

# Конденсаторы для высокотемпературных применений от компании AVX

В. Ежов

УДК 621.319.4 | ВАК 05.27.01

В последнее время возрастает потребность в конденсаторах, сохраняющих стабильные электрические характеристики при повышенных температурах. Важнейшим рынком для высокотемпературной электроники по традиции считается скважное оборудование для нефтегазовой промышленности. Однако такие отрасли, как авионика и автомобильная электроника, нуждаются в высоконадежных компонентах, способных безотказно работать в сложных условиях внешней среды. Обеспечить требуемые характеристики при повышенной температуре могут лишь отдельные типы конденсаторов среди всей номенклатуры доступных на рынке изделий. Ведущий поставщик высоконадежных электронных компонентов – корпорация AVX – предлагает широкий ассортимент конденсаторов для высокотемпературных приложений. Рассмотрим линейку изделий от AVX, их особенности, преимущества и ключевые области применения.

**П**овышенная надежность конденсаторов – ключевое требование многих перспективных приложений электроники. Недостаточно широкий рабочий диапазон температур этих компонентов сдерживает развитие многих направлений электронной отрасли. Для широко распространенных типов конденсаторов, таких как алюминиевые электролитические или пленочные, характерно ограничение максимальной рабочей температуры на уровне 125–150 °С и ниже. При более высоких температурах применяют керамические и танталовые конденсаторы, способные работать при температуре более 175 °С. В каких отраслях требуются высокотемпературные конденсаторы повышенной надежности?

Прежде всего следует упомянуть скважное электронное оборудование для нефтегазовой промышленности. Если раньше максимальные значения температур при буровых работах достигали 150–175 °С, сегодня при бурении глубоких скважин максимальная температура окружающей среды может превышать 220 °С при давлении более 172 МПа. Например, приборы для измерения параметров в процессе бурения подключаются непосредственно к буровой головке, температура которой в глубокой скважине превышает 210 °С, а на очень большой глубине может достигать 250 °С. Наряду с устойчивостью к экстремальному теплу скважное электронное оборудование должно выдерживать непрерывные вибрации с ускорением 15g и удары с ускорением до 2000g.

Еще одна область применения высокотемпературных конденсаторов – авиационное электронное оборудование, рабочая температура которого значительно

различается в зависимости от места его нахождения. Например, рабочая температура систем управления двигателями, расположенных рядом с двигателями, может составлять от –55 до 200 °С. Переход от гидравлических к электронным авиационным системам (например, в случае топливных насосов, систем торможения и посадки и др.) потребует применения высокотемпературных конденсаторов, выдерживающих циклическое температурное воздействие в течение длительного периода эксплуатации.

Быстрорастущим рынком является автомобильная электроника. Электронные системы, способные работать при повышенной температуре, постепенно заменяют механические и гидравлические системы автомобиля. Температурные условия в автомобиле различаются, наиболее критичные участки – двигатель, трансмиссия и тормозная система. Как правило, температура в этих частях автомобиля не превышает 200 °С, но некоторые компоненты, например, установленные на колесах, могут нагреваться до 250 °С.

## КЕРАМИЧЕСКИЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Большая часть многослойных керамических конденсаторов (MLCC) для высокотемпературных приложений предназначена для работы при максимальной температуре 150 или 200 °С. Используются они главным образом в высоковольтных и мощных системах. Габариты высокотемпературных MLCC довольно внушительные, поэтому они могут подвергаться растрескиванию и усталостным явлениям в паяных соединениях при циклическом

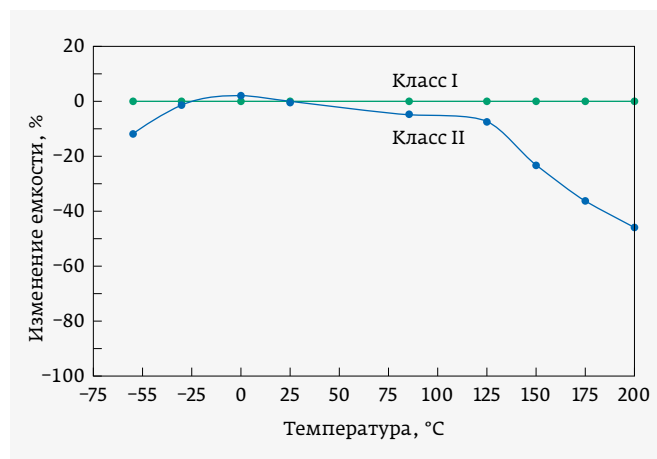
воздействии температуры. По этой причине перед пайкой керамический конденсатор предварительно нагревают. В то же время его многослойная конструкция обеспечивает очень низкие значения эффективного последовательного сопротивления (ESR) и высокие допустимые токи пульсаций.

Чтобы достичь требуемой величины емкости в высокотемпературных приложениях, часто используют сборки из нескольких MLCC. Как правило, в таких MLCC в качестве диэлектрика применяется керамика двух типов: X7R или COG.

Благодаря более высокой диэлектрической проницаемости конденсаторы типа X7R (класс II) отличаются более высокой удельной емкостью и низкой стоимостью. Однако диэлектрик типа X7R характеризуется сравнительно невысокой стабильностью температурного коэффициента емкости (ТСС): в диапазоне температур от -55 до 125 °С его емкость относительно постоянна, однако при температуре 200 °С емкость может значительно уменьшаться (рис. 1). Важно также учитывать снижение емкости конденсаторов типа X7R по мере увеличения приложенного напряжения. Небольшое падение емкости вследствие старения незначительно по сравнению с влиянием ТСС и зависимостью емкости от напряжения.

Конденсаторы типа COG (класс I) характеризуются очень низким значением ТСС по сравнению с конденсаторами типа X7R (см. рис. 1). Их емкость весьма стабильна при изменении температуры и напряжения, однако величина удельной емкости значительно меньше, чем у X7R, поэтому для достижения нужного номинала могут потребоваться намного более крупные компоненты.

Чтобы исключить несоответствие коэффициентов теплового расширения чип-конденсаторов и печатной платы, широко применяют керамические конденсаторы с N-образными выводами для монтажа в отверстия



**Рис. 1.** Типовые характеристики температурного коэффициента емкости для диэлектриков класса I и класса II (частота 1 кГц, напряжение 1 Вскз, смещение 0 В DC)

или с J-/L-образными выводами для поверхностного монтажа.

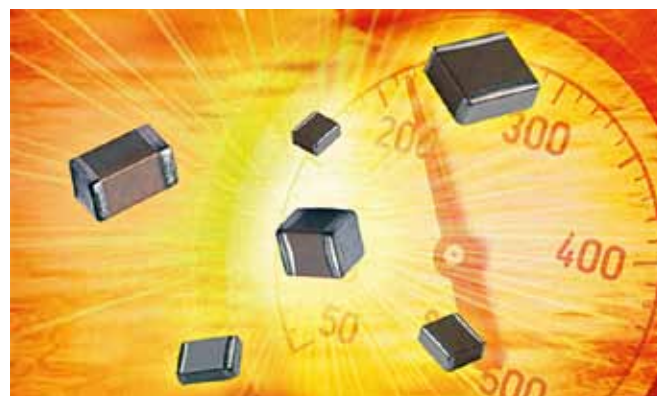
Во многих проектах используют специальные конденсаторы, оснащенные проволочными выводами с мягким тефлоновым покрытием (рис. 2). Такая конструкция, как правило, требует механической защиты, однако обеспечивает удобство при монтаже без пайки конденсатора напрямую к печатной плате. Дополнительное ее преимущество – возможность пайки на безопасном расстоянии от крупных керамических конденсаторов. Это позволяет обойтись без предварительного нагрева конденсатора и избежать риска воздействия на него резкого изменения температуры.

Для высокотемпературных приложений компания AVX предлагает несколько серий MLCC, которые отличаются высокой надежностью и стабильностью параметров (табл. 1).

AT (рис. 3) – единственная серия высокотемпературных MLCC, рассчитанных на работу при температурах



**Рис. 2.** Специальные конденсаторы с проволочными выводами



**Рис. 3.** Высокотемпературные MLCC серии AT

Таблица 1. Высокотемпературные керамические конденсаторы (MLCC)

Серия	Номинал емкости	Номинальное напряжение, В	Температурный диапазон, °С	Корпус (размеры)
AT	39 пФ – 0,1 мкФ (COG) 1 000 пФ – 1 мкФ (VHT)	25, 50 (COG) 16, 25, 50 (VHT)	–55...200 –55...250	SMD-керамика (0603–2225)
SMX	10 пФ – 100 мкФ	25–500	–55...200	Корпус типа SMX (SMX1–SMX6) с количеством выводов от 6 до 40
SXP	100 пФ – 12 мкФ	50–3 000	–55...200	Герметичный прессованный корпус типа SXP (SXP1–SXP4) с радиальными выводами
X8R/X8L	270 пФ – 2,2 мкФ	16–100	–55...150	SMD-керамика (0603–1206)
AR	1 пФ – 4,7 мкФ	50–3 000	–55...150	Эпоксидный корпус с радиальными выводами

как 200, так и 250 °С при сниженном рабочем напряжении. Они отличаются высоким сопротивлением изоляции, низкими значениями эффективного последовательного сопротивления (ESR), эквивалентной последовательной индуктивности (ESL) и предназначены для таких ответственных приложений, как разведка нефтяных месторождений и авиакосмические системы.

В серии AT представлены конденсаторы с диэлектриками двух типов: COG (класс I) и VHT (класс II). Однако только диэлектрики COG обеспечивают высокую

стабильность параметров в диапазоне рабочих температур от –55 до 250 °С. В серии предлагаются конденсаторы типа COG емкостью от 39 пФ до 0,1 мкФ, рассчитанные на номинальное напряжение 25 и 50 В, и конденсаторы типа VHT емкостью от 1 000 пФ до 1 мкФ, рассчитанные на номинальное напряжение 16, 25 и 50 В. Конденсаторы серии AT поставляются в SMD-корпусах стандартных размеров от 0603 до 2225.

MLCC семейства SMX (рис. 4) – это сборки горизонтально расположенных MLCC, которые способны работать при температуре до 200 °С в сложных условиях внешней среды и идеально подходят для автомобильных и авиакосмических приложений, а также для бурового оборудования (входные и выходные фильтры импульсных источников питания, DC-фильтры в мощных приводах двигателей, импульсные цепи высокой мощности). Применение тугоплавкого припоя в конструкции этих конденсаторов обеспечивает их высокую надежность в жестких внешних условиях. Устройства отличаются высокой стабильностью емкости в рабочем диапазоне температур, высокими допустимыми пульсациями токов в широком частотном диапазоне, низкими токами утечки постоянного тока. Кроме того, для них характерны чрезвычайно низкие значения ESR/ESL, а также низкие потери.

Сборки MLCC семейства SMX поставляются в корпусах нескольких размеров (SMX1–SMX6) с выводами разной формы (типов N, P, J, L и Z) в зависимости от требований приложения. Количество выводов сборок MLCC в корпусах SMX – от 6 до 40. В серии предлагаются конденсаторы типа COG (класс I) и VHT/X7R (класс II) емкостью от 10 пФ до 100 мкФ, рассчитанные на номинальное напряжение от 25 до 500 В.

MLCC семейства SXP (рис. 5) в герметичных прессованных корпусах с радиальными выводами используются



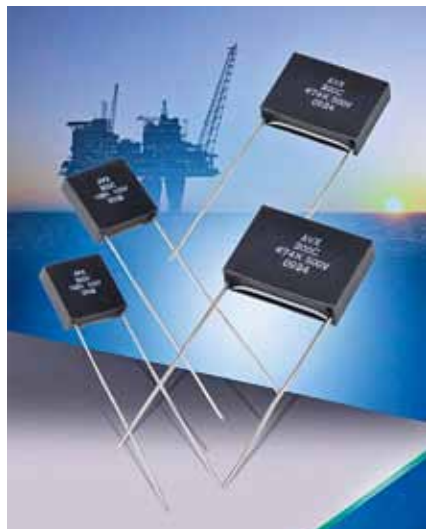
Рис. 4. Сборки MLCC семейства SMX

при температурах до 200 °С в жестких условиях окружающей среды в авиакосмических, автомобильных приложениях, а также в составе оборудования для буровых работ (измерения в процессе бурения, геофизическое зондирование). Они применяются в качестве DC-фильтров мощных электроприводов, в импульсных цепях и стандартном оборудовании, предназначенном для работы при высоких температурах. В конструкции конденсаторов этого семейства используется тугоплавкий припой, что обеспечивает их высокую надежность при высоких температурах и в жестких условиях эксплуатации. Эти изделия дополняют семейство SMX и обеспечивают механическую защиту керамического элемента в экстремальных условиях.

Конденсаторы семейства SXP отличаются низкими значениями ESR/ESL, низкими токами утечки по постоянному току и обеспечивают отличные частотные характеристики. В серии SXP предлагаются конденсаторы в корпусах разных размеров (SXP1–SXP4) с диэлектриками типа COG (класс I) и VHT/X7R (класс II) емкостью от 100 пФ до 12 мкФ, рассчитанные на номинальное напряжение от 50 до 3000 В.

Компания AVX предлагает также высокотемпературные MLCC с диэлектриками X8R/X8L, отвечающие требованиям автомобильного стандарта AEC-Q200. Они идеально подходят для широкого спектра автомобильных и промышленных приложений и обеспечивают работу в диапазоне температур от –55 до 150 °С.

Диэлектрик X8R характеризуется отклонением емкости от номинального значения в пределах  $\pm 15\%$  в диапазоне температур от –55 до 150 °С, а X8L – в пределах  $\pm 15\%$  в диапазоне температур от –55 до 125 °С и в пределах  $\pm 15/-40\%$  в диапазоне температур от 125 до 150 °С. Они обеспечивают низкие потери и высокую стабильность емкости во всем диапазоне температур. Опционально предлагаются конденсаторы с выводами



**Рис. 5.** MLCC семейства SXP с радиальными выводами

FLEXITERM, которые повышают стойкость компонентов к механическим нагрузкам и воздействию температурных циклов.

В семействе X8R/X8L доступны конденсаторы в SMD-корпусах размерами 0603, 0805 и 1206, емкостью от 270 пФ до 2,2 мкФ, рассчитанные на номинальное напряжение от 16 до 100 В.

Еще одно семейство высокотемпературных MLCC компании AVX – серия AR (рис. 6), которая сертифицирована по стандарту AEC-Q200. Эти изделия поставляются в эпоксидных корпусах с радиальными выводами. По сравнению с SMD-керамикой они отличаются более высокой стойкостью к воздействию резкого изменения температуры и вибрации. Изделия способны работать при температуре 150 °С и идеально подходят для автомобильных приложений с высокими требованиями к рабочему напряжению (до 3000 В).

В серии AR предлагаются конденсаторы с диэлектриками COG, X7R и X8R. Доступны изделия с различным шагом выводов, емкостью от 1 пФ до 4,7 мкФ, рассчитанные на напряжение от 50 до 3000 В. Выводы этих конденсаторов выполнены из олова, все компоненты серии соответствуют требованиям RoHS.

## ТАНТАЛОВЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Танталовые конденсаторы отличаются высокой надежностью и стабильными значениями емкости в широком диапазоне температур. Поскольку удельная емкость танталовых конденсаторов велика, высокие номиналы емкости можно достичь в более компактных корпусах. Для высокотемпературных приложений применяются как твердотельные, так и жидкостные танталовые конденсаторы.

Наивысшее номинальное напряжение (до 125 В) обеспечивают жидкостные танталовые конденсаторы, которые идеально подходят для входных и выходных фильтров импульсных схем благодаря высоким допустимым токам пульсаций. Высокие номиналы емкости позволяют применять их в качестве накопительных конденсаторов и конденсаторов разрядной цепи. Дополнительное преимущество жидкостных танталовых



**Рис. 6.** Высокотемпературные MLCC серии AR



Таблица 2. Высокотемпературные танталовые конденсаторы

Серия	Тип конденсатора	Номинал емкости, мкФ	Номинальное напряжение, В	Температурный диапазон, °С	ESR (макс.), Ом (100 кГц)	Корпус
ТНJ	Твердотельный	10–220	10–50	–55...200	2,8	SMD
TWA-X	Жидкостный	330–400	100–125	–55...230	0,8	Герметичный с гибкими проволочными выводами
TWA-Y	Жидкостный	10–3 000	15–125	–55...200	5,5	Герметичный с гибкими проволочными выводами
TWC-Y	Жидкостный	6,8–560	6–125	–55...200	6,8	Герметичный с гибкими проволочными выводами
ТНН	Твердотельный	6,8–100	16–63	–55...230	0,5	Герметичный керамический SMD-корпус

конденсаторов – более низкие значения токов утечки по сравнению с твердотельными конденсаторами.

Как твердотельные, так и жидкостные танталовые конденсаторы требуют снижения рабочего напряжения при повышенной температуре. В общем случае величина эффективного последовательного сопротивления (ESR) танталовых конденсаторов, как правило, намного выше, чем керамических. Однако это может быть преимуществом в цепях с ограниченным диапазоном допустимых значений ESR, например, в некоторых источниках питания, где слишком низкие значения последовательного сопротивления могут привести к нестабильной работе схемы. По этой причине при использовании сборок керамических конденсаторов может потребоваться включение в схему дополнительно последовательного сопротивления.

Стандартные технологии танталовых конденсаторов обеспечивают рабочий диапазон температур от –55 до 125 °С, который отвечает требованиям потребительской электроники. Доступны также танталовые конденсаторы для автомобильных приложений с расширенной до 175 °С и даже 200 °С максимальной рабочей температурой.



**Рис. 7.**  
Твердотельные танталовые SMD-конденсаторы серии ТНJ

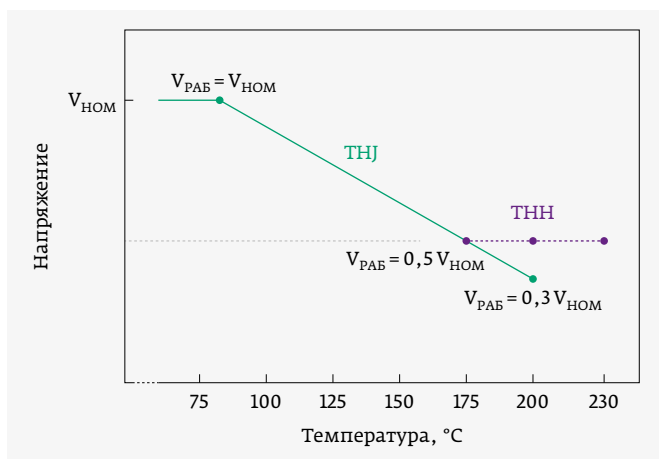
Последние достижения в области твердотельных танталовых конденсаторов в герметичном керамическом корпусе позволили создать чип-конденсаторы с максимальной рабочей температурой 230 °С.

Компания AVX предлагает твердотельные и жидкостные танталовые конденсаторы различных серий для высокотемпературных приложений (табл. 2).

Серия твердотельных танталовых конденсаторов ТНJ (рис. 7) в SMD-корпусах соответствует требованиям стандарта АЕС-Q200 для автомобильных систем и обеспечивает непрерывную работу при температуре до 175 °С. Большой опыт производства конденсаторов этой серии позволил компании AVX усовершенствовать технологию, материалы и расширить рабочий диапазон температур до 200 °С.

Серия ТНJ 200 °С обеспечивает непрерывную работу в течение 1000 ч при температуре 200 °С и рабочем напряжении, составляющем 30% номинального напряжения. При этом после 1000 ч работы при температуре 200 °С ток утечки не превышает 1 мА, что дает возможность применять изделия в буровом оборудовании, а также авиакосмических и автомобильных приложениях.

Максимальное рабочее напряжение конденсаторов серии ТНJ при температуре 175 °С составляет 50% номинального напряжения при комнатной температуре, а при 200 °С – 30% номинального напряжения (рис. 8). Например, 16-В конденсатор ТНJ подходит для 5-вольтовых аналоговых схем, работающих при температуре 200 °С, а 10-В конденсатор можно использовать для цифровых схем с напряжением питания 2,5–3 В при температуре 200 °С.



**Рис. 8.** Зависимость рабочего напряжения танталовых SMD-конденсаторов серий THJ и TNN от температуры

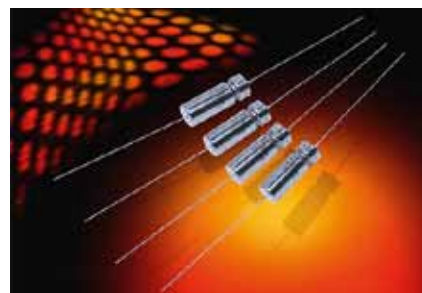
В серии THJ доступны три размера SMD-корпусов. Предлагается золочение контактов для гибридных сборок. Конденсаторы серии THJ отвечают требованиям директивы RoHS, рассчитаны на номинальное напряжение от 10 до 50 В, их емкость составляет от 10 до 220 мкФ.

Компания AVX предлагает три серии высокотемпературных жидкостных танталовых конденсаторов – TWC-Y, TWA-Y и TWA-X в герметичных корпусах с гибкими проволочными выводами, стойких к воздействию неблагоприятных внешних факторов.

Электролитические конденсаторы серии TWC-Y (рис. 9) относятся к категории COTS-Plus. Срок службы изделий при температуре 200 °С составляет 500 ч при рабочем напряжении, равном 60% номинального напряжения. Рабочий диапазон температур составляет от –55 до 200 °С. После испытаний на долговечность при температуре 200 °С конденсаторы этой серии демонстрируют токи утечки, не превышающие 200% исходных значений, или не более ±10 мкА, ESR не более 200% исходных значений, а их емкость повышается не более чем на 10% или снижается не более чем на 20% исходных значений.

Конденсаторы этой серии поставляются в стандартных корпусах размерами T1, T2, T3 и T4. В серии выпускаются изделия номинальной емкостью от 6,8 до 560 мкФ, рассчитанные на номинальное напряжение от 6 до 125 В.

Серия TWA-Y представляет собой высокотемпературную версию обычных жидкостных электролитических танталовых конденсаторов, способных работать при температуре до 200 °С (рабочий диапазон температур от –55 до 200 °С). В серии предлагаются изделия емкостью от 10 до 3000 мкФ, рассчитанные на номинальное напряжение от 15 до 125 В. Отдельные номиналы конденсаторов способны работать до 2000 ч при



**Рис. 9.** Жидкостные электролитические танталовые конденсаторы серии TWC-Y

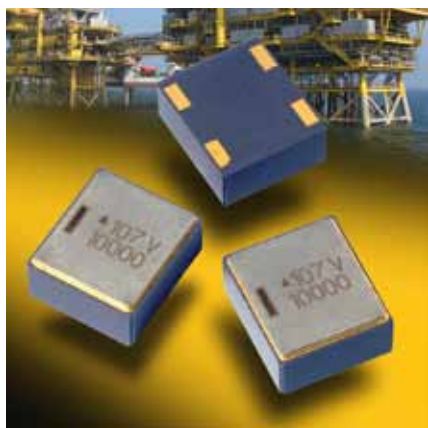
максимальной температуре 200 °С и рабочем напряжении, равном 60% номинального напряжения. Конденсаторы этой серии подвергаются испытаниям на механические воздействия по MIL-STD-202 (воздействие вибрации по методу 204 и ударов по методу 213). Конденсаторы поставляются в стандартных герметичных корпусах размерами от T1 до T4.

Жидкостные электролитические танталовые конденсаторы серии TWA-X (рис. 10) предназначены для работы при максимальной температуре до 230 °С (рабочий диапазон температур от –55 до 230 °С). Доступные в герметичных корпусах размером T4 конденсаторы серии TWA-X предлагаются емкостью 330 и 400 мкФ, рассчитаны на номинальное напряжение от 125 и 100 В соответственно. Изделия этой серии способны работать до 500 ч при максимальной температуре 230 °С и рабочем напряжении, равном 25% номинального напряжения, или до 2000 ч при максимальной температуре 200 °С и рабочем напряжении, равном 60% номинального напряжения. Механические испытания конденсаторов этой серии проводят по стандарту MIL-STD-202. Максимальное значение ESR составляет 0,8 Ом, ток утечки не превышает 10 мкА при комнатной температуре. Максимальное изменение емкости конденсаторов этой серии при температуре 125 °С составляет 35%.

Среди всех типов высокотемпературных танталовых конденсаторов в SMD-корпусах, доступных на рынке, наивысшей стабильностью параметров при температуре



**Рис. 10.** Жидкостные электролитические танталовые конденсаторы серии TWA-X



**Рис. 11.** Высокотемпературные танталовые конденсаторы в герметичных керамических SMD-корпусах серии ТНН

I-типа – от  $-55$  до  $215$  °С. Конденсаторы предлагаются как в SMD-корпусах с выводами в виде контактных площадок, так и в корпусах с J-образными выводами для приложений с экстремальными механическими нагрузками. Испытания изделий показали стойкость к механическим ударам с ускорением  $1500g$  (в течение  $0,5$  мс) и вибрации с ускорением  $20g$  (частота от  $10$  до  $2000$  Гц, температура  $125$  °С). Кроме того, конденсаторы серии ТНН демонстрируют высокую стойкость к повышенной влажности (после испытаний в течение  $64$  ч при температуре  $120$  °С и влажности  $85\%$ ).

При производстве и отбраковочных испытаниях конденсаторов серии ТНН компания AVX использует специальный патентованный процесс, исключающий применение компонентов, для которых характерно отклонение параметров или их нестабильность в процессе эксплуатации. Конденсаторы серии ТНН в герметичном керамическом корпусе обеспечивают значительную экономию пространства благодаря небольшим габаритам. Они демонстрируют высокую надежность в высокотемпературных приложениях, таких как скважное оборудование для буровых работ, авионика и автомобильные системы.

\* \* \*

В заключение следует отметить, что высокотемпературные керамические и танталовые конденсаторы, предлагаемые компанией AVX, подойдут для применения в большинстве приложений с жесткими температурными требованиями. Эти компоненты обеспечивают оптимальные характеристики в широком диапазоне температур и длительный срок службы.

Для получения более подробной технической информации по конденсаторам AVX и заказа образцов обращайтесь в АО «Золотой Шар» ([www.zolshar.ru](http://www.zolshar.ru)).

выше  $200$  °С обладают устройства серии ТНН (рис. 11). В конденсаторах этой серии емкостный элемент помещен в герметичный керамический корпус, заполненный инертным газом – азотом, который препятствует окислению твердого электролита. В результате испытаний эти устройства показали намного более высокие характеристики по сравнению с конденсаторами, запрессованными в обычный эпоксидный компаунд. Изделия этой серии обладают высокой удельной емкостью и меньшими по сравнению с конкурирующими решениями габаритами, демонстрируют высокую стабильность емкости даже при температуре  $230$  °С.

Срок службы конденсаторов серии ТНН достигает  $10000$  ч при температуре  $200$  °С и рабочем напряжении, равном  $50\%$  номинального напряжения. Доступные в корпусах двух размеров –  $9/STC-21D$  ( $11,8 \times 12,5 \times 5,8$  мм) и  $1$  ( $11,8 \times 6 \times 2,6$  мм) – конденсаторы серии ТНН предлагаются в широком диапазоне номиналов емкости (от  $6,8$  до  $100$  мкФ) и номинальных напряжений (от  $16$  до  $63$  В). Рабочий диапазон температур конденсаторов в корпусах типа  $9/STC-21D$  составляет от  $-55$  до  $230$  °С, а в корпусах

## НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена за два тома 1960 руб.

### ПРОГРАММНЫЕ И АППАРАТНЫЕ ТРОЯНЫ – СПОСОБЫ ВНЕДРЕНИЯ И МЕТОДЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ.

ПЕРВАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ. В 2-х книгах

Белоус А. И., Солодуха В. А., Шведов С. В. Под общей редакцией Белоуса А. И.

В двухтомнике исследован феномен программных и аппаратных троянов, которые фактически являются технологической платформой современного и перспективного кибероружия. В первой вводной главе показано, что развитие всех «обычных» и «новейших» видов вооружений дошло до такой стадии, что их использование на практике будет равносильно самоубийству начавшей войну стороны. Осознание этого факта привело к развитию информационно-технического оружия (кибероружия и нейрооружия). В последующих главах детально исследованы концепции, методы и примеры реализации этого вида оружия. Рассмотрены основные виды программных троянов, вирусов и шпионских программ, показан эволюционный путь развития аппаратных троянов от «ящиков» и «коробочек» до микросхем.

Книга ориентирована на специалистов по информационной безопасности, а также будет интересна и полезна всем интересующимся данной темой.

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2018. – 688+630 с.  
ISBN 978-5-94836-524-4

### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; [knigi@technosphera.ru](mailto:knigi@technosphera.ru), [sales@technosphera.ru](mailto:sales@technosphera.ru)