НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ АО «НИИ «ГИРИКОНД» В ОБЛАСТИ ПАССИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

БОРИС БЕЛЕНЬКИЙ, к.т.н., зам. генерального директора АО «НИИ «Гириконд» по науке, a3@giricond.ru

Образованный в 1939 г. АО «НИИ «Гириконд» в течение многих десятилетий является одним из ведущих отечественных разработчиков, а в последние десятилетия – и изготовителей широкой номенклатуры пассивных электронных компонентов: конденсаторов и нелинейных полупроводниковых резисторов для радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) двойного назначения.

Наиболее массовыми среди емкостных элементов в РЭА, как известно, являются **керамические конденсаторы**, на долю которых в штучном выражении приходится более 90%. На базе керамических конденсаторов разрабатываются и выпускаются **керамические помехоподавляющие фильтры**, потребность в которых в последние годы возрастает в связи с актуализацией проблемы электромагнитной совместимости (ЭМС) узлов и блоков РЭА. В области **конденсаторов с оксидным диэлектриком** НИИ «Гириконд» специализируется в последние десятилетия на наиболее перспективных в современной РЭА **танталовых оксидно-электролитических и оксидно-полупроводниковых конденсаторах**, из которых наиболее массовыми являются танталовые чип-конденсаторы для монтажа на поверхность печатных плат. **Конденсаторы с органическим диэлектриком**, современная номенклатура которых в соответствии с требованиями сферы применения базируется, в основном, на двух видах полимерных пленок – **полиэтилентерефталатной (ПЭТ)** и **полипропиленовой (ПП)**, – также являются традиционным для НИИ «Гириконд» направлением научно-технической и производственной деятельности. Заметим, что первые отечественные **конденсаторы с двойным электрическим слоем**, разработанные в НИИ «Гириконд» еще в 1970 гг., получили запатентованное НИИ «Гириконд» торговое наименование «**ионисторы**», широко используемое в отечественной практике.

В основе разрабатываемых и выпускаемых АО «НИИ «Гириконд» нелинейных резисторов находится технология высокотемпературного твердофазного синтеза функциональной полупроводниковой керамики, обеспечивающей реализацию современной номенклатуры терморезисторов с отрицательным и положительным температурным коэффициентом и варисторов, обладающих резко нелинейной вольтамперной характеристикой. Указанные нелинейные резисторы не являются столь массовыми компонентами РЭА, как линейные резисторы, однако они все шире используются в современной аппаратуре для защиты ее узлов и блоков от токовых перегрузок и перенапряжений разного рода.

Указанные выше виды изделий существенно отличаются друг от друга в отношении материаловедческих и технологических проблем, однако направления их развития определяются одинаковыми тенденциями развития РЭА и едиными, соответствующими этим тенденциям, техническими требованиями, представленными в таблице 1.

Каким же образом указанные в таблице 1 тенденции и перспективные требования реализуются в научно-технической и производственной деятельности АО «НИИ «Гириконд» и нашли отражение в уже выпускаемых изделиях?

Решение важнейшей задачи по улучшению массогабаритных характеристик самых массовых – **многослойных керамических конденсаторов**, в т. ч. за счет снижения номинальных напряжений и соответствующего уменьшения толщины диэлектрика, потребовало совершенствования рецептуры и технологии используемых керамических материалов. В результате проведения ряда материало-

Таблица 1. **Единые технические требования**

Тенденции развития радиоэлектронной аппаратуры	Требования и направления развития конденсаторов и нелинейных резисторов
Миниатюризация функциональных блоков РЭА и повышение плотности монтажа	Улучшение массогабаритных характеристик и миниатюризация компонентов
Снижение рабочего напряжения наиболее массовых функциональных узлов и блоков РЭА	Качественные изменения в номенклатуре конденсаторов. Снижение уровня номинального напряжения с соответствующим уменьшением массы и габаритов конденсаторов. Снижение классификационных напряжений варисторов
Расширение диапазона рабочей частоты, в частности, повышение рабочей частоты преобразователей разного назначения	Повышение частотной стабильности параметров и рабочих характеристик конденсаторов
Повышение рабочего тока в мощных блоках на основе твердотельных активных компонентов	Снижение эквивалентного последовательного сопротивления (ЭПС) конденсаторов, повышение токонесущей способности контактных узлов и других элементов конструкции конденсаторов, уменьшение номинального сопротивления терморезисторов при сохранении высокого уровня нелинейности
Широкое использование в производстве РЭА поверхностного, в т.ч. автоматизированного монтажа	Разработка и производство компонентов в чип-исполнении, в т.ч. миниатюрных (с размерами в перспективе до 1,0×0,5 мм), пригодных для групповой пайки. Поставка компонентов в блистер-упаковке
Появление новых сфер применения с новыми условиями и режимами эксплуатации	Разработка компонентов с качественно новым комплексом характеристик

ведческих работ разработаны перспективные материалы наиболее востребованных групп температурной стабильности с практически предельными для каждой группы повышенными значениями диэлектрической проницаемости. Относительно низкая температура спекаемости обеспечивает использование в составе электродов пониженного содержания палладия, а оптимизация дисперсности материалов открывает возможность литья тонких керамических пленок, позволяющих реализовать в самых низковольтных конденсаторах толщину диэлектрика менее 10 мкм. Введенное в эксплуатацию в 2015 г. технологическое оборудование фирмы КЕКО (Словения) позволило не только качественно сократить сроки выполнения производственных заказов, но и открыло дополнительные возможности дальнейшего совершенствования технологии изготовления конденсаторов в направлении улучшения их массогабаритных характеристик. В результате проведенных в последние годы ОКР разработаны и освоены в производстве АО «НИИ «Гириконд» новые многослойные керамические чип-конденсаторы – К10–82 и К10–83.

Указанные конденсаторы по сравнению с ранее разработанными и серийно выпускаемыми отечественными конденсаторами К10–47, К10–67, К10–69 и К10–79 имеют качественно лучшие массогабаритные характеристики, позволяющие успешно использовать их для импортозамещения в разрабатываемой и модернизируемой РЭА.

Кроме того, максимальная рабочая температура конденсаторов К10–82 и К10–83 увеличена до 125°С, в то время как у К10–79 она составляет всего 85°С.

Для обеспечения дальнейшего развития низковольтных многослойных керамических конденсаторов в АО «НИИ «Гириконд» продолжаются работы по совершенствованию технологии их изготовления, в результате чего в ближайшие годы планируется разработка и освоение в производстве миниатюрных чип-конденсаторов с планируемыми размерами 1,0×0,5 мм, а также низковольтных ($U_{ном}$ = 6,3–10,0 В) конденсаторов с повышенной удельной емкостью за счет сокращения толщины диэлектрика менее 10 мкм.

В настоящее время АО «НИИ «Гириконд» является единственным отечественным предприятием, выпускающим низко- и высоковольтные многослойные керамические конденсаторы типа К10–80 и К15–37 с высокой реактивной мощностью.

Указанные конденсаторы предназначены для использования в перспективной мощной радио- и телевизионной аппаратуре двойного назначения. В целях формирования функционально полной номенклатуры подобных изделий для обеспечения замены применяемых до последнего времени конденсаторов фирмы АТС (США) планируется разработка широкой унифицированной серии высоковольтных конденсаторов с диапазоном номинального напряжения 1,0–10 кВ и допускаемым реактивным током до 17 А.

В результате проведения целого ряда НИОКР за последние годы существенно расширена номенклатура выпускаемых АО «НИИ «Гириконд» **помехоподавляющих фильтров нижних частот**, основным функциональным элементом которых является керамический конденсатор. Емкостные и индуктивно-емкостные фильтры с разными вариантами схем соединения емкостных и индуктивных элементов представлены в уже известных и применяемых потребителями сериях **Б24**, **Б25**, **Б26**.

Кроме того, в производстве предприятия освоен помехоподавляющий шайбовый конденсатор **К10–81**, используемый в качестве емкостного элемента фильтров Б25 и Б26 или, как самостоятельное изделие. Однако приведенная номенклатура помехоподавляющих изделий в свете современных требований по импортозамещению ЭКБ уже не обладает функциональной полнотой в части малогабаритных и миниатюрных фильтров. В порядке подготовки к формированию функционально полной номенклатуры помехоподавляющих фильтров категории качества «ВП» АО «НИИ «Гириконд» разработаны и освоены в производстве с приемкой ОТК фильтры: **Б27** и **Б30**. Разработаны и освоены в производстве с приемкой ОТК опорные помехоподавляющие керамические конденсаторы **К10–85**.

Одним из важных реализуемых АО «НИИ «Гириконд» инновационных решений в области помехоподавляющих фильтров является разработка и освоение производства отсутствующих в отечественной номенклатуре миниатюрных чип-фильтров для монтажа на поверхность печатных плат. В частности, в качестве первого шага по формированию отечественной номенклатуры таких изделий в 2017 г. планируется завершение ОКР с одновременным освоением с приемкой ОТК чип-фильтров **Б33** (см. рис. 1) со следующими параметрами:

- $U_{ном}$ = 16; 32; 50; 100; 250 В;
- $C_{ном}$ = 22 пФ…1,5 мкФ;
- вносимое затухание: до 60 дБ;
- номинальный проходной ток: до 6 А;
- диапазон рабочей температуры: –60…125°С.

Отечественная номенклатура серийно выпускаемых **танталовых конденсаторов** базируется на едином базовом конструктивно-технологическом решении, основой которого является объемно-пористое тело анода, формируемое прессованием из специальных танталовых порошков с разной дисперсностью и, соответственно, с разным удельным зарядом. При этом в последние десятилетия совершенствование массогабаритных характеристик танталовых конденсаторов осуществлялось путем использования танталовых порошков с более высоким удельным зарядом. Достигаемое при этом повышение удельного заряда конденсаторов, которое оценивается по емкости, измеряемой на низких частотах, обеспечивало все меньший реальный эффект при использовании конденсаторов при растущих частотах переменной составляющей напряжения. Дело в том, что в соответствии с физическими свойствами конденсаторной структуры на объемно-пористом теле при переходе от частот порядков десятков–сотен Гц к частотам порядков сотен кГц – единиц МГц эффективная емкость таких конденсаторов снижается до нескольких раз. Указанное обстоятельство практически сводит на «нет» конечный эффект от применения высокозарядных порошков, тем более что степень уменьшения емкости при повышении частоты увеличивается по мере возрастания удельного заряда мелкодисперсных порошков. Другим потребительским недостатком подобных конденсаторов является заметное повышение уже достаточно высокого эквивалентного последовательного сопротивления в области отрицательных температур, что особенно ярко проявляется в оксидно-электролитических конденсаторах из-за уменьшения проводимости электролита.

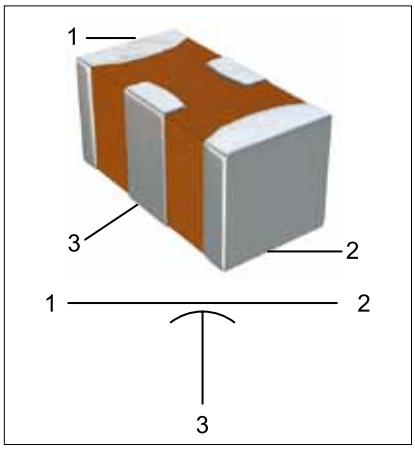

Рис. 1. **Чип-фильтр Б33**

По нашему мнению, практически исчерпаны возможности существующих до последнего времени базовых конструктивно-технологических решений как оксидно-полупроводниковых, так и оксидно-электролитических конденсаторов в плане реализации указанных выше перспективных требований. Представляется, что дальнейший прогресс в области танталовых конденсаторов в соответствии с указанными выше тенденциями развития РЭА можно обеспечить при качественном пере-

ходе в конструкции этих изделий от объемно-пористого анода к плоско-пористому аноду, формируемому на основе современных, в т. ч. микроэлектронных технологий. Проводимая АО «НИИ «Гириконд» разработка такой технологии применительно, в первую очередь, к **танталовым оксидно-полупроводниковым конденсаторам** позволит в ближайшей перспективе предложить потребителям отвечающие современным требованиям танталовые чип-конденсаторы нового поколения, в т. ч. микроминиатюрные конденсаторы для замещения соответствующих аналогов импортного производства.

АО «НИИ «Гириконд» является первым отечественным разработчиком и пока единственным отечественным изготовителем нового поколения **танталовых оксидно-электролитических конденсаторов К52–23** со следующими параметрами:

- $U_{ном}$ = 16; 32; 50; 63 В;
- $C_{ном}$ = 22000; 10000; 4700; 3300 мкФ (соответственно);
- эквивалентное последовательное сопротивление: не более 0,1 Ом;
- диапазон рабочей температуры: –60…125°С.

Общий вид конденсаторов **К52–23** и их размеры представлены на рисунке 2, а на рисунке 3 показана зависимость максимально допустимого напряжения конденсатора от температуры.

Указанные конденсаторы, обладая повышенной частотной стабильностью емкости и низким эквивалентным последовательным сопротивлением, в т. ч. при –60°С (не более 0,2 Ом), а также высокой энергоемкостью, предназначены, в первую очередь, для использования в качестве эффективных накопителей энергии в импульсных модуляторах приемо-передающих модулей АФАР. С целью расширения сферы применения этих изделий АО «НИИ «Гириконд» планирует в 2018 г. завершить работу по существенному расширению шкалы номинальных напряжений ($U_{ном}$ = 10–125 В) и емкостей ($C_{ном}$= 1000–51000 мкФ), в т. ч. за счет использования дополнительного типоразмера.

В последние десятилетия в связи с развитием твердотельной электроники и соответствующим уменьшением рабочего напряжения основной массы функциональных блоков РЭА до десятков – единиц вольт практически отпала необходимость в **пленочных конденсаторах** на основе достаточно широкой номенклатуры органических полимерных пленок. Специальные свойства разных пленок позволяли с помощью конденсаторов на их основе решать широкий ряд задач в цифровых и аналоговых схемах вакуумной электроники при оптимальных для рассматриваемых изделий напряжениях, начиная с десятков–сотен вольт. И в мировой, и в отечественной практике для рассматриваемых конденсаторов на основе двух (ПЭТ и ПП) пленок сформировалась своя достаточно устойчивая ниша применения в современной аппаратуре. Это, как правило, оконечные силовые блоки РЭА, системы помехоподавления линий питания, мощные преобразователи напряжения, накопители энергии и т. д.

Особенностью настоящего этапа развития этих конденсаторов является то обстоятельство, что в целях качественного улучшения их массогабаритных характеристик диэлектрик в них работает при напряженностях электрического поля, близких к физическому пределу прочности полимерных материалов. В современных **конденсаторах с органическим диэлектриком** это становится возможным благодаря специальным видам металлизации диэлектрика. Использование специальных технологий т. н. сверхтонкой и сегментированной металлизации приводит к тому, что неизбежный при таких нагрузках локальный пробой диэлектрика не вызывает катастрофического отказа самого изделия, а заканчивается восстановлением его электрической прочности при незначительном уменьшении емкости. В свете изложенного указанные технологии металлизации являются критически важными для дальнейшего развития рассматриваемого вида конденсаторов двойного назначения. Проведенные в АО «НИИ «Гириконд» исследования и испытания убедительно подтвердили еще одно важное положение, определяющее направления дальнейшего развития рассматриваемых изделий. Дело в том, что при относительно тонком слое металлизации «металл–диэлектрическая структура» на основе ПП-пленки обеспечивается при высоких напряженностях электрического поля значительно более высокая работоспособность конденсаторов по сравнению с такой же структурой на основе ПЭТ-пленки. В результате применение ПП-пленки позволяет повысить у конденсаторов рабочую напряженность электрического поля и реализовать лучшие массогабаритные характеристики, несмотря на меньшую в 1,5 раза диэлектрическую проницаемость. Указанное обстоятельство делает предпочтительным применение ПП-пленки в современных конденсаторах номинального напряжения, начиная с сотен вольт до десятков киловольт. Применение же ПЭТ-пленки остается предпочтительным в самых низковольтных конденсаторах благодаря ее технологически достижимой меньшей толщине: 1,5–2,0 мкм при минимальной толщине ПП-пленки 4,0 мкм.

Указанные положения в полной мере нашли отражение в направлениях научно-технической деятельности АО «НИИ «Гириконд» в области конденсаторов с органическим диэлектриком. В таблице 2 представлены краткие характеристики новых низковольтных конденсаторов, завершение разработки которых планируется в 2018 г. с одновременным освоением их производства.

На основе металлизированной ПП-пленки формируется и новое базовое конструктивно-технологическое решение высоковольтных конденсаторов. Так, в 2017 г. планируется завершение технологической ОКР, по результатам которой будут разработаны высоковольтные конденсаторы общего назначения с номинальным напряжением до 40 кВ и с удельной запасаемой энергией

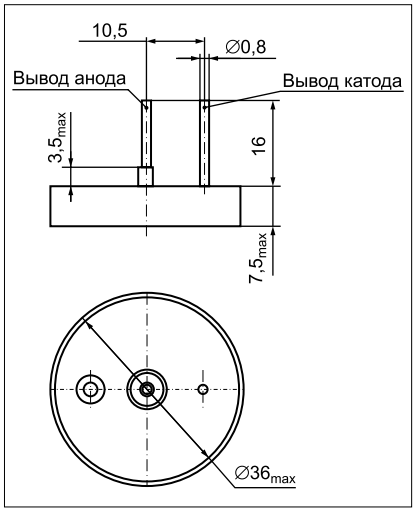

Рис. 2. **Конденсатор К52-23**

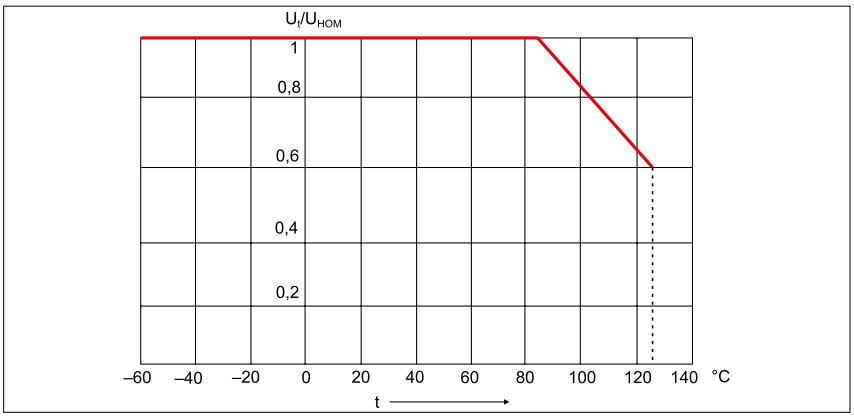

Рис. 3. **Зависимость допускаемого напряжения от температуры**

до 200 Дж/дм^3. Это значение в несколько раз превышает уровень удельных характеристик существующих высоковольтных конденсаторов на основе комбинированного бумажно-пленочного диэлектрика.

В области **конденсаторов с двойным электрическим слоем (ионисторов)** АО «НИИ «Гириконд» специализируется в последние годы на разработках и производстве малогабаритных **ионисторов с твердым электролитом** для портативной РЭА. По сравнению с уже достаточно распространенными ионисторами с жидким органическим электролитом, эти изделия отличаются меньшей запасаемой энергией, но обладают повышенной стойкостью к ионизирующим излучениям и широким диапазоном рабочей температуры –60…125°С. Подобные изделия, в частности ранее разработанный ионистор К58–12, уже нашли применение в качестве накопителя энергии в специальных объектах разового функционирования. Последней разработкой АО «НИИ «Гириконд» в этой области является серия ионисторов К58–24 со следующими параметрами:

- $U_{ном}$ = 1,3; 2,0; 2,6; 3,3; 4,0; 5,2; 6,6 и 8,0 В;
- $C_{ном}$ = 0,1–100 Ф;
- конструкция: металлический цилиндрический корпус диаметром 9,0 и 20,5 мм, высотой 10,0–28,0 мм;
- диапазон рабочей температуры: –60…125°С.

Ионисторы рассчитаны на эксплуатацию в т. ч. при напряжениях в области нелинейности емкости двойного электрического слоя, при которых наблюдается существенное повышение дифференциальной (динамической) емкости ионисторов.

Упомянутая выше тенденция миниатюризации функциональных блоков РЭА и соответствующая миниатюризация ЭКБ привели к тому, что микроэлектронные технологии уже давно используются не только в производстве интегральных микросхем, но и являются технологической основой производства целого ряда дискретных пассивных компонентов, в т. ч. резисторов и конденсаторов. Примерами таких изделий могут служить ранее разработанные АО «НИИ «Гириконд» и серийно выпускаемые тонкопленочные конденсаторы К26–4 и вариконды КН-8 и КН-9, разработанные в последние годы также АО «НИИ «Гириконд». При этом для конденсаторов, предназначенных для работы в СВЧ-диапазоне, уменьшение размеров необходимо для минимизации собственной индуктивности и, соответственно, увеличения собственной резонансной частоты для сохранения емкостного характера полного сопротивления в широком диапазоне частот воздействующего напряжения. Этому же должен способствовать способ монтажа конденсаторов в аппаратуру.

Таблица 2. **Краткие характеристики новых низковольтных конденсаторов**

Разрабатываемые конденсаторы	Условное обозначение	Основные параметры и характеристики	Примечание
ПЭТ-конденсаторы с однонаправленными выводами с улучшенными массогабаритными характеристиками	К73-84	$U_{ном}$ = 63,0–630 В, $C_{ном}$ = 0,01–100,0 мкФ, Диапазон рабочей температуры: –60…125°С	Замена зарубежных аналогов фирм Epcos и Wima (Германия)
Сетевые помехоподавляющие полипропиленовые конденсаторы классов X2 и Y2 с повышенной электрической прочностью	К78-53	$U_{ном}$ = 300 $В_{эффект}$, $C_{ном}$ = 0,1–2,2 мкФ (X2), $C_{ном}$ = 0,001–0,1 мкФ (Y2), диапазон рабочей температуры: –60…100°С	
Полипропиленовые конденсаторы общего назначения с улучшенными массогабаритными характеристиками	К78-54	$U_{ном}$ = 400–1600 В, $C_{ном}$ = 0,047–10,0 мкФ, диапазон рабочей температуры: –60…100°С	

Выпускаемые до настоящего времени АО «НИИ «Гириконд» и применяемые в СВЧ-аппаратуре конденсаторы К10–71 и К26–4 монтируются с помощью дополнительно привариваемого проволочного вывода, что заметно уменьшает резонансную частоту конденсатора и делает его применение недостаточно эффективным. Специальные конденсаторы для СВЧ-диапазона в чип-исполнении, которое обеспечивает низкоиндуктивное подсоединение конденсаторов, отечественная промышленность не выпускает.

В целях формирования перспективной отечественной номенклатуры СВЧ-конденсаторов для импортозамещения целого ряда аналогов, выпускаемых Murata (Япония), Kemet (США, Япония), Vishay (США), AVX (США) и другими компаниями, в АО «НИИ «Гириконд» в 2018 г. завершится с освоением в производстве разработка **тонкопленочных СВЧ-конденсаторов** в чип-исполнении с диэлектриком на основе диоксида кремния **К26–8** со следующими параметрами:

- $U_{ном}$ = 25; 50 В;
- $C_{ном}$ = 0,33–47 пФ;
- планируемые размеры: 0,6×0,3; 1,0×0,5; 1,6×0,8; 2,0×1,25 мм;
- диапазон рабочей температуры: –60…125°С.

Приведенные в таблице 1 тенденции развития РЭА и соответствующие им требования к перспективной элементной базе в полной мере определяют направления инновационного развития в области **нелинейных полупроводниковых резисторов**. Так, уменьшение рабочего напряжения наиболее массовых функциональных блоков РЭА на основе чувствительных к перенапряжениям полупроводниковых структур вызывает необходимость в приближении защиты от импульсных перенапряжений разного рода непосредственно к низковольтным цепям и элементам РЭА. При использовании в такой защите **варисторов** возникает необходимость уменьшить уровень классификационных напряжений при сохранении высоких допустимых значений импульсов тока. Реализация этого требования приводит к необходимости в изыскании новых рецептур и технологий используемых варисторных материалов, а также в разработке новых базовых конструктивно-технологических решений самих варисторов, позволяющих в т. ч. механизировать производство за счет реализации групповых технологий, снижающих влияние на выпускаемую продукцию человеческого фактора. Таким инновационным решением явился переход с индивидуальной технологии прессовки рабочего тела варистора на многослойную конструкцию на основе предварительного литья пленки из функциональной полупроводниковой керамики и последующей сборки многослойного группового пакета. Указанное инновационное базовое решение позволяет формировать на его основе номенклатуру варисторов в чип-исполнении, крайне необходимом при современных технологиях производства РЭА. На основе указанного решения в АО «НИИ «Гириконд» разработаны и освоены в производстве миниатюрные низковольтные многослойные чип-варисторы **ВР-13** со следующими параметрами:

- классификационное напряжение: 12; 15; 18; 22; 24; 27 и 33 В;
- допустимая амплитуда одиночного импульса тока: до 1000 А;
- допустимая рассеиваемая энергия: до 7,8 Дж;
- планируемые размеры: 5,7×5,0; 8,0×6,0 мм;
- диапазон рабочей температуры: –60…85°С.

На рисунке 4 показана зависимость максимального тока варистора в функции максимальной длительности импульса и числа повторяющихся импульсов. Варисторы ВР-13 способны заменить соответствующие аналоги компаний TDK (Япония) и Epcos (Германия).

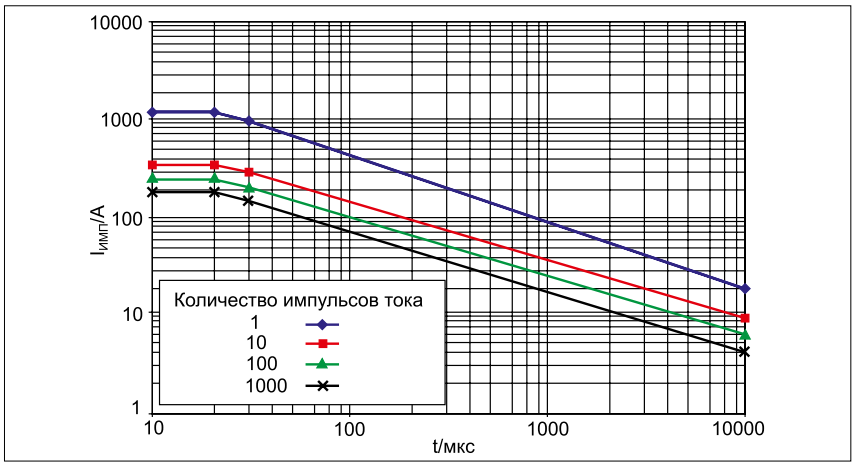

Рис. 4. **Характер зависимости допустимой амплитуды прямоугольного импульса тока $I_{имп}$ от длительности импульса t и количества импульсов N**

Планируемые на ближайшие годы ОКР в области варисторов предусматривают формирование функционально полной номенклатуры варисторов двойного назначения в направлении создания широкой серии отсутствующих в отечественном производстве дисковых варисторов категории качества ВП с классификационным напряжением 22–680 В и широкой серии многослойных варисторов с классификационным напряжением 12–68 В разного конструктивного исполнения для замены широкой номенклатуры варисторов компаний TDK (Япония) и Epcos (Германия).

Переход на многослойное конструктивно-технологическое решение также актуален при формировании перспективной номенклатуры **терморезисторов**. Помимо совершенствования производства и разработки на его основе чип-терморезисторов, многослойная конструкция позволяет реализовать относительно низкоомные терморезисторы с высоким значением температурного коэффициента сопротивления (ТКС). Дело в том, что при прочих равных условиях уменьшение удельного объемного сопротивления используемой полупроводниковой керамики неминуемо приводит к снижению ее ТКС. Использование многослойной конструкции позволяет за счет увеличения количества слоев электродов существенно повысить эффективное сечение рабочего тела терморезистора и реализовать его относительно низкое номинальное сопротивление с помощью материала с большим удельным объемным сопротивлением и, соответственно, с более ярко выраженной его температурной зависимостью. В свете изложенного, в 2019 г. планируется завершить разработку с освоением в производстве чип-терморезисторов **ТР-19** со следующими параметрами:

- $R_{ном}$ = 47 Ом…1,0 МОм;
- ТКС = 2,8–5,6%/°С;
- диапазон рабочей температуры: –60…125°С;
- планируемые размеры: 3,2×1,6 и 12,0×10,0 мм.

Разрабатываемые терморезисторы позволят исключить применение импортных аналогов, выпускаемых компаниями TDK (Япония) и Epcos (Германия).

ВЫВОДЫ

1. Направления инновационного развития разрабатываемой и выпускаемой АО «НИИ «Гириконд» пассивной ЭКБ в полной мере соответствуют тенденциям развития РЭА двойного назначения.
2. Разработанные и планируемые к разработке изделия обеспечат успешное решение проблемы импортозамещения ЭКБ в РЭА двойного назначения.

Подробнее с параметрами и характеристиками разработанных и выпускаемых изделий можно ознакомиться на сайте предприятия www.giricond.ru. Мы готовы представить потенциальным потребителям образцы разрабатываемых изделий для их апробации в аппаратуре и дальнейшего использования по окончании разработки.