обе части этих устройств должны функционировать как единое целое, полностью интегрированные контроллеры обеспечивают в этом смысле наилучшую реализацию. Сочетание аналоговой и цифровой технологий в одном устройстве требует определенных компромиссов, но не за счет ухудшения характеристик обеих частей, от которых, в первую очередь, требуется слаженная работа для обеспе-

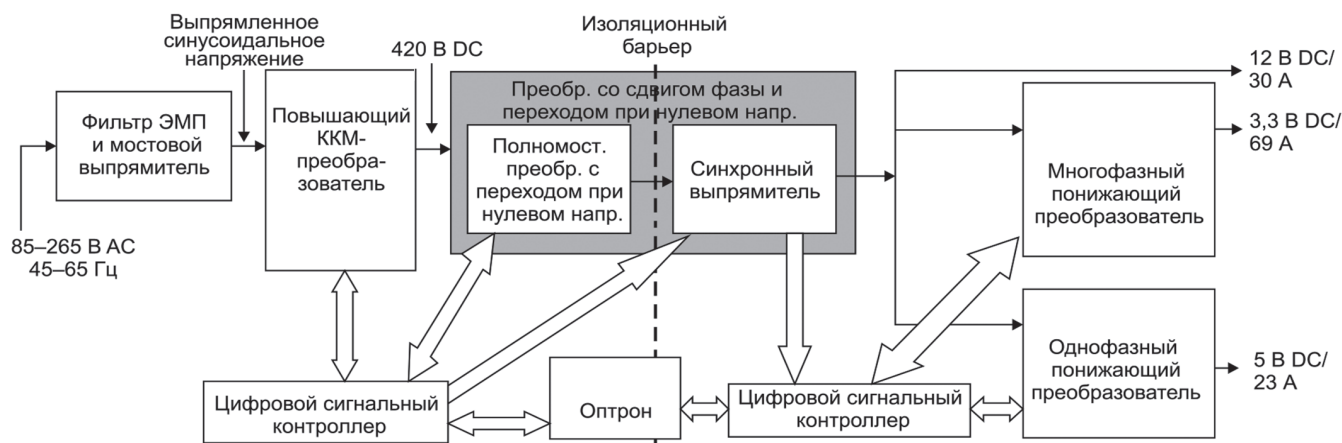


Рисунок 1 – Структурная схема AC/DC импульсного источника питания

чения лучших решений. Обязательными элементами DSC-контроллеров является ядро, на котором выполняются алгоритмы обработки сигналов, один или несколько АЦП для преобразования сигналов, блок ШИМ для управления силовыми ключами в понижающе-повышающих цепях преобразования. Комбинация этих элементов в одной архитектуре, которая поддерживает быстродействующие управляющие контуры, является ключевой для успешной работы DSC-контроллеров, обеспечивающих эффективное AC/DC- и DC/DC-преобразование.

Аналого-цифровые решения

Семейство третьего поколения dsPIC33EP GS от компании Microchip (рисунок 2) обладает более совершенными характеристиками по сравнению с семейством второго поколения. Так, например, производительность ядра новых контроллеров увеличилась на 20 MIPS, составив 70 MIPS. Кроме того, более высокую производительность в приложениях с цифровым управлением питанием обеспечивают наборы контекстно-зависимых рабочих регистров ядер новых контроллеров. Ядро с двумя добавленными наборами рабочих регистров позволяет почти мгновенно осуществить переключение контекста. Были усовершенствованы также аналоговые периферийные устройства.

Например, контроллеры этого семейства оснащены пятью 12-разрядными АЦП, у которых задержка на преобразование уменьшилась с 600 до 300 нс по сравнению с АЦП контроллеров предыдущего поколения. С 2 до менее чем 1 мкс уменьшилась задержка при использовании контура управления с тремя полюсами и тремя нулями, что повысило устойчивость функционирования за счет меньшего фазового размытия. Более высокая скорость работы управляющих контуров позволяет повысить коммутационную частоту и улучшить характеристику переходного процесса. Благодаря лучшим характеристикам выросла плотность мощности – появилась возможность уменьшить размеры источников питания, использовать меньше дискретных пассивных компонентов малого размера.

Кроме того, архитектура контроллеров семейства GS стала более совершенной благодаря двойным сегментам флэш-памяти, позволяющим реализовать функцию автоматического обновления. В результате управляющие

алгоритмы или любое другое программное обеспечение DSC-контроллеров получило возможность обновляться в полевых условиях. При этом у источников питания сохраняется полная работоспособность. Новое программное обеспечение загружается во второй нерабочий сегмент флэш-памяти. После его проверки ядро переключается в режим исполнения из второго сегмента памяти. Эта функция очень востребована приложениями с высокой степенью готовности, например, источниками питания для серверов, где даже небольшое увеличение эффективности позволяет существенно сократить эксплуатационные расходы. В отсутствие данной функции для обновления программного обеспечения требуются запланированные или незапланированные перерывы в работе оборудования либо отказ от модификации кода, что ведет к потере потенциальной выгоды. Разумеется, оба этих варианта неприемлемы для серверного оборудования.

Выводы

Цифровое управление силовыми преобразователями продолжает совершенствоваться, все больше заменяя системы аналогового управления благодаря таким преимуществам как функциональная гибкость и более высокая эффективность. Несмотря на сложность реализации цифрового управления, его преимущества выглядят очень убедительно. Цифровое управление питанием отвечает не только более строгим нормативным требованиям, но обеспечивает реализацию более эффективных решений за счет функции автоматического обновления даже в системах с высокой степенью готовности.

DSC-контроллеры успешно применяются в приложениях с цифровым управлением и многих других системах, в которых для выполнения сложных алгоритмов требуется аналоговая периферия с высокими показателями работы. Решения с использованием смешанных сигналов позволяют совершенствовать характеристики приложений на каждом уровне. Современные полностью интегрированные и программируемые решения dsPIC33EP GS, в которых реализована передовая технология DSC, дают возможность создавать источники питания с функциями управления следующего поколения.

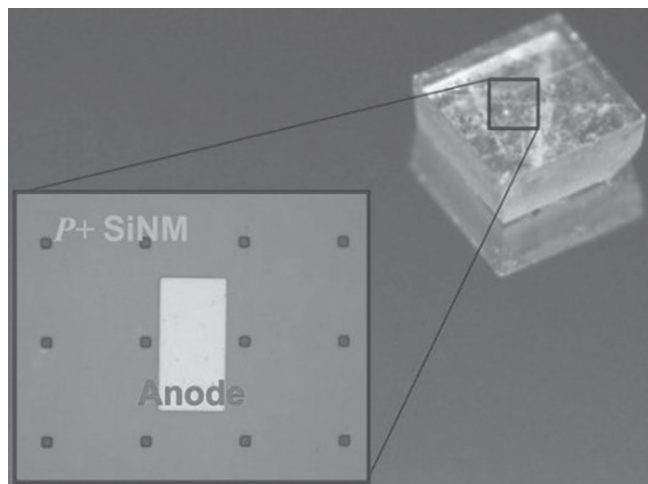
elcomdesign.ru



АЛМАЗ СТАЛ ИДЕАЛЬНЫМ ПОЛУПРОВОДНИКОМ ДЛЯ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Исследователи из университета Висконсина предложили новый способ легирования монокристаллических алмазов. При введении в материал атомов углерода атомов бора при относительно низкой температуре кристаллы алмаза не только не разрушаются, но и приобретают новые свойства. Например, они становятся идеальными полупроводниками для производства мощной силовой электроники.

В отличие от других полупроводниковых материалов, алмазы могут эксплуатироваться при высоких электрических потенциалах, а низкое удельное сопротивление в случае правильного легирования кристалла позволяет кристаллу проводить сильный электрический ток. Алмаз является одним из лучших проводников тепла, поэтому проблема охлаждения решается достаточно просто. Несмотря на столь интересные характеристики, практическое использование алмазов в качестве полупроводников пока затрудняется прочностью их структуры. Тяжело правильно вводить в кристалл атомы легирующих добавок, а также нарезать из синтезированных кристаллов заготовки для полупроводниковых приборов.



Однако перспективы у новой технологии настолько заманчивые, что было решено соединить монокристаллический алмаз с кремнием, предварительно легированным атомами бора, затем нагреть все это до 800 градусов. Атомы бора под воздействием тепловых колебаний мигрируют из кремния внутрь алмаза. Эксперименты пока не окончены, но результаты уже обнадеживают.

Процесс происходит при относительно низкой для таких процессов температуре и это обусловлено некоторыми особенностями строения легированного кремния. В структуре такого кремния присутствуют свободные места в кристаллической решетке. Под влиянием тепловых колебаний атомы углерода из алмаза заполняют эти вакансии, оставляя пустое место в структуре алмаза, которое заполняется атомом бора.

Такая технология получила название избирательного легирования и позволяет получить высокую степень контроля над производимым процессом. При помощи этого метода достаточно просто легировать определенные места монокристаллического алмаза, для этого требуется лишь наложить кремний на нужные места и нагреть до необходимой температуры.

Пока новый метод работает в отношении легирования р-типа, при котором атомы примесей создают носители положительного электрического заряда, так называемые электронные дырки, места в кристаллической решетке с одним отсутствующим электроном. Используя полученные алмазные полупроводники р-типа, исследователи уже изготовили первые образцы простейших электронных приборов, таких, как диод.

Но для того, чтобы построить более сложные электронные приборы, такие, как транзистор, требуется легирование N-типа, легирование примесью, атомы которой создают носители отрицательного электрического заряда, лишние электроны в кристаллической решетке. Пока у ученых нет технологии такого легирования, но результаты исследований вдохновили другие научные группы, работающие в данном направлении. Возможно, вскоре появятся новые полупроводниковые приборы, которые будут использоваться для управления электрическим током большой мощности.

dailytechinfo.org

ЭЛЕКТРОНИКА
научно-практический журнал
ИНФО

ПОДПИШИСЬ!

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



МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ СОЦИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ

УДК 579.234.3

А.И. Трубей, НИИ прикладных проблем математики и информатики БГУ, г. Минск

Аннотация

В статье предлагается методика оценки статистических данных о численности населения Республики Беларусь с использованием критерия хи-квадрат.

Введение

Широкое применение новых информационных технологий, компьютерной техники, позволило значительно усовершенствовать методологию и методику социологических исследований, практику сбора и обработки социологических данных, что привело к развитию математических методов социологического анализа [1]. Они дают возможность осуществлять анализ и интерпретацию первичной социологической информации, а также верифицировать полученные данные.

В статье рассматривается методика, основанная на статистическом критерии хи-квадрат как мере статистической значимости связи между различными выборками. В качестве исходного материала для анализа используются официальные статистические данные о численности населения, постоянно проживающего на территории Республики Беларусь, а также о его составе по полу, возрасту, состоянию в браке, уровню образования. Реализация данной методики с использованием современных информационных технологий позволит научно обосновать принимаемые решения и усовершенствовать процесс обработки результатов социологических исследований.

1. Теоретические основы критерия хи-квадрат, используемого для проверки однородности статистических выборок

Рассмотрим $M \geq 2$ независимых выборок, каждая из которых есть реализация некоторой полиномиальной схемы с исходами $1, \dots, N$ (M и N фиксированы). Объемы выборок равны $t_1, \dots, t_M$ соответственно. Обозначим $t = \sum_{k=1}^M t_k$ и $t_0 = \min\{t_1, \dots, t_M\}$.

Полиномиальная схема с исходами $1, \dots, N$ определяется вектором

$$\bar{p} = (p_1, \dots, p_N), p_i > 0 \ (i = 1, \dots, N), \sum_{i=1}^N p_i = 1, \quad (1)$$

где p_i – вероятность реализации исхода i . Множество векторов вида (1) обозначим A_N . В общем случае k -я

выборка представляет собой реализацию полиномиальной схемы с вероятностями исходов, определяемыми вектором $\bar{p}_k = (p_{k,1}, \dots, p_{k,N}) \in A_N, k = 1, \dots, M$.

$$\text{Положим, } \bar{p} = (\bar{p}_1, \dots, \bar{p}_M) = (p_{1,1}, \dots, p_{1,N}, \dots, p_{M,1}, \dots, p_{M,N}). \quad (2)$$

Если вероятности (2) удовлетворяют условию

$$p_{1,i} = \dots = p_{M,i}, \ i = 1, \dots, N, \quad (3)$$

то говорят, что имеющиеся выборки статистически однородны и что для них выполняется гипотеза H_0 . Если же условие (3) не выполняется, то вероятности (2) задают фиксированную альтернативу $H_{(\bar{p})}$ гипотезе H_0 .

Для проверки однородности полиномиальных выборок обычно используют статистику хи-квадрат [2].

$$\chi^2 = \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^N \frac{(v_{k,i} - t_k m_i / t)^2}{t_k m_i / t} = t \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^N \frac{1}{t_k m_i} \left(v_{k,i} - m_i \frac{t_k}{t} \right)^2. \quad (4)$$

В этой формуле $v_{k,i}$ – частота исхода i в k -й выборке, $m_i = \sum_{k=1}^M v_{k,i}$.

При $t_0 \rightarrow \infty$ статистика (4) сходится по распределению к случайной величине $\chi_{(M-1)(N-1)}^2$, имеющей распределение хи-квадрат с $(M-1)(N-1)$ степенями свободы.

Проверяемая гипотеза принимается, когда вычисленное значение статистики χ^2 не превышает критического значения χ_p^2 , или достигнутый уровень значимости (p -value) [3],

$$p = P(\chi^2 > \chi_p^2) = \frac{1}{2^{\frac{(M-1)(N-1)}{2}} \Gamma\left(\frac{(M-1)(N-1)}{2}\right)} \int_{\chi_p^2}^{\infty} x^{\frac{(M-1)(N-1)}{2}-1} e^{-x/2} dx, \quad (5)$$

больше заданного уровня значимости (заданной вероятности ошибки 1-го рода) α , где $\Gamma\left(\frac{(M-1)(N-1)}{2}\right)$ – Гамма-функция Эйлера.

2. Методика оценки однородности статистических выборок с использованием критерия хи-квадрат

Методика основана на выявлении различия дискретных вероятностных распределений по наблюдаемым выборкам с помощью критерия хи-квадрат однородности и состоит из следующих этапов:

2.1. Формирование статистических выборок $v_{k,i}$, упорядоченных по определенным признакам, на-



пример, данные о количественном и качественном составе населения, полученные в результате переписи.

2.2. Вычисление статистики хи-квадрат однородности (4).

2.3. Вынесение решения по правилу:

принимается гипотеза $\begin{cases} H_0, \text{ если } \chi^2 \leq \chi_p^2 \\ H_{(\bar{p})}, \text{ если } \chi^2 > \chi_p^2 \end{cases}$.

2.4. Если $\chi^2 \leq \chi_p^2$, то полагаем, что все выборки однородны.

2.5. Если $\chi^2 \geq \chi_p^2$, это означает, что в комплекте не все выборки однородны. Для выявления неоднородных выборок осуществим C_M^2 попарных сравнений выборок по статистике χ^2 однородности, вычисленной по формуле (4) при $M = 2$. В каждом из этих случаев мы будем иметь 2 независимые выборки, $N - 1$ степеней свободы и формула (4) примет вид [3]

$$\chi^2 = t_1 t_2 \sum_{i=1}^N \frac{1}{\mu_i + v_i} \left(\frac{\mu_i}{t_1} - \frac{v_i}{t_2} \right)^2, \quad (6)$$

где $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_i, \dots, \mu_N; v_1, v_2, \dots, v_i, \dots, v_N$ – наборы частот соответственно первой и второй выборок; $t_1 = \sum_{i=1}^N \mu_i$; $t_2 = \sum_{i=1}^N v_i$. При этом для всех ожидаемых частот должно соблюдаться условие: $t_1 p_{1,i}; t_2 p_{2,i} \geq 5$.

В результате построим треугольную таблицу размером $(M - 1) \times (M - 1)$ со строками $1, \dots, M - 1$ и столбцами $2, \dots, M$. На пересечении строки k и колонки l ($k < l$) приведено соответствующее значение статистики $\chi_{k,l}^2$, полученное при сравнении k -й и l -й выборок. Если статистика $\chi_{k,l}^2$ для $N - 1$ степеней свободы не превышает критическое значение $\chi_{N-1,p}^2$, которое согласно (5) соответствует уровню значимости p , то полагаем, что выборки однородны. В противном случае считаем, что выборки неоднородны.

2.6. В некоторых случаях представляет интерес оценить постоянство вероятности одного конкретного исхода. При $N = 2$ мы имеем M последовательных наблюдений, в каждом из которых некоторый исход l осуществляется соответственно $v_1, v_2, \dots, v_j, \dots, v_M$ раз. Проверяется гипотеза о том, что исход l во всех наблюдениях имеет одну и ту же, постоянную, хотя и неизвестную вероятность p . Оценкой для p должна служить частота исхода l по всей совокупности данных: $p^* = 1 - q^* = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M v_j$ и формула (4) примет вид [3]:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^M \frac{(v_j - t_j p^*)^2}{t_j p^* q^*} = \frac{1}{p^* q^*} \sum_{j=1}^M \frac{v_j^2}{t_j} - t p^* \quad (7)$$

с $M - 1$ степенями свободы.

Следует отметить, что если выборки «близки» к однородным, то статистика χ^2 будет иметь нецентральное распределение хи-квадрат с тем же числом степеней свободы и ее значение будет пропорционально объему выборки. Использование больших выборок может привести к решению об

отклонении гипотезы H_0 , хотя неоднородность выборок может быть весьма несущественной и иногда ею можно пренебречь. Кроме того, существующие таблицы нецентрального хи-квадрат распределения недостаточно полны, и в статистических приложениях широко используют различные приближения с помощью «центрального» хи-квадрат распределения и нормального распределения. Поэтому при формировании выборок переписи населения, рассматриваемых в разделе 2, в качестве частот исходов будем указывать пропорциональные частоты – округленные целые числа тысяч человек (тыс. чел).

3. Практическое применение методики оценки однородности статистических выборок для оценки результатов переписи населения Республики Беларусь

Управление страной невозможно без глубокого и всестороннего представления о населении и отдельных его группах. Основным источником о количественном и качественном составе населения являются переписи, которые, как правило, проводятся не реже, чем один раз в 10 лет. Многообразие количественных данных, полученных в результате переписей и оценок, требует соответствующей обработки и анализа. Применение современных информационных технологий для их обработки нацелено на получение надежной информации о различных аспектах демографического поведения. С целью выявления закономерностей в статистических данных переписи 2009 года [4], упорядоченных по соответствующим признакам (административно-территориальному делению, полу, возрасту, возрастным группам, состоянию в браке, уровню образования и т. д.), а также переписей и оценок за другие годы [5,6] используем приведенную в пункте 2 методику.

3.1. Распределение населения Республики Беларусь по возрасту и возрастным группам

В таблице 1 приведено распределение населения областей и города Минска (далее – регионов) по возрасту. Колонки таблицы являются независимыми полиномиальными выборками с $N = 8$ исходами, отражающими возрастную структуру населения соответствующего региона.

Проверим гипотезу об однородности выборок для всех регионов. С этой целью осуществим C_7^2 попарных сравнений колонок (выборок) таблицы по статистике χ^2 , вычисленной по формуле (6). В результате построим треугольную таблицу, размером 6×6 , (таблица 2).

Из таблицы видно, что при сравнении выборок численности населения по возрасту для города Минска с аналогичными выборками по областям все значения статистики χ^2 для семи степеней свободы превышают критическое значение $\chi_{7,p}^2 = 14,07$, которое соответствует уровню значимости $p = 0,05$. Это означает, что отклонение от гипотезы об однородности распределений весьма значительно. Следова-



тельно, распределение населения города Минска по возрасту существенно отличается от распределения населения по областям.

В таблице 3 приведено распределение населения областей и города Минска по возрастным группам. Строки таблицы являются независимыми полиномиальными выборками с $N = 3$ исходами, отражающими распределение населения региона по возрастным группам.

Результаты попарных сравнений строк таблицы по статистике χ^2 однородности, вычисленной по формуле (6), представлены в таблице 4.

В результате сравнения выборки города Минска с выборками по областям было установлено, что все значения статистики χ^2 для двух степеней свободы превышают критическое значение $\chi^2_{2,p} = 5,99$, которое соответствует уровню значимости $p = 0,05$. Это означает, что распределение населения города Минска по возрастным группам, как и по возрасту, существенно отличается от распределения населения по областям. При сравнениях по возрастным группам населения Гродненской и Минской областей, а также Гомельской и Могилевской областей получим значения статистики χ^2 , которые соответствуют $p > 0,95$. Это свидетельствует об однородности распределения данных пар областей по указанному признаку.

3.2. Распределение женщин Республики Беларусь по состоянию в браке

В таблице 5 приведено распределение женщин областей и города Минска по состоянию в браке. Строки таблицы являются независимыми полиномиальными выборками с $N = 4$ исходами, отражающими распределение женщин соответствующего региона по состоянию в браке.

Результаты попарных сравнений строк таблицы по статистике χ^2 однородности, вычисленной по формуле (6), представлены в таблице 6.

При сравнении выборки женщин города Минска с аналогичными выборками по областям все значения статистики χ^2 для трех степеней свободы превышает критическое значение $\chi^2_{3,p} = 11,34$, которое соответствует уровню значимости $p = 0,01$. Следовательно, распределение женщин города Минска по состоянию в браке существенно отличается от соответствующих распределений женщин по областям. В то же время при сравнениях выборок женщин трех восточных областей (Витебской, Гомельской и Могилевской) получим значения статистики χ^2 , которые соответствуют $p > 0,85$. Это означает, что распределения женщин данных областей по состоянию в браке практически не отличаются. Аналогичный результат получим при сравнениях выборок женщин трех западных областей (Брестской, Гродненской и Минской).

Таблица 1 – Распределение населения регионов по возрасту (тыс. чел.)

Численность населения в возрасте, лет:	Бр. обл.	Вит. обл.	Гом. обл.	Гр. обл.	Мин. обл.	Мог. обл.	г. Минск
0 – 9	152	109	146	107	140	107	174
10 – 19	171	136	168	126	159	128	214
20 – 29	205	185	224	157	212	171	370
30 – 39	199	170	205	148	195	157	270
40 – 49	210	190	218	171	223	165	258
50 – 59	195	185	209	143	206	165	264
60 – 69	120	110	114	95	124	88	145
70 и старше	149	146	157	125	164	120	143

Таблица 2 – Попарные сравнения по статистике χ^2 распределения населения регионов по возрасту

Регионы	Вит. обл.	Гом. обл.	Гр. обл.	Мин. обл.	Мог. обл.	г. Минск
Бр. обл.	5,15	1,51	1,76	2,39	2,05	23,63
Вит. обл.		3,09	2,35	0,96	1,98	26,75
Гом. обл.			2,28	1,49	0,22	19,10
Гр. обл.				0,84	2,54	25,85
Мин. обл.					1,32	27,19
Мог. обл.						16,15

Таблица 3 – Распределение населения регионов по возрастным группам (тыс. чел.)

Регионы	Моложе трудоспособного возраста	В трудоспособном возрасте	Старше трудоспособного возраста
Брестская обл.	249	836	316
Витебская обл.	181	747	303
Гомельская обл.	237	881	323
Гродненская обл.	176	642	254
Минская обл.	229	857	336
Могилевская обл.	176	675	248
г. Минск	263	1 214	359



При сравнении суммарных выборок населения первой и второй групп областей получим $\chi^2_{1,2} = 6,36$, которое превышает критическое значение $\chi^2_{3,p} = 6,25$, соответствующее уровню значимости $p = 0,1$. Это означает, что распределения женщин восточных и западных областей Республики Беларусь по состоянию в браке различаются.

3.3. Распределение населения Республики Беларусь по образовательному уровню

В таблице 7 приведено распределение населения Республики Беларусь по уровню образования по областям и городу Минску. Строки таблицы являются независимыми полиномиальными выборками с $N = 6$ исходами, отражающими распределение населения соответствующего региона по образовательному уровню.

Результаты попарных сравнений строк таблицы по статистике χ^2 однородности, вычисленной по формуле (6), представлены в таблице 8.

В ходе анализа результатов попарных сравнений выборки населения города Минска по образовательному уровню с выборками по областям отметим, что значение статистики χ^2 для пяти степеней свободы более чем на порядок превышает значения соответствующих сравнений для областей. Это означает, что распределение населения города Минска по образовательному уровню существенно отличается от распределения населения областей.

Кроме того, следует отметить схожесть по образовательному уровню населения Витебской и Могилевской областей, а также Гомельской и Минской областей.

3.4. Распределение населения города Минска по образовательному уровню

В таблице 9 приведено распределение населения районов города Минска по уровню образования. Строки таблицы являются независимыми полиномиальными выборками с $N = 6$ исходами, отражающими распределение населения соответствующего района по образовательному уровню.

Результаты попарных сравнений строк таблицы по статистике χ^2 однородности, вычисленной по формуле (6), представлены в таблице 10.

В ходе анализа результатов попарных сравнений выборки по уровню образования населения Заводского района с выборками населения других районов можно установить, что значения статистики χ^2 для пяти степеней свободы значительно превышает значения соответствующих сравнений для других районов. Это означает, что распределение населения Заводского района по уровню образования существенно отличается от распределения населения других районов по этому признаку.

Действительно, в отличие от других районов, по уровню образования в Заводском районе преобладают лица со средним специальным и профес-

Таблица 4 – Попарные сравнения по статистике χ^2 распределения населения регионов по возрастным группам

Регионы	Вит. обл.	Гом. обл.	Гр. обл.	Мин. обл.	Мог. обл.	г. Минск
Бр. обл.	5,07	0,99	0,99	1,55	1,43	14,63
Вит. обл.		2,68	1,35	1,12	1,73	12,23
Гом. обл.			0,60	0,60	0,09	8,70
Гр. обл.				0,05	0,56	11,59
Мин. обл.					0,44	12,24
Мог. обл.						6,69

Таблица 5 – Распределение женщин регионов в возрасте 15 лет и старше по состоянию в браке (тыс. чел.)

Регионы	состоящие в браке	никогда не состоявшие в браке	вдовы	разведенные
Брестская обл.	350	103	120	57
Витебская обл.	298	97	116	65
Гомельская обл.	348	117	124	75
Гродненская обл.	267	80	102	43
Минская обл.	353	100	136	61
Могилевская обл.	264	87	96	56
г. Минск	426	210	116	108

Таблица 6 – Попарные сравнения по статистике χ^2 распределения женщин регионов по состоянию в браке

Регионы	Вит. обл.	Гом. обл.	Гр. обл.	Мин. обл.	Мог. обл.	г. Минск
Бр. обл.	2,53	2,53	0,51	0,88	1,86	24,94
Вит. обл.		0,48	2,12	1,95	0,22	19,51
Гом. обл.			3,91	3,21	0,05	15,58
Гр. обл.				0,27	2,08	25,35
Мин. обл.					2,15	31,64
Мог. обл.						14,86



Таблица 7 – Распределение населения регионов по уровню образования (тыс. чел.)

Численность населения в возрасте 10 лет и старше	Из него с уровнем образования					
	высшим	средним специальным	профессионально-техническим	общим средним	общим базовым	общим начальным
Брестская обл.	188	316	126	300	120	168
Витебская обл.	171	303	137	235	118	130
Гомельская обл.	196	330	152	303	128	155
Гродненская обл.	153	271	92	199	94	131
Минская обл.	184	322	152	301	136	161
Могилевская обл.	146	271	128	211	102	113
г. Минск	493	377	112	366	92	97

Таблица 8 – Попарные сравнения по статистике χ^2 распределения населения регионов по уровню образования

Регионы	Вит. обл.	Гом. обл.	Гр. обл.	Мин. обл.	Мог. обл.	г. Минск
Бр. обл.	7,67	2,85	4,79	3,10	8,71	136,95
Вит. обл.		2,58	5,71	3,86	0,38	132,45
Гом. обл.			7,14	0,81	2,78	137,08
Гр. обл.				8,25	7,56	115,52
Мин. обл.					3,49	155,42
Мог. обл.						129,05

Таблица 9 – Распределение населения районов города Минска по уровню образования (тыс. чел.)

Численность населения в возрасте 10 лет и старше	Из него с уровнем образования					
	высшим	средним специальным	профессионально-техническим	общим средним	общим базовым	общим начальным
Зав. р-н	47	56	21	53	15	14
Лен. р-н	55	45	15	44	11	12
Моск. р-н	68	59	17	52	12	14
Окт. р-н	42	33	10	32	7	7
Парт. р-н	26	19	6	20	6	6
Перв. р-н	67	40	10	44	9	9
Сов. р-н	53	27	6	34	8	8
Фрун. р-н	98	77	23	67	19	21
Цент. р-н	37	20	5	21	5	5

сионально-техническим образованием – 35,4 % от населения в возрасте 10 лет и старше. Доля лиц с высшим образованием составляет 21,6 %.

С другой стороны, можно выделить две группы районов, у которых при попарных сравнениях значения статистик χ^2 принимают весьма невысокие значения, которые соответствуют $p > 0,95$, что говорит об однородности соответствующих выборок. В первую группу входят Первомайский, Советский и Центральный районы, во вторую – Ленинский, Московский, Октябрьский, Партизанский и Фрунзенский районы. При сравнении суммарных выборок населения первой и второй групп получим $\chi^2_{1,2} = 9,63$, что свидетельствует о различии распределения населения соответствующих групп районов по уровню образования. При сравнении выборки Заводского района с суммарными выборками первой и второй групп получим соответственно $\chi^2_{3ав,1} = 19,62$, $\chi^2_{3ав,2} = 6,54$. Это согласуется с гипотезой о неоднородности данных выборок.

3.6. Соотношение мужчин и женщин в Республике Беларусь

В таблице 11 приведено количество мужчин и женщин, проживающих в Республике Беларусь (по материалам переписей и оценок). Строки таблицы являются полиномиальными выборками с $N = 7$ исходами, отражающими динамику численности мужчин, женщин и всего населения в период с 1959 по 2015 годы [5,6].

Проверим гипотезу о том, что удельный вес мужчин в структуре населения за этот период времени оставался неизменным. По формуле (7) получим $\chi^2 = 14,65$ с шестью степенями свободы, этому соответствует $p = 0,025 < 0,05$, и можно считать, что гипотеза о неизменности удельного веса мужчин не выполняется при заданном уровне значимости (вероятности ошибки 1-го рода) 0,05. Однако если мы не будем принимать в учет результаты послевоенной переписи населения 1959 года, то по формуле (7) получим $\chi^2 = 2,45$ для пяти степеней свободы, что соответствует $p = 0,75$ и можно считать, что указанная гипотеза справедлива. Оценкой для

Таблица 10 – Попарные сравнения по статистике χ^2 населения районов города Минска по уровню образования

Районы	Лен. р-н	Моск. р-н	Окт. р-н	Парт. р-н	Перв. р-н	Сов. р-н	Фрун. р-н	Цент. р-н
Зав. р-н	2,96	4,08	4,07	2,75	11,66	12,96	5,89	9,90
Лен. р-н		0,29	0,39	0,33	3,08	4,39	0,48	2,92
Моск. р-н			0,28	0,78	3,08	4,85	0,52	2,84
Окт. р-н				0,73	1,40	2,98	0,71	1,72
Парт. р-н					1,82	2,12	0,41	1,68
Перв. р-н						0,70	3,20	0,24
Сов. р-н							4,39	0,37
Фрун. р-н								2,46

Таблица 11 – Распределение мужчин и женщин Республики Беларусь по материалам переписей и оценок (тыс. чел.)

Годы	1959	1970	1979	1989	1999	2009	2015	Итого
Мужчины	3 570	4 129	4 421	4 749	4 718	4 420	4 409	30 416
Женщины	4 462	4 863	5 111	5 403	5 328	5 084	5 072	35 323
Всего	8 032	8 992	9 532	10 152	10 046	9 504	9 481	65 739

$$\text{удельного веса мужчин является } p_{\text{муж}} = \frac{30416 - 3570}{65739 - 8032} = \frac{22437}{48496} = 0,465212.$$

Действительно, по переписи 1959 г. на 1000 мужчин приходилось 1249 женщин, по данным переписи 1989 г соответственно 1138 женщин. По переписи 1999 г. на 1000 мужчин приходилось 1129 женщин, по переписи 2009 года – 1150 женщин. Нарушения структуры населения Беларуси по полу, образовавшиеся в годы Великой Отечественной войны, к настоящему времени в значительной степени сгладились и дают о себе знать только в возрастах старше 80 лет.

Заключение

На основании анализа результатов переписей и оценок населения республики Беларусь с использованием критерия хи-квадрат установлены определенные закономерности в распределении населения областей и города Минска (по возрасту и возрастным группам, состоянию в браке, образовательному уровню и удельному весу мужчин и женщин).

Применение современных информационных технологий и математических методов позволяет автоматизировать обработку социологических исследований, нацеленных на получение достоверной информации по важнейшим демографическим показателям Республики Беларусь. Это особенно актуально в плане подготовки к очередной переписи населения нашей страны.

Литература:

1. Данилов, А.Н. Белорусская социология сегодня: проблемное поле и истоки оптимизма / А.Н. Данилов // Социологические исследования. СОЦИС, – 2014. – № 8. – С. 21–31.
2. Зубков, А.М. Об одной статистике для проверки однородности полиномиальных выборок / А.М. Зубков, Б.И. Селиванов // Дискретная математика. – 2014. – т. 26, вып. 3. – С. 30–44.
3. Крамер, Г. Математические методы статистики / Г. Крамер. – М.: Мир, 1976. – 648 с.
4. Перепись населения 2009 года [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: http://belstat.gov.by/perepis-naseleniya/perepis-naseleniya-2009-goda/baza-dannyh-perepisi-naseleniya_2/. – Дата доступа: 15.02.2016.
5. Численность мужчин и женщин Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://belstat.gov.by/perepis-naseleniya/perepis-naseleniya-1999-goda/tablichnye-dannye/chislennost-muzhchin-i-zhenshin-respubliki-belarus/>. – Дата доступа: 15.02.2016.
6. Демографический ежегодник Республики Беларусь, 2015 [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: http://belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/otrasli-statistiki/naselenie/demografiya_2/metodologiya-otvetstvennye-za-informatsionnoe-s_2?id=704. – Дата доступа: 15.02.2016.

Abstract

The paper proposes methods for assessment of statistical data on the population of the Republic of Belarus, using the chi-square test.

Поступила в редакцию 19.02.2016 г.



МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ЯЧЕЙКИ ПЕРЕСТРАИВАЕМОГО МЕТАМАТЕРИАЛА

УДК 621.396.66

В.С. Курило, А.С. Рудницкий, БГУ, г. Минск

Аннотация

Построена вычислительная модель взаимодействия электромагнитного излучения с ячейкой метаматериала из расположенных на подложке микрополосковых элементов, включенных между ними конденсаторов и резистивных пленок. Исследовано влияние формы и размеров проводников, емкости конденсаторов на коэффициент отражения.

Введение

Практический интерес к метаматериальным поглотителям (metamaterial absorber – ММА) обусловлен тем, что на их основе можно создавать тонкие покрытия, уменьшающие отражение электромагнитных волн. В [1] впервые рассмотрена конструкция ММА, в ячейке которого сочетаются резонаторы двух типов, поглощающие энергию электрического и магнитного поля падающей волны отдельно. В [2] представлены результаты исследования ММА типа «электромагнитная черная дыра», которая представляет собой композицию нерезонансной и резонансной метаматериальных структур, и может захватывать и поглощать всенаправленные электромагнитные волны. В [3] представлена интерференционная теория физического механизма метаматериалов. Ряд поглотителей, нечувствительных к поляризации, многополосных или широкополосных, успешно реализован в [4–9].

Рабочая частота традиционных метаматериалов фиксирована и не может изменяться после их изготовления. Поэтому все большее внимание уделяется разработке перестраиваемых ММА. При их оптимизации могут быть полезными исследования электромагнитных свойств ячейки метаматериала в зависимости от параметров, которые можно изменять электрическим или другим способом.

В данной работе рассматриваются метаматериалы из периодически расположенных на подложке ячеек, образованных микрополосковыми элементами, включенными между ними конденсаторами, резистивными пленками. Представлены результаты исследования влияния формы и размеров проводников, емкости конденсаторов при ограниченном диапазоне ее изменения на коэффициент отражения. Последовательно рассмотрены две ячейки.

Конструктивные параметры первой ячейки следующие. На диэлектрической пластине FR4 с относительной диэлектрической проницаемостью 4.4 ($1 - j0,03$) толщиной 3 мм расположены два микрополосковые кольцевые LC резонаторы с пленочными резисторами в их центре. Центры окружностей расположены на оси x на расстояниях в 5 мм от начала координат, внутренний диаметр 2 мм, внешний 3 мм. Максимальный размер по координате x – 16 мм. Размер резистивной области $0,6 \text{ мм}^2$ на $0,5 \text{ мм}^2$, импеданс этой поверхно-

сти 2400 Ом/кв. Резонаторы связаны емкостью, которая может быть заменена диодом с переменной емкостью (варикапом).

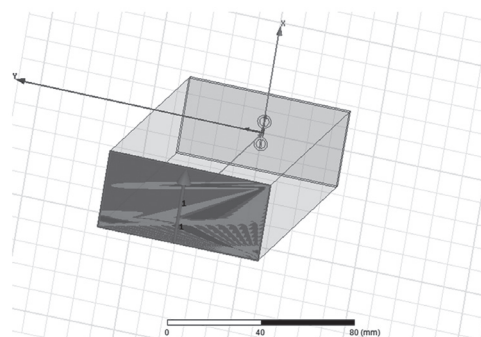


Рисунок 1 – Вычислительная модель ячейки метаматериала с кольцевыми резонаторами

Предполагается, что отношение максимальной к минимальной емкости варикапа равно 4. Вычислительная модель для исследования частотной зависимости коэффициента отражения электромагнитной волны ячейкой метаматериала показана на рисунке 1.

Моделирование проводится в отрезке волновода сечением $32 \times 74 \text{ мм}^2$. Все границы области моделирования металлические, кроме передней стенки, на которой расположен волновой порт. Стрелкой показано направление вектора напряженности электрического поля. На рисунке 2 представлены результаты вычислений зависимости коэффициента отражения от частоты при значениях межрезонаторной емкости 0,44 пФ, 0,22 пФ и 0,11 пФ.

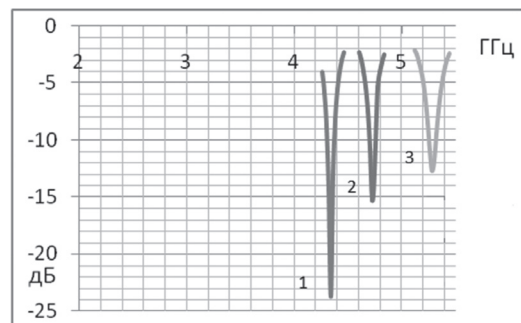


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента отражения от частоты для первой ячейки при значениях межрезонаторной емкости: 1 – 0,44 пФ, 2 – 0,22 пФ и 3 – 0,11 пФ

Результаты вычислений показывают, что ячейки такой конструкции позволяют перестраивать резонансную частоту минимального отражения падающей волны, но относительная ширина полосы ослабления отражения небольшая. С целью улучшения этого па-



раметра были изменены конструктивные параметры ячейки. На диэлектрической пластине FR4 размером 20 мм на 20 мм толщиной 0,2 мм расположен микрополосковый кольцевой резонатор с двумя последовательно включенными конденсаторами, один из которых может быть заменен варикапом. Длина одной стороны микрополосковых линий 16 мм, ширина 2 мм. Ширина нижнего зазора 0,2 мм, верхнего 2 мм. Над ним симметрично расположена металлическая полосковая накладка размерами 2 x 4 мм². Величина зазора между накладкой и микрополосковой варьируется в пределах от 0,02 мм до 0,08 мм, что соответствует значениям емкости варикапа от 0,88 пФ до 0,22 пФ. Импеданс в области варикапа 10 Ом/квadrat, импеданс микрополосковых линий 1 Ом/квadrat.

Изменено также положение единичной ячейки метаматериала относительно направления распространения волны так, чтобы вектор напряженности магнитного поля был направлен по нормали к поверхности ячейки, как показано на рисунке 3.

Предполагается, что ячейка является элементом бесконечной решетки с периодом 20 x 20 мм², расположенной на металлической поверхности. Это достигается выбором граничных условий. Границы области моделирования в плоскости yz полагаются идеально магнитными, три другие границы полагаются идеально электрическими. Волновой порт и вектор напряженности электрического поля показаны на рисунке 3 стрелкой.

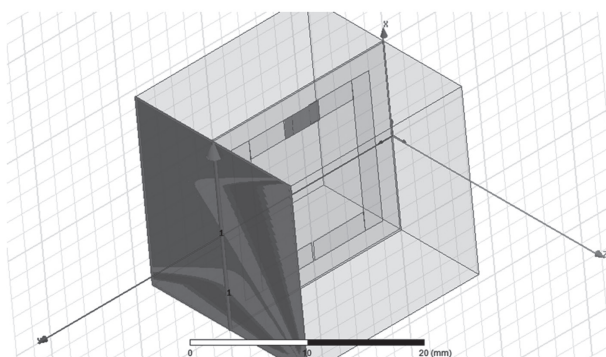


Рисунок 3 – Вычислительная модель с измененной ячейкой метаматериала

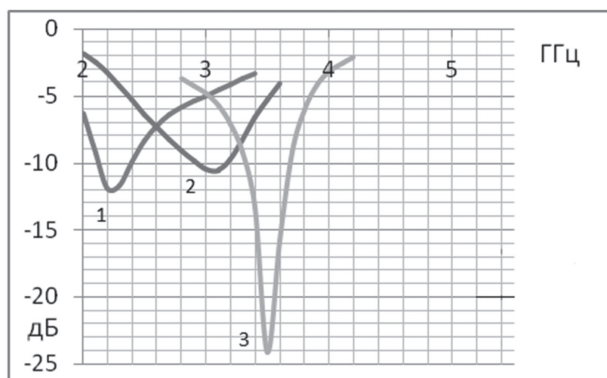


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента отражения от частоты для измененной ячейки при значениях резонаторной емкости: 1 – 0,88 пФ, 2 – 0,44 пФ и 3 – 0,22 пФ

Результаты вычислений в случаях равенства межрезонаторной емкости 0,88 пФ, 0,44 пФ и 0,22 пФ показаны на рисунке 4.

Таблица – Обобщенные результаты вычислений

	Ячейка №1	Ячейка №2
Диапазон перестройки	950 МГц	1250 МГц
Полоса ослабления отражения по уровню – 10 дБ	70 МГц	от 280 до 360 МГц
Полоса ослабления отражения по уровню – 6 дБ	120 - 140 МГц	от 640 до 950 МГц

Как следует из таблицы, при изменении конструкции ячейки наблюдается расширение полосы ослабления отражения при определенных значениях резонаторной емкости и диапазона перестройки частоты минимального коэффициента отражения.

Литература:

1. Landy, N. I., Sajuyigbe, S., Mock, J. J., Smith, D. R. and Padilla, W. J. Perfect Metamaterial Absorber // Phys. Rev. Lett. – 2008. – V. 100.
2. Cheng, Q., Cui, T. J., Jiang, W. X. and Cai, B. An omnidirectional electromagnetic absorber made of metamaterials // New J. Phys. – G 2010. – 12 063006.
3. Chen, H.-T. Interference theory of metamaterial perfect absorbers // Optics Express. – 2012. – V. 20. – P. 7165–7172.
4. Cheng, H. et al. A polarization insensitive and wide-angle dual-band nearly perfect absorber in the infrared regime // J. Opt. – 2012. – 14 085102.
5. Huang, L. et al. Experimental demonstration of terahertz metamaterial absorbers with a broad and at high absorption band // Opt. Lett. – 2012. – Vol. 37. – P. 154-156.
6. Li, H., Yuan, L. H., Zhou, B., Shen, X. P., Cheng, Q. and Cui, T. J. Ultrathin multiband gigahertz metamaterial absorbers // J. Appl. Phys. – 2011. – 110 014909.
7. Shen, X. P. et al. Triple-band terahertz metamaterial absorber: design, experiment, and physical interpretation // Appl. Phys. Lett. – 2012. – 101, 154102.
8. Xu, H. X., Wang, G. M., Qi, M. Q., Liang, J. G., Gong, J. Q. and Xu, Z. M. Triple-band polarization-insensitive wide-angle ultra-miniature metamaterial transmission line absorber // Phys. Rev. B – 2012. – 86 (20), 205104.
9. Рудницкий, А.С., Частотно-селективные экраны на основе связанных полосковых резонаторов / А.Г. Будаев, В.П. Кныш, С.В. Малый, А.С. Рудницкий // Труды 7-й Международной научно-технической конференции «Приборостроение – 2014», Минск, ноябрь 19-21, 2014. – С. 262-263.

Abstract

A computational model is constructed for simulation of interaction between electromagnetic radiation and a cell of a metamaterial, composed in microstrip elements, capacitors and resistive films between them, placed on a substrate. The dependence of a reflection coefficient on conductor's shape and dimensions and capacitors capacitance is investigated.

Поступила в редакцию 17.03.2016 г.



ВЫСТАВКИ ПО ТЕМЕ «ЭЛЕКТРОНИКА. КОМПОНЕНТЫ». АВГУСТ 2016

CONTENT NETWORKING

Международная выставка цифровых инноваций для развития информационных сетей, сетевого контента, интернета вещей

01-08-2016 – 31-08-2016

Китай, Бейджинг

IAIE 2016

Международная выставка контрольно-измерительных и испытательных инструментов и технологий

3-08-2016 – 5-08-2016

Китай, Циндао

HARDWARE & TOOLS EXPO

10-08-2016 – 12-08-2016

Индия, Нью-Дели

TechIndia

10-08-2016 – 12-08-2016

Индия, Нью-Дели

COMMWORLD

World Trade Centre Metro Manila (WTCMM)

11-08-2016 – 13-08-2016

Филиппины, Манила

Vietnam Medi-Pharm Expo 2016

Международная выставка оборудования в области здравоохранения, медицины и фармацевтики

11-08-2016 – 13-08-2016

Вьетнам, Хошимин

CICNE 2016 GIFTS & HOME

Цифровые инновации для развития информационных сетей

11-08-2016 – 14-08-16

Китай, Пекин

CEPEE 2016, GUANGZHOU, CHINA

Международная выставка новых источников энергии

17-08-2016 – 19-08-2016

Китай, Гуанчжоу

CHINA CIWTE 2016, GUANGZHOU,

Международная выставка оборудования и технологий водоснабжения, дренажа и водообработки

17-08-2016 – 19-08-2016

Китай, Гуанчжоу

DALIAN AUTOMOTIVE EXHIBITION 2016

Международная выставка автомобильной промышленности

17-08-2016 – 21-08-2016

Китай, Далянь

IPCA Expo

18-08-2016 – 20-08-2016

Индия, Нью-Дели

Asia Card & RFID Expo 2016

Международная выставка по смарт- и идентификационным технологиям

18-08-2016 – 20-08-2016

Китай, Шэньчжэнь

IOTE 2016 – Internet of Things

Международная выставка технологий и приложений RFID/интернета вещей (IOT)

18-08-2016 – 20-08-2016

Китай, Шэньчжэнь

IMPE CHINA 2016, TIANJIN, CHINA

Международная выставка технологий и оборудования для металлообработки

18-08-2016 – 21-08-2016

Китай, Тяньцзинь

CIBES 2016

Международная выставка энергосберегающих и передовых строительных материалов

19-08-2016 – 21-08-2016

Китай, Бейджинг

CNIBF 2016

BATTERY INDUSTRY FAIR

Международная выставка аккумуляторов и электрических батарей

23-08-2016 – 25-08-2016

Китай, Шанхай

IG CHINA 2016 INDUSTRIAL GAS

Международная выставка оборудования и технологий использования газа

23-08-2016 – 25-08-2016

Китай, Шанхай

CSCF 2016

Международная выставка суперконденсаторов

23-08-2016 – 26-08-2016

Китай, Шанхай

BIBF

24-08-2016 – 28-08-2016

Китай, Тяньцзинь

Automotive Electronics Summit Forum 2016

Китайский саммит автомобильной электроники и диагностики

24-08-2016 – 26-08-2016

Китай, Шэньчжэнь

ELEXON 2016

Международная выставка высоких технологий и инноваций в производстве электроники

24-08-2016 – 26-08-2016

Китай, Шэньчжэнь

IPC & Embedded Expo 2016

Международная выставка встроенных систем и промышленных компьютеров

24-08-2016 – 26-08-2016

Китай, Шэньчжэнь

MCU!MCU! 2016

Международный форум по использованию микроконтроллеров

24-08-2016 – 26-08-2016

Китай, Шэньчжэнь

Southern China New Energy Summit Forum 2016

Всемирный форум по новой энергетике в Южном Китае

24-08-2016 – 26-08-2016

Китай, Шэньчжэнь

BIRTV 2016

Международная выставка и конференция теле-, радио- и киноиндустрии

24-08-2016 – 27-08-2016

Китай, Бейджинг

CMET 2016 Shenzhen

Международный форум по электронным разработкам и технологиям в медицине

25-08-2016 – 25-08-2016

Китай, Шэньчжэнь

Internet of Things Conference 2016

Международная конференция «Интернет вещей»

25-08-2016 – 25-08-2016

Китай, Шэньчжэнь

CIMIF 2016

Информационные технологии, радиовещание и телекоммуникации

26-08-2016 – 29-08-2016

Камбоджа, Пномпень

Nepcon South China 2016

Международная выставка электроники и электронной промышленности

30-08-2016 – 01-09-2016

Китай, Шэньчжэнь

BROADCAST INDONESIA 2016

Международная выставка цифровых мультимедийных и развлекательных технологий

31-08-2016 – 03-09-2016

Индонезия

COMMUNIC INDONESIA 2016

Международная выставка информационно-коммуникационных технологий

31-08-2016 – 03-09-2016

Индонезия



НАИМЕНОВАНИЕ ТОВАРА	ЦЕНА	НАЗВАНИЕ КОМПАНИИ	АДРЕС, ТЕЛЕФОН
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ			
Датчики и средства автоматики производства фирмы TURCK (Германия) и Banner Engineering (США)	Договор	ООО «ФЭК»	Тел. +375 17 210-21-89, +375 29 370-90-92. E-mail: info@fek.by www.fek.by
Индукционные лампы фирмы LVD 40, 80, 120, 150, 200, 300 W	Договор		
Комплексная поставка электронных компонентов	Договор	ТУП «Альфачип Лимитед»	Тел./ф.: +375 17 366-76-16. E-mail: analog@alfa-chip.com www.alfa-chip.com
Датчики, сенсоры и средства автоматизации			
Светодиодные индикаторы, TFT, OLED и ЖК-дисплеи и компоненты для светодиодного освещения			
Дроссели, ЭПРА, ИЗУ, пусковые конденсаторы, патроны и ламподержатели для люминесцентных ламп	Договор	Группа компаний «Альфалидер»	Тел./ф.: +375 17 391-02-22, тел.: +375 17 391-03-33. www.alider.by
AC/DC источники тока, LED-драйвера, источники напряжения для светодиодного освещения и мощных светодиодов			
Мощные светодиоды (EMITTER, STAR), сборки и модули мощных светодиодов, линзы ARLIGHT	Договор	ООО «СветЛед решения»	Тел./ф.: +375 17 214-73-27, +375 17 214-73-55. E-mail: info@belaist.by www.belaist.by
Управление светом: RGB-контроллеры, усилители, диммеры и декодеры			
Источники тока AC/DC для мощных светодиодов (350/700/100-1400 mA) мощностью от 1 W до 100 W ARLIGHT			
Источники тока DC/DC для мощных светодиодов (вход 12-24V) ARLIGHT			
Источники напряжения AC/DC (5-12-24-48V/ от 5 до 300 W) в металлическом кожухе, пластиковом, герметичном корпусе ARLIGHT, HAITAIK			
Светодиодные ленты, линейки открытые и герметичные, ленты бокового свечения, светодиоды выводные ARLIGHT			
Светодиодные лампы E27, E14, GU 5.3, GU 10 и др.			
Светодиодные светильники, прожектора, алюминиевый профиль для светодиодных изделий			
Индуктивные, емкостные, оптоэлектронные, магнитные, ультразвуковые, механические датчики фирмы Balluff (Германия)	Договор	ООО «Автоматикацентр»	Тел./ф.: +375 17 218-17-98, тел.: +375 17 218-17-13. E-mail: sos@electric.by www.electric.by
Блоки питания, датчики давления, разъемы, промышленная идентификация RFID, комплектующие фирмы Balluff (Германия)			
Магнитострикционные, индуктивные, магнитные измерители пути, лазерные дальномеры, индуктивные сенсоры с аналоговым выходом, инклинометры фирмы Balluff (Германия)			
Инкрементальные, абсолютные, круговые магнитные энкодеры фирмы Lika Electronic (Италия)			
Абсолютные и инкрементальные магнитные измерители пути, УЦИ (устройство цифровой индикации), тросиковые блоки, муфты, угловые актуаторы фирмы Lika Electronic (Италия)			
Преобразователи частоты, устройства плавного пуска, сервопривода, ПЛК, интеллектуальные реле, сенсорные панели, линейные и шаговые приводы фирмы Schneider Electric (Франция)			
Автоматические выключатели, УЗО, дифавтоматы, УЗИП, выключатели нагрузки фирмы Schneider Electric (Франция)			
Контакты, промежуточные реле, тепловые реле перегрузки, реле защиты, автоматические выключатели защиты двигателя фирмы Schneider Electric (Франция)			
Кнопки, переключатели, сигнальные лампы, посты управления, джойстики, выключатели безопасности, источники питания, световые колонны фирмы Schneider Electric (Франция)			
Универсальные шкафы, автоматические выключатели, устройства управления и сигнализации, УЗО и дифавтоматы, промежуточные реле, выключатели нагрузки, контакты, предохранители, реле фирмы DEKraft			
КВАРЦЕВЫЕ РЕЗОНАТОРЫ, ГЕНЕРАТОРЫ, ФИЛЬТРЫ, ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИЕ И ПАВ ИЗДЕЛИЯ			
Любые кварцевые резонаторы, генераторы, фильтры (отечественные и импортные)	Договор	УП «Алнар»	Тел./ф.: +375 17 227-69-97, тел.: +375 17 227-28-10, тел.: +375 17 227-28-11, тел.: +375 29 644-44-09. E-mail: alnar@tut.by www.alnar.net
Кварцевые резонаторы Jauch под установку в отверстия и SMD-монтаж			
Кварцевые генераторы Jauch под установку в отверстия и SMD-монтаж			
Термокомпенсированные кварцевые генераторы			
Резонаторы и фильтры на ПАВ			
Пьезокерамические резонаторы, фильтры, звонки, сирены			
СПЕЦПРЕДЛОЖЕНИЕ			
Большой выбор электронных компонентов со склада и под заказ. Микросхемы производства Xilinx, Samsung, Maxim, Atmel, Altera, Infineon и пр. Термоусаживаемая трубка, диоды, резисторы, конденсаторы, паяльная паста, кварцевые резонаторы и генераторы, разъемы, коммутация и др.	Договор	ЧТУП «Чип электроникс»	Тел./ф.: +375 17 269-92-36. E-mail: chipelectronics@mail.ru www.chipelectronics.by
Широчайший выбор электронных компонентов (микросхемы, диоды, тиристоры, конденсаторы, резисторы, разъемы в ассортименте и др.)	Договор	Группа компаний «Альфалидер»	Тел./ф.: +375 17 284-11-18, тел.: +375 17 391-03-33. www.alider.by
Мультиметры, осциллографы, вольтметры, клещи, частотомеры, генераторы отечественные и АКИП, APPA, GW, LeCroy, Tektronix, Agilent	1-й поставщик	ООО «Приборо-строительная компания»	Тел./ф.: +375 17 256-08-67, тел.: +375 17 284-11-16. E-mail: 4805@tut.by
Поставка электронных компонентов и отладочных средств (микросхемы, реле, герконы, батарейки, кварцевые резонаторы) по проектным ценам: Texas Instruments, Intersil, Cypress, MXIC, Huawei, EM-Marin, COTO, Gruner, COMUS, Micro Crystal, RENATA, PKCELL, XENO, SAURIS и др.	От дистри-бьютора	ЧНПУП «БелСКАНТИ»	Тел./ф.: +375 17 256-08-67, тел.: +375 17 398-21-62. E-mail: nab@scanti.ru www.scanti.ru