

Обзор современных конденсаторов

Иван Голубев (Санкт-Петербург)

Многообразие существующих типов конденсаторов и появление новых, разбросанность данных о них в специализированных справочниках, каталогах, журналах в известной степени затрудняют конструирование, ремонт и эксплуатацию электронной аппаратуры. Предлагаемая статья призвана помочь разработчикам радиоэлектронной аппаратуры сориентироваться на рынке конденсаторов.

Конденсаторы, резисторы, трансформаторы, индуктивности и прочие изделия образуют большую группу пассивных элементов, основная задача которых – выполнение простейших операций (накопление заряда, сопротивление протекающему току, концентрация электромагнитной энергии и т.п.).

В связи с бурным развитием электроники потребность в пассивных элементах возрастает. Большой интерес представляют конденсаторы, о которых и пойдет речь в этой статье.

Курс на микроминиатюризацию, снижение массы и габаритов, повышение стойкости к внешним факторам, рост надёжности предъявляет повышенные требования и к пассивным элементам, в частности – к конденсаторам. В последние годы разработаны новые конденсаторы с улучшенными электрическими и эксплуатационными характеристиками, приспособленные для монтажа на печатных платах.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНДЕНСАТОРОВ, ОСНОВНЫЕ ТИПЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ, А ТАКЖЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

Конденсатор – изделие, обладающее сложным комплексом потребительских параметров. Изготовить универсальный идеальный конденсатор невозможно. Но это не мешает создавать и применять конденсаторы, близкие к идеалу, для различных специальных применений. Вот почему особенности проектирования, выбора и применения конденсаторов представляют большой интерес.

Конструктивно конденсатор состоит из двух или более электродов (обкладок), разделённых слоем диэлектрика.

Конденсаторы различаются: по типу диэлектрической системы – на керамические, металлоплёночные, электролитические (алюминиевые и танталовые) и др.;

- по форме электродов – на плоские, цилиндрические, сферические и др.;
- по функциональному назначению – на помехоподавляющие (в том числе проходные), силовые (фильтровые, сглаживающие, снабберные, косинусные) и др.

Выбор конденсатора не определяется однозначно его ёмкостью и рабочим напряжением. В эквивалентную схему конденсатора, помимо полезной ёмкости, входят такие паразитные элементы, как активное сопротивление (потери в диэлектрике, сквозные токи утечки), определяемое тангенсом угла диэлектрических потерь на рабочей частоте; активная составляющая сопротивления обкладок и выводов; индуктивность обкладок и выводов. Влияние этих паразитных элементов на работу электронного устройства может свести на нет все усилия разработчика, неправильно выбравшего конденсатор.

Важнейшая задача при проектировании конденсаторов – разработка конструкции с минимальным значением паразитных параметров. Только конденсатор с малой индуктивностью обкладок сможет эффективно, без резонансных явлений, работать в заданной полосе частот и пропускать большой переменный ток.

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНДЕНСАТОРОВ

Для удобства дадим разъяснения важнейших терминов и параметров конденсаторов:

- *номинальная ёмкость* – ёмкость, значение которой обозначено на конденсаторе или указано в нормативно-технической документации и является исходным для отсчёта допускаемого отклонения;
- *номинальное напряжение* – значение напряжения, обозначенное на конденсаторе или указанное в НТД, при котором он может работать в заданных условиях в течение срока службы с сохранением параметров в допустимых пределах;
- *амплитуда переменного напряжения* не должна превышать значения напряжения, рассчитанного исходя из допустимой реактивной мощности;
- *тангенс угла потерь* характеризует потери энергии в конденсаторе и определяется отношением активной мощности к реактивной при синусоидальном напряжении определённой частоты;
- электрическое сопротивление конденсатора постоянному току называется сопротивлением изоляции конденсатора. Сопротивление изоляции характеризует качество изготовления конденсатора и зависит от типа диэлектрика. Для конденсаторов, допускающих касание корпусом шасси и токоведущих шин, вводится понятие *сопротивление изоляции между корпусом и соединёнными вместе выводами*;
- ток проводимости, проходящий через конденсатор при постоянном напряжении на его обкладках в установившемся режиме, называют *током утечки*;
- величина, применяемая для характеристики конденсаторов с линейной зависимостью ёмкости от температуры и равная относительному изменению ёмкости при изменении температуры окружающей среды на один градус Цельсия (Кельвина), называется *температурным коэффициентом ёмкости*;
- явление, обусловленное замедленными процессами поляризации в диэлектрике, приводящее к появлению напряжения на электродах после кратковременной разрядки

конденсатора, называется *диэлектрической абсорбцией*;

- под *полным сопротивлением конденсатора* понимают сопротивление конденсатора переменному синусоидальному току определённой частоты, обусловленное наличием у реального конденсатора наряду с ёмкостью также активного сопротивления и индуктивности. Значения активного сопротивления и индуктивности зависят от характеристик используемых материалов и конструктивного исполнения конденсатора;
- понятие реактивной мощности введено для высокочастотных и особенно высоковольтных конденсаторов и используется для установления допустимых электрических режимов эксплуатации. При этом в области низких частот ограничения определяются допустимой амплитудой напряжения переменного тока, а на высоких частотах – допустимой реактивной мощностью конденсатора. Таким образом, *реактивная мощность* характеризует нагрузочную способность конденсатора при наличии на нём больших напряжений высокой частоты;
- *вносимое затухание и сопротивление связи* – это величины, характеризующие способность помехоподавляющих конденсаторов и фильтров подавлять помехи переменного тока заданной частоты. Вносимое затухание и сопротивление связи зависят от частоты переменного тока, ёмкости, индуктивности, добротности и конструкции конденсаторов и фильтров, а также от выходного сопротивления генератора и сопротивления нагрузки.

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОДСТРОЕЧНЫХ И ВАКУУМНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Подстроечные и переменные конденсаторы наряду с основными параметрами имеют дополнительные, учитывающие особенности их функционального назначения и конструктивное исполнение:

- вместо параметра *номинальная ёмкость* используются параметры *максимальная и минимальная ёмкости*. Это максимальное и минимальное значение ёмкости конденсатора, которое может быть получено перемещением его подвижной системы;
- *момент вращения* – минимальный момент, необходимый для непре-

рывного перемещения подвижной системы конденсатора;

- *цикл перестройки ёмкости* – перестройка ёмкости от минимальной до максимальной и обратно;
- *износоустойчивость* – способность конденсатора сохранять свои параметры (противостоять изнашиванию) при многократных сражениях подвижной системы;
- *электрическая прочность* – способность конденсаторов выдерживать в течение определённого времени (до нескольких минут) приложенное к нему напряжение выше номинального без изменения его эксплуатационных характеристик и пробоя диэлектрика.

ПРИМЕНЕНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОНДЕНСАТОРОВ

Эксплуатационная надёжность конденсаторов в аппаратуре во многом определяется воздействием ряда факторов, которые по своей природе можно разделить на следующие группы:

- электрические нагрузки;
- климатические нагрузки;
- механические нагрузки;
- радиационное воздействие.

Под воздействием указанных факторов происходит изменение параметров конденсаторов. В зависимости от вида и длительности нагрузки, уходы параметров складываются из обратимого (временного) и необратимого изменения. Обратимые изменения – это явление, которое заключается в том, что после снятия нагрузки параметры конденсаторов принимают значения, близкие к начальным параметрам.

Климатические нагрузки

Температура и влажность окружающей среды являются важнейшими факторами, влияющими на надёжность, долговечность и сохранение конденсаторов. Длительное воздействие повышенной температуры вызывает старение диэлектрика, в результате чего параметры конденсаторов претерпевают необратимые изменения. Наряду с внешней температурой на конденсаторы в составе аппаратуры может дополнительно воздействовать теплота, выделяемая другими нагревающимися элементами. С ростом температуры окружающей среды максимальное напряжение на конденсаторе следует снижать.

В условиях повышенной влажности на электрические характеристики

конденсаторов влияет как плёнка воды, образующаяся на поверхности, так и внутреннее поглощение влаги диэлектриком. Длительное воздействие повышенной влажности наиболее сильно сказывается на изменении параметров негерметизированных конденсаторов. Проникновение влаги внутрь конденсатора снижает его сопротивление и электрическую прочность. Влага вызывает коррозию металлических деталей и контактной арматуры конденсаторов, облегчает развитие различных плесневых грибов.

Механические нагрузки

При эксплуатации и транспортировке аппаратуры конденсаторы подвергаются воздействию различного вида механических нагрузок: вибрации, одиночным и многократным ударам, линейному ускорению, акустическим нагрузкам. Наиболее опасными являются вибрационные и ударные нагрузки.

Воздействие механических нагрузок, превышающих допустимые нормы, может вызвать обрывы выводов и внутренних соединений, увеличение тока утечки, появление трещин в корпусах и изоляторах, снижение электрической прочности, изменение установленной ёмкости у подстроечных конденсаторов.

Радиационные воздействия

Воздействие ионизирующих излучений может вызывать как непосредственно изменение электрических и эксплуатационных характеристик конденсаторов, так и способствовать ускоренному старению конструктивных материалов при последующем воздействии других факторов. Процессы, протекающие в конденсаторах в условиях воздействия ионизирующих излучений, коренным образом отличаются от процессов старения в обычных условиях эксплуатации. В результате этого воздействия в конденсаторах также могут возникать явления, приводящие к обратимым или остаточным изменениям их параметров.

Радиационные нарушения структуры материалов могут приводить и к ухудшению основных характеристик конденсаторов – срока службы, механической и электрической прочности, влагостойкости.

Электрические нагрузки

Наибольшие необратимые изменения параметров вызываются дли-



Рис. 1. Аллюминиевые оксидные конденсаторы

тельным воздействием электрической нагрузки, при которой происходят процессы старения, ухудшающие электрическую прочность.

При постоянном напряжении основной причиной старения являются электрохимические процессы, возникающие в диэлектрике под действием постоянного поля и усиливающиеся с повышением температуры и влажности окружающей среды.

При переменном напряжении и импульсных режимах основной причиной старения являются ионизационные процессы, возникающие внутри диэлектрика или у краёв обкладок, преимущественно в местах газовых включений.

Напряжение электрического поля в диэлектрике конденсатора при его испытаниях выбирается с некоторым запасом, однако эксплуатация под электрической нагрузкой, превышающей номинальное напряжение, резко снижает надёжность конденсаторов.

Указания по выбору и эксплуатации

Эксплуатационная надёжность конденсаторов во многом определяется правильным выбором типов конденсаторов при проектировании аппаратуры и использовании их в режимах, не превышающих допустимые.

Указания по монтажу и креплению

Крепёжные приспособления должны быть выполнены таким образом,

чтобы они не повреждали корпус и защитные покрытия конденсаторов. Устройства для крепления не должны ухудшать условий отвода теплоты от конденсаторов. Не разрешается использовать лепестковые выводы конденсаторов для припайки к ним других деталей. Крепить конденсаторы при установке в аппаратуру следует без перекосов. Пайку следует производить бескислотными флюсами; при этом не должно происходить опасного перегрева выводных узлов конденсатора.

При монтаже неполярных конденсаторов с оксидным диэлектриком необходимо обеспечить изоляцию их корпусов от других компонентов и шасси.

При плотном монтаже конденсаторов для обеспечения изоляции корпусов допускается надевать на них изолирующие трубки. При этом они не должны нарушать покрытие конденсаторов, ухудшать электрические характеристики, вызывать перегрев конденсаторов сверх допустимой нормы. Особую осторожность следует соблюдать при установке конденсаторов в микросборки и на малогабаритные печатные платы.

Защита конденсаторов от воздействия механических нагрузок

Максимальная нагрузка на конденсатор достигается при резонансе, когда частота вибраций равна частоте собственных колебаний конденсатора. Кроме изменения частоты конденсатора, применяют дополнительные способы крепления.

Защита конденсаторов от воздействия повышенной влажности

Наиболее эффективным способом защиты является герметизация в металлическом или керамическом корпу-

се. Другие способы защиты (покрытие эпоксидными компаундами, опрессовка пластмассами и др.) менее эффективны. При недостаточной собственной защите применяется герметизация блоков аппаратуры или всей аппаратуры. Чтобы избежать повышения влажности и выпадения росы, внутри герметизированных блоков необходимо помещать влагопоглощающие вещества.

Указания по применению конденсаторов при повышенном или пониженном атмосферном давлении

Повышенное (до 3 атм.) давление не влияет на работоспособность конденсаторов, однако резкие его изменения могут вызвать нарушение герметизации и уплотнения корпусов. Во избежание перегрева у конденсаторов необходимо снижать допустимую мощность рассеяния.

ОБЗОР И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНДЕНСАТОРОВ ОСНОВНЫХ МИРОВЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

В настоящее время производством конденсаторов занимаются компании Panasonic, Kemet, Murata, Epcos, Vishay и ряд других. В таблице 1 приведён краткий сравнительный анализ конденсаторов основных мировых производителей. Как видно из таблицы, самый широкий диапазон продукции – у компании Panasonic, затем идут Epcos и Vishay. Но это не говорит о высоких технических характеристиках конденсаторов данных производителей.

Рассмотрим основные конкурентные преимущества и недостатки различных типов конденсаторов перечисленных выше производителей.

Аллюминиевые конденсаторы

Эти конденсаторы (см. рис. 1) широко применяются в источниках питания.

Считается, что низкая цена может обеспечить хорошие продажи изделия, особенно это касается российского рынка, где безраздельно господствуют китайские низкокачественные товары. Наши производители, стараясь «подлезть» под демпинговые, а зачастую откровенно контрабандные цены, начинают выпускать товар с низкими техническими характеристиками и низкой надёжностью, используя в своих изделиях китайскую подделку.

Таблица 1. Сравнение конденсаторов основных мировых производителей

Производитель	Аллюминиевые конденсаторы			Танталовые конденсаторы			Керамические конденсаторы			Плёночные конденсаторы	Подстроечные конденсаторы (триммеры)	Силовые конденсаторы	Ионисторы
	SMD	Выводные	С защёлкивающимися выводами (Snap-in)	SMD	Выводные	Высокотемпературные и высоковольтные	SMD	Выводные	Высокотемпературные и высоковольтные				
Kemet	+	–	–	+	+	+	+	+	+	–	–	–	–
Panasonic	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	–	+
Murata	–	–	–	–	–	–	+	+	+	–	+	–	–
Epcos	–	+	+	+	+	+	+	+	–	+	–	+	+
Vishay	+	+	–	+	–	+	+	+	+	+	–	–	–

Только применение высококачественной комплектации может гарантировать надёжность изделия, улучшение имиджа компании и успешное продвижение продукции не только на российском, но и на мировом рынке. Поэтому разработчики, которым не безразлична надёжность и качество выпускаемой аппаратуры, стараются использовать в источниках питания комплектующие известных компаний.

Как правило, надёжность источника питания обусловлена минимальной надёжностью одного или нескольких компонентов. Наименее надёжные элементы источников питания – электролитические конденсаторы, поэтому по возможности от них вообще стараются избавляться; но это не всегда получается. Для обеспечения долговременной и устойчивой работы рекомендуется использовать высоконадёжные конденсаторы такой известной и хорошо зарекомендовавшей себя на мировом рынке компании, как Panasonic, так как весь ряд конденсаторов этой фирмы отличается повышенной надёжностью.

Алюминиевые SMD-конденсаторы компании Panasonic в настоящее время являются наиболее качественными из доступных на российском рынке. Как и цилиндрические конденсаторы, они характеризуются низким сопротивлением по постоянному току, долговечностью, работой при больших пульсациях тока и при температуре до 125°C. Диапазон доступных ёмкостей – 0,1...6800 мкФ. Применяются эти конденсаторы в аудио-/видеоаппаратуре, средствах телекоммуникации, схемах управления двигателями, промышленных приборах.

В таблице 2 сравниваются основные технические характеристики алюминиевых выводных конденсаторов фирм Epcos и Panasonic.

Выводные алюминиевые электролиты Panasonic доступны в широком диапазоне ёмкостей (0,1...22000 мкФ) и рабочих напряжений. Они характеризуются низким сопротивлением по постоянному току, большим сроком службы, работой при больших пульсациях тока и при температуре до 125°C. Основное применение конденсаторы радиального типа находят в различных типах телекоммуникационных устройств, системах освещения, аудио-/видеотехники, промышленных аппаратах и др.

Для использования в источниках питания хорошо зарекомендовали се-

бя алюминиевые электролитические конденсаторы Panasonic серии FM-A с низким импедансом (LowESR), температурным диапазоном -40...+105°C с наработкой без ухудшения параметров до 7000 ч при температуре 105°C.

В таблице 3 приведён сравнительный анализ основных технических характеристик алюминиевых конденсаторов с защёлкивающимися выводами (Snap-in) таких производителей, как Epcos и Panasonic.

Данные конденсаторы находят широкое применение в инверторных схемах домашней бытовой электроники, схемах питания бытовых электронных устройств с цифровым управлением, а также в схемах питания промышленных устройств. В ряду этих конденсаторов снова лидирует продукция компании Panasonic. Конденсаторы этой компании выдерживают высокие токи пульсаций, и в то же время имеют небольшие размеры.

Алюминиевые конденсаторы с защёлкивающимися выводами компании Panasonic выпускаются с тремя, четырьмя или пятью выводами. Они отличаются долговечностью, высокими значениями ёмкости и способностью работать при больших пульсациях тока. Применяются данные конденсаторы в импульсных источниках питания, в схемах управления двигателями, промышленных приборах и др. Диапазон ёмкостей лежит в пределах 33 мкФ...0,1 Ф.

Таблица 2. Алюминиевые выводные конденсаторы

Производитель	Температурный диапазон, °C	Срок службы, ч	Номинальное постоянное напряжение, В	Номинальная ёмкость, мкФ
Panasonic	-55...125	До 10 000	450	0,1...22 000
Epcos	-55...125	До 7000	450	0,1...10 000

Таблица 3. Алюминиевые конденсаторы с защёлкивающимися выводами

Производитель	Температурный диапазон, °C	Срок службы, ч	Номинальное постоянное напряжение, В	Номинальная ёмкость, мкФ
Panasonic	-40...105	До 7000	450	33...100 000
Epcos	-40...85	До 5000	500	47...33 000

Таблица 4. Технические характеристики алюминиевых конденсаторов серии TS-EE

Конденсаторы Panasonic серии TS-EE	Стандартные	Высоковольтные
Рабочий ресурс, ч	3000 при 105°C	3000 при 105°C
Рабочий диапазон температур, °C	-40...105	-25...105
Номинальное напряжение, В	200...250	400...450
Ёмкость, мкФ	220...1800 мкФ	220...1800
Размеры, мм	От 22 × 25 до 35 × 50	От 22 × 25 до 35 × 50
Среднеквадратический ток пульсаций, А	1,43...5,22	0,83...3,18 А



Рис. 2. Танталовые конденсаторы

Алюминиевые конденсаторы Panasonic с защёлкивающимися выводами позволяют перейти с диаметра корпуса 35 мм (у прочих производителей) к диаметру 22 мм при той же ёмкости и значении токов пульсации. Как следствие, необходимое число конденсаторов может быть уменьшено на 1/3 (т.е. вместо трёх стандартных можно использовать два конденсатора компании Panasonic).

Особо стоит отметить алюминиевые конденсаторы Panasonic с защёлкивающимися выводами TS-EE серии, технические характеристики которых приведены в таблице 4.

Танталовые конденсаторы

Цена танталовых конденсаторов (см. рис. 2) таких производителей, как Epcos и Panasonic, часто становится неоправданно высокой. Поэтому в таблице 5 приведём сравнительный анализ основных технических характеристик танталовых SMD-кон-

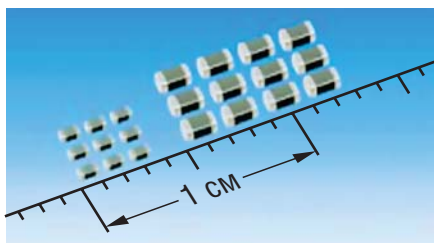


Рис. 3. Керамические конденсаторы



Рис. 4. Плёночные конденсаторы

денсаторов таких производителей, как Kemet и Vishay.

Танталовые конденсаторы Kemet обладают высочайшими техническими характеристиками и высокой надёжностью наряду с конкурентами. Среди продукции этой фирмы, помимо стандартного ряда танталовых конденсаторов (как чиповых, так и выводных), имеется широкий ряд высокотемпературных и высоковольтных танталовых конденсаторов, а также конденсаторов специального применения, которые по своим характеристикам обходят прочих производителей и в то же время являются недорогими и доступными.

Керамические конденсаторы

Керамические конденсаторы (рис. 3) применяются практически во всех областях электроники. Особый интерес в настоящее время представляют чиповые (SMD) керамические конденсаторы, особенно при современной микроминиатюризации. В данном ряду конденсаторов наибольший интерес (по соотношению цена/качество) для разработчика представляют такие производители, как Kemet, Murata и Epcos. В таблице 6 приведён сравнительный

анализ основных технических характеристик керамических чип-конденсаторов.

Продукция компании Kemet также является лидером и на рынке керамических конденсаторов, как чиповых, так и выводных. Среди продукции компании Kemet имеется широкий ряд высокотемпературных и высоковольтных керамических конденсаторов, а также конденсаторов специального применения.

В группу керамических конденсаторов Panasonic входят многослойные чип-конденсаторы и сборки (MLCC), дисковые конденсаторы радиального типа и подстроечные конденсаторы.

Многослойные керамические конденсаторы Panasonic, выполненные по технологии MLCC (Multi-Layer Ceramic Chip), представляет собой структуру с чередующимися тонкими слоями керамики и металла. Количество этих слоёв в конденсаторе может достигать до нескольких сотен.

MLCC-конденсаторы по сравнению с другими типами конденсаторов (в частности, алюминиевыми и танталовыми) обладают рядом преимуществ: повышенной надёжностью, низким паразитным сопротивлением и низкой паразитной индуктивностью. Диапазон их ёмкостей – от 0,1 пФ до 100 мкФ.

Дисковые керамические конденсаторы Panasonic выпускаются в различных модификациях для применения в цепях переменного/постоянного тока, в высоковольтных схемах (до 15 кВ), в средствах передачи данных, в балластных цепях подсветки ЖКИ.

Диапазон ёмкостей – от 10 пФ до 10 нФ. Диапазон рабочих температур – от -25 до 85(105)°С.

Керамические конденсаторы Panasonic обладают высоким качеством и надёжностью, но, к сожалению,

они заметно дороже, нежели изделия других производителей, особенно азиатских.

Плёночные конденсаторы

Для плёночных конденсаторов (см. рис. 4) важным является наличие минимальных паразитных параметров. Плёночные конденсаторы с низкими токами утечки незаменимы для пиковых детекторов и устройств выборки-хранения, а также для времязадающих цепочек. Постоянное совершенствование диэлектрических плёнок позволило получить полимерные диэлектрики, ионная поляризация которых практически не вызывает шумов и искажений. Благодаря этому современные плёночные конденсаторы можно использовать в сигнальных цепях аудиоаппаратуры высокого класса.

С развитием силовой полупроводниковой техники повысились требования к подавлению радиопомех, возбуждаемых мощными транзисторами и тиристорами, рассчитанными на напряжения несколько сотен или тысяч вольт. Задача решена за счёт применения в демфирующих цепях таких приборов плёночных конденсаторов с низким сопротивлением обкладок и выводов, рассчитанных на большие значения импульсного тока. Они с успехом заменяют известную комбинацию электролитических и керамических конденсаторов.

Конденсаторы подавления ЭМП подключаются непосредственно к линии и поэтому подвергаются перенапряжениям и переходным процессам, которые возникают в линии и могут повредить эти конденсаторы. По этой причине к таким конденсаторам предъявляются особые требования, которые отражены в соответствующих стандартах безопасности на конденсаторы подавления ЭМП. Для подавления ЭМП используют так называемые X- и Y-конденсаторы.

X-конденсаторы, которые подключаются между фазами, используют для подавления симметричной помехи (синфазный режим). Они применяются в приложениях, где неисправность конденсатора не приведёт к опасному электрическому удару. В соответствии с EN132400, X-конденсаторы разделены на три подкласса по пиковому импульсному напряжению, которому они подвергаются при тестировании. Эти пиковые нап-

Таблица 5. Танталовые конденсаторы

Производитель	Температурный диапазон, °С	Типоразмер	Допустимое отклонение от номинала, %	Номинальное постоянное напряжение, В	Номинальная ёмкость, мкФ
Kemet	-55...125	От R до E	5, 10, 20	До 50	0,1...1000
Vishay	-55...85	От A до P	5, 10, 20	До 50	0,1...680

Таблица 6. Керамические чип-конденсаторы

Производитель	Типоразмер	Температурный диапазон, °С	Допустимое отклонение от номинала	Номинальное постоянное напряжение, В	Номинальная ёмкость, пФ
Kemet	0402 – 2225	-55...125	B – G и J – Z	До 3000	0,5...100 000 000
Epcos	0405 – 0612	-55...125	J – Z	До 50	10...22 000
Murata	0603 – 2225	-55...125	C – M	До 2000	0,5...10 000

ряжения могут быть вызваны разрядом молнии или коммутационными процессами в соседнем оборудовании и в самом устройстве, где используется конденсатор.

Y-конденсаторы, которые подключаются между фазой и нейтралью, эффективны при подавлении асимметричной (дифференциальной) помехи. Они используются там, где неисправность конденсатора может привести к электрическому удару. Y-конденсаторы имеют ограниченную емкость при повышенной электрической и механической надежности. Для уменьшения тока, проходящего через конденсатор при переменном напряжении, и ограничения заряда на конденсаторе до безопасного уровня их ёмкость ограничена.

В таблице 7 приведены основные характеристики плёночных конденсаторов компаний Epcos и Panasonic, т.к. они являются наиболее качественными и надёжными.

Плёночные конденсаторы компании Panasonic ориентированы на цепи с невысокими напряжениями (до 2000 В) и лидируют на рынке среди аналогов. Они обладают высочайшими техническими характеристиками и надёжностью. Компания Panasonic предлагает большое разнообразие плёночных выводных и чип-конденсаторов: металлополиэстровые, металлополипропиленовые, поливинилсульфидные и др. Диапазон ёмкостей – от 100 пФ до 10 мкФ. Рабочее напряжение – 10...400 В (пост. тока) для чип-конденсаторов и 50...2000 В (пост. тока) – для конденсаторов радиального типа.

Плёночные конденсаторы находят применение в цепях блокировки постоянного тока, фильтрах, в цепях автоподстройки частоты, источниках питания, в схемах подсветки и др.

Плёночные конденсаторы компании Epcos ориентированы на цепи с высокими напряжениями – до 12,5 кВ. Среди продукции Epcos можно отметить двойной проходной металлоплёночный конденсатор. Этот инновационный конденсатор отличается, прежде всего, своими малыми габаритами и превосходными характеристиками затухания даже в очень высокочастотном диапазоне. Стандартные двойные проходные конденсаторы имеют ёмкость 0,1 мкФ при номинальном токе 2×200 А. Благодаря модульной конструкции на заказ могут поставляться конденсаторы с различной но-

минальной ёмкостью и рабочим током. Возможен и заказ различного исполнения контактов и корпуса конденсаторов. Номинальное напряжение – до 600 В постоянного тока или 250 В переменного. Двойные проходные конденсаторы Epcos удовлетворяют требованиям стандарта EN 132400. Основное применение данные конденсаторы находят на центральных телефонных станциях, базовых станциях мобильных сетей, в промышленных лазерах. Также их применяют для подавления широкополосных помех в AC/DC-источниках питания.

Подстроечные конденсаторы (триммеры)

В таблице 8 приведён сравнительный анализ основных технических характеристик триммеров компаний Murata и Panasonic.

Подстроечные конденсаторы (триммеры) Panasonic представлены тремя типами. Типы J и K выпускаются в миниатюрном корпусе для поверхностного монтажа и предназначены для применения в радиотелефонах, переносных радиоприемниках, плеерах, видеокамерах, а также в пейджинговых системах. Высота корпуса триммера типа K не превышает 1,8 мм. Триммеры типа L выпускаются в миниатюрном корпусе с радиальными выводами и применяются в телевизорах, видеомагнитофонах, аудиоаппаратуре и другой электронной технике.

Триммеры компании Panasonic являются более надёжными, нежели триммеры Murata, в том числе и конструктивно. Но тем не менее, разработчики, как правило, используют триммеры Murata, которые являются более дешёвыми и доступными.

Силовые конденсаторы

Особенности снабберных конденсаторов Epcos (см. рис. 5):

Таблица 7. Плёночные конденсаторы

Производитель	Температурный диапазон, °С	Номинальное постоянное напряжение, В	Номинальная ёмкость, мкФ	Допустимое отклонение от номинала, %
Panasonic	-55...135	2000	0,0001...10	2...20
Epcos	-40...135	12 500	1...100	2,5...20

Таблица 8. Подстроечные конденсаторы

Производитель	Перестройка ёмкости, пФ	Размеры, мм	Температурный диапазон, °С	Номинальное постоянное напряжение, В
Panasonic	3...50	3,2 × 4,5 × 1,8	-25...85	220
Murata	1...45	3,2 × 2,5 × 1,25 7 × 7,2 × 6	-25...85	55



Рис. 5. Силовые конденсаторы



Рис. 6. Ионисторы

- максимальная рабочая температура – 100°С;
- пластиковый корпус (UL 94 V-0);
- тип диэлектрика: полипропилен (МКР);
- герметизация эпоксидной смолой (UL 94 V-0);
- надёжные облуженные контакты;
- сверхнизкая индуктивность.

Силовые металлоплёночные конденсаторы Epcos МКК DC серии B25650 применяются в звеньях постоянного тока, последовательных резонансных контурах, цепях разряда. Их особенности:

- большой диапазон ёмкости и напряжения;
- высокие значения тока;
- высокая плотность энергии;
- возможно изготовление конденсаторов с размерами, заданными заказчиком.

Ионисторы

Ионисторы (рис. 6) – это двухслойные электролитические конденсаторы – устройства аккумуляции энергии. По характеристикам

Таблица 9. Ионисторы

Производитель	Ёмкость, Ф	Напряжение, В	Минимальные размеры, мм
Panasonic	0,022...70	2,3...5,5	6,1 × 1,2
Epcos	4...200	2,5	22,75 × 14,75

ионисторы представляют собой нечто среднее между алюминиевыми электролитическими конденсаторами и аккумуляторами. Они рассчитаны на несколько сот тысяч циклов заряда/разряда. Их отличает высокая ёмкость, большая плотность рассеиваемой мощности и долгий срок службы.

Применение ионисторов:

- автомобильная промышленность: электромобили, пуск двигателя, рекуперативное торможение, стартер, система запираания дверей;
- бытовая электроника: пульты дистанционного управления, резервное питание, цифровые камеры;
- промышленная электроника: измерительные приборы, лифты, аварийное освещение, системы бесперебойного питания, медицинское оборудование, ветряные мельницы, элементы, использующие солнечную энергию;
- телекоммуникации: резервное питание, системы бесперебойного питания для радиостанций.

В таблице 9 приведены основные технические характеристики ионисторов компаний Panasonic и Epcos.

Ионисторы компании Panasonic обладают меньшими размерами, имеют более широкий диапазон емкостей и корпусов.

Ионисторы Panasonic производятся в корпусах типа «монета», «ролик», «таблетка»; для поверхностного монтажа и для монтажа в отверстия. Диапазон емкостей – от 22 мФ до 70 Ф.

Современные конденсаторы Gold Cap компании Panasonic создают конкуренцию аккумуляторам и батарейкам. Это происходит благодаря большой допустимой ёмкости и преимуществам, которые присущи всем конденсаторам:

- быстрое время зарядки;
- более 300 тыс. циклов заряда/разряда;
- экологическая безопасность;
- не требуется контроль зарядки;
- длительный срок службы.

Однако если разработчику требуются крайне большие значения ёмкости, а размеры ионистора не критичны, следует использовать изделия фирмы Epcos.

Выводы

Резюмируя приведённый сравнительный анализ конденсаторов ос-

новных мировых производителей, можно с полной уверенностью сказать, что компоненты того или иного производителя следует выбирать в зависимости от типа конденсатора.

- там, где важна большая надёжность и хорошие технические характеристики, необходимо использовать продукцию компании Panasonic. Это, в первую очередь, алюминиевые электролитические конденсаторы, плёночные конденсаторы и ионисторы;
- продукция компании Kemet ориентирована на производителей, стремящихся уменьшить стоимость конечной продукции, но в тоже время сохранить высокие технические показатели и высокую надёжность. Здесь большой интерес представляют танталовые и керамические конденсаторы всех типов;
- в продукции компании Epcos большой интерес представляют силовые конденсаторы, а также те позиции ионисторов и плёночных конденсаторов, аналоги которых отсутствуют у компании Panasonic;
- продукцию таких компаний, как Murata и Vishay, стоит использовать лишь в тех случаях, когда на первом плане выступает цена проектируемого или выпускаемого устройства, а технические характеристики и надёжность не важны.

