

СУПЕРКОНДЕНСАТОРЫ

ПОМОЩНИКИ ИЛИ ВОЗМОЖНЫЕ КОНКУРЕНТЫ БАТАРЕЙНЫМ ИСТОЧНИКАМ ПИТАНИЯ



В.Шурыгина

Суперконденсаторы, ультраконденсаторы, электрохимические конденсаторы, двухслойные конденсаторы – все эти названия относятся к одному и тому же классу приборов, занимающих по своим параметрам и выполняемым функциям промежуточное положение между батареями и обычными “электронными” (керамическими, танталовыми, электролитическими, пленочными и алюминиевыми) конденсаторами. Пожалуй, суперконденсаторы – это самая яркая разработка в области конденсаторостроения за последнее десятилетие. Приставку “супер” они получили благодаря своей емкости, которая примерно на три порядка больше, чем у обычных конденсаторов тех же габаритов. Вместе с тем суперконденсаторы остаются традиционными двухвыводными компонентами. Выпускаются они самых разнообразных форм – от малогабаритных монтируемых на поверхность приборов размером с монетку до крупногабаритных призматических или цилиндрических компонентов с винтовым креплением. Основное назначение – источники высокой импульсной энергии и дублирование основного источника питания (батареи). В последнем случае суперконденсаторы аналогичны кэш-памяти, используемой в системе энергозависимой оперативной памяти для сохранения данных при отключении питания, т.е. выполняют функцию энергетического кэша.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КЭШ. ЧТО ЭТО ТАКОЕ?

В сущности, суперконденсатор не отличается от обычного электрического конденсатора, и значение его емкости рассчитывается по известной со школы формуле. Большая емкость достигнута за счет максимизации эффективной площади обкладок и уменьшения эффективного расстояния между ними до нескольких нанометров. В большинстве представленных на рынке суперконденсаторов электроды выполнены из углерода (гранулированного или порошкового). Между ними расположен разделитель, пропитанный электролитом (водным или органическим раствором) с высокой концентрацией подвижных ионов (рис. 1а). При контакте электрода с электролитом с двух сторон их межфазовой границы формируются слои с избыточ-

ными носителями противоположной полярности. Межфазовая граница раздела двух материалов толщиной всего несколько нанометров служит диэлектриком конденсатора. Таким образом, собственно конденсаторный элемент образуют два слоя с избыточной концентрацией носителей и граница их раздела. Отсюда второе название суперконденсаторов – электрохимические двухслойные конденсаторы. С другой стороны разделителя формируется точно такая же структура, но с противоположной первой полярностью носителей в образующих ее слоях. Таким образом, практически один компонент объединяет два включенных последовательно конденсатора с различными значениями последовательного сопротивления (рис. 1б).

Основные достоинства суперконденсаторов – большое значение емкости при малых габаритах, отсутствие необходимости применять специальные схемы зарядки или схемы управления процессом разрядки, дружелюбность окружающей среде (отсутствие вредных загрязнений), возможность пайки выводов и благодаря этому высокая стабильность контактов (в отличие от батарей). Но поскольку суперконденсатор – электрохимический компонент, значение его эквивалентного последовательного сопротивления (ESR) на постоянном токе велико. Производители зачастую приводят значение ESR на частоте 1 кГц, на которой оно минимально. Но значение емкости на этой частоте, как правило, не имеет большого смысла для потребителя. В отличие от обычного конденсатора, в котором заряд переносится электронами, в электрохимическом суперконденсаторе в этом процессе наряду с электронами участвуют и ионы. И здесь причина еще одного серьезного недостатка этих компонентов. Поскольку подвижность ионов меньше, чем электронов, фактическое значение емкости при импульсах малой длительности может оказаться ниже значения, приводимого в технической документации.

Значения емкости и ESR суперконденсатора существенно влияют на характер временной зависимости напряжения. При разрядке

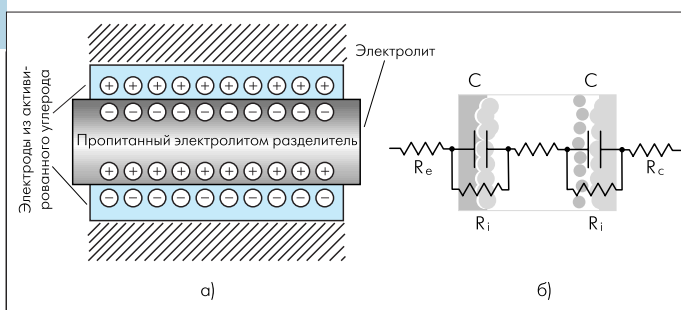


Рис. 1. Структура (а) и упрощенная эквивалентная схема суперконденсатора (б): R_e – “электронное” сопротивление углеродного электрода, R_c – “электронное” сопротивление у границы раздела электрода – накопитель тока, R_i – “ионное” сопротивление электролита

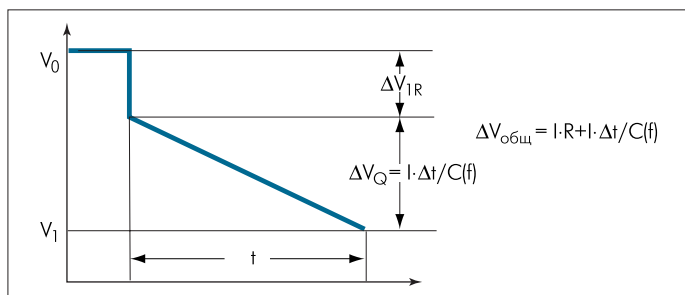


Рис.2. Временная зависимость напряжения суперконденсатора

суперконденсатора на нагрузку из-за большого ESR напряжение первоначально резко падает на величину ΔV_{IR} , после чего временная зависимость напряжения становится экспоненциальной (кривая ΔV_Q , рис.2). Причем при больших импульсных разрядных токах основную роль играет резистивная составляющая общего сопротивления конденсатора, а при малых импульсных токах большей длительности — емкостная составляющая. Таким образом, при работе с большими импульсами тока следует применять суперконденсаторы с малым ESR, а при работе с малыми токами — конденсаторы большой емкости.

Для зарядки суперконденсаторов можно использовать источники постоянного тока, постоянного напряжения, включенную параллельно с конденсатором батарею, топливный элемент, преобразователь постоянного тока и т.п. В случае применения батареи для снижения зарядового тока конденсатора и продления срока жизни батареи целесообразно последовательно с конденсатором включать резистор с низким сопротивлением (при этом следует обратить внимание на то, чтобы клеммы конденсатора были присоединены к нагрузке непосредственно, а не через резистор). Максимально рекомендуемый зарядный ток $I = V_0/5R$, где V_0 — зарядное напряжение, а R — полное сопротивление суперконденсатора. Разогрев конденсатора из-за перегрузки по зарядному току или напряжению может привести к увеличению ESR, выделению паров электролита, сокращению жизненного цикла или даже к разрушению прибора.

Рабочее напряжение большинства суперконденсаторов равно 2,3–2,5 В. Они хорошо выдерживают кратковременные перегрузки по напряжению, но превышение рекомендуемого значения рабочего напряжения в течение длительного периода может привести к разложению электролита, а это вызывает увеличение тока утечки или разрушение корпуса. Сейчас, правда, уже выпускаются суперконденсаторы на напряжение 3 или 4 В. Но при таких значениях напряжения их параметры быстро деградируют. Вот почему основная область применения суперконденсаторов на "высокое" напряжение — электронные игрушки, для которых короткий жизненный цикл используемых компонентов не имеет большого значения.

Если же необходимо длительно работать при повышенном напряжении, то, как и в случае традиционных компонентов, приходится включать конденсаторы последовательно или параллельно/последовательно, и при этом так же, как обычно, значение эффективной емкости уменьшается. При последовательном соединении конденсаторов возникает проблема неравномерного падения напряжения отдельных компонентов и вероятность превышения допустимого значения напряжения из-за рассогласования их параметров. Избежать этого можно путем пассивного или активного симметрирования напряжений конденсаторного блока. При пассивном методе параллельно каждому конденсатору включается резисторный делитель напряжения. Причем значение сопротивления резисторов следует выбирать так, чтобы ток зарядки/разрядки был

больше приведенного в ТУ тока утечки и вместе с тем не вызывал сокращения срока службы батареи. При низких значениях тока утечки рекомендуется использовать резисторы с сопротивлением 470 кОм–1,2 МОм. Работа с сетевыми источниками питания, топливными или солнечными элементами допускает применение резисторов с более низким сопротивлением — 4,7–10 кОм. При активном симметрировании напряжение каждого отдельного конденсатора устанавливается в пределах требуемого значения с помощью полупроводникового ключа, подключенного к источнику опорного напряжения (рис.3). При таком симметрировании напряжения матричного модуля любой конденсатор матрицы, напряжение которого превышает установленный уровень, разряжается.

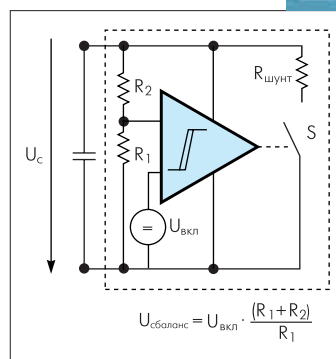


Рис.3. Схема активного симметрирования напряжения суперконденсаторов матрицы

Как правило, диапазон рабочих температур суперконденсаторов составляет -20...70°C. Превышение указанного в ТУ максимального значения температуры на 10°C может привести к сокращению срока службы прибора в два раза, в основном из-за увеличения ESR. Поэтому рекомендуется работать при минимально возможной температуре. Если же это не удастся, целесообразно уменьшать рабочее напряжение. Например, при температуре 85°C снижение рабочего напряжения до 1,8 В позволит компенсировать негативные эффекты, вызываемые перегревом прибора. В случае работы при низких температурах можно слегка повышать напряжение в сравнении с его значением в ТУ. Иногда такое увеличение необходимо для компенсации роста ESR, обусловленного увеличением вязкости электролита при низких рабочих температурах и снижением подвижности ионов.

Таким образом, основные факторы, вызывающие сокращение срока службы суперконденсаторов, — это увеличение ESR и уменьшение емкости. При длительной работе (и хранении) их пропитка "высыхает" (как у электролитических конденсаторов). Но при правильном использовании суперконденсаторы могут выдержать более 500 тыс. циклов зарядки/разрядки без изменения емкости, а их минимальный срок службы может достигать 10 лет. Следует также помнить, что влияние окружающей среды и условий работы на основные параметры суперконденсаторов отличается от их воздействия на характеристики обычных конденсаторов.

Сегодня активно ведутся работы по созданию суперконденсаторов, в которых средой накопления заряда служат проводящие полимеры. Молекулы таких органических веществ, подобно молекулам полупроводниковых материалов, имеют центры захвата ионов, а их механизм проводимости аналогичен электронно-дырочной проводимости полупроводников. Благодаря тому, что ионы накапливаются в объеме полимера, а не на поверхности проводящего электролита, емкость таких конденсаторов значительно выше, чем "обычных" суперконденсаторов. Изучается возможность сочетания полимеров с материалами, формирующими суперконденсатор, например полипропилен с углеродными нанотрубками. Правда, пока самый большой заряд был накоплен в "чисто" полимерной системе.

Проектирование системы на базе суперконденсатора, как правило, начинается с определения энергии, потребляемой при каждом цикле разрядки, а также уровня напряжения, необходимого для исправной работы схемы. Значение емкости конденсатора устанавливается

ливается по экспоненциальной кривой его зависимости dV/dt и величине нагрузки. Правда, по мнению специалистов фирмы AVX, при проектировании маломощных устройств такой процесс не имеет смысла. Гораздо проще и быстрее снять вольт-разрядную характеристику конденсатора, емкость которого равна одному из широко распространенных значений. Для большей части применений важна не точка начала разряда конденсатора на нагрузку, а падение напряжения в начале работы (ΔV_{IR}), вызванное присутствием конденсатору ESR (см. рис.2).

ОСНОВНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Современные энергоемкие электрические и электронные системы выдвигают жесткие требования к источникам питания. Разнообразное оборудование – от цифровых камер и портативных электронных устройств до электрических трансмиссий "гибридных" автобусов, грузовиков и легковых автомобилей – нуждается как в аккумуляровании, так и в подаче необходимой энергии. Современный разработчик может решить эту задачу двумя способами: использовать аккумулятор (или источник питания), способный обеспечить большой импульс тока, или присоединить параллельно менее мощной батарее суперконденсатор ("гибридное" решение). Во втором случае назначение суперконденсатора – "страховка" основного источника питания (как правило, батареи) на случай падения его напряжения. При падении напряжения батареи или необходимости подачи большого импульса тока на нагрузку функции источника питания выполняет суперконденсатор. Это обусловлено тем, что общий уровень (плотность) энергии батарей высокий, а плотность их мощности мала, тогда как у суперконденсаторов, наоборот, плотность энергии мала, а плотность мощности велика (рис.4). В простейшем случае суперконденсатор дублирует батарею, обеспечивая ток разрядки на нагрузку. Весьма перспективно и применение суперконденсаторов в качестве источников импульсов тока с коэффициентом заполнения менее 20% и пиковым значением на несколько порядков выше значения постоянного тока. Они используются в источниках питания устройств, работающих от солнечных батарей, а также в качестве стартеров небольших двигателей.

В сотовых системах GSM-стандарта, работающих в "пульсирующем" режиме с короткими импульсами тока (~500 мкс) амплитудой до 2 А при частоте повторения 4 мс и со значительно меньшими значениями тока в промежутке между ними, включение суперконденсатора параллельно батарее позволяет значительно увеличить срок ее службы. Батарея "не видит" импульсной нагрузки, что позволяет использовать ее более эффективно. Кроме того, конденсатор может разряжаться при более высоких уровнях напряже-

ния, чем батарея. Благодаря этому улучшается КПД ВЧ-усилителя мощности телефонной трубки. Пока из-за больших габаритов суперконденсаторы не находят широкого применения в сотовых телефонах. Но в тех случаях, когда необходимо обеспечить большую мощность источника питания GSM-приемника, невзирая на его габариты (например, в телеметрических системах), объединение батареи и суперконденсатора целесообразно, поскольку позволяет значительно повысить эффективность источника питания.

Еще одна перспективная область применения суперконденсаторов – **автомобильные электронные системы**. Пока суперконденсаторы используются в них для запуска двигателя и сокращения тем самым нагрузки батареи. Конечно, основная система питания автомобильных систем способна обеспечить требуемый ток, но если снабдить ее дополнительным суперконденсатором, располагаемым вблизи двигателя, можно облегчить ее режим работы и уменьшить массу (за счет сокращения монтажной схемы). В последнее время большое внимание уделяется применению суперконденсаторов в системах гибридных автомобилей, в которых для управления генератором используется двигатель внутреннего сгорания, а приводится автомобиль в движение с помощью электрического двигателя (или двигателей). В этом случае двигатель внутреннего сгорания работает с почти постоянной скоростью и выходной мощностью, т.е. с наибольшей эффективностью, а энергетический кэш (суперконденсатор) служит источником тока в начале движения или при ускорении, "подзаряжаясь" при торможении. А как известно, при торможении до 30% энергии двигателя внутреннего сгорания преобразуется в тепло, излучаемое в окружающую среду. Вот почему суперконденсаторы большой емкости с большими пиковыми токами разрядки при малых значениях времени зарядки/разрядки (до ~2 с) весьма перспективны для применения не только в легковых автомобилях, но и в крупном городском транспорте. Они позволяют сократить потребление топлива более чем на 50%, снизить уровень загрязнения окружающей среды выбрасываемыми частицами на 90% и выхлопами оксида азота на 50%. По оценкам фирмы General Motors и ее отделения систем трансмиссии Allison, если цена ячейки суперконденсаторной сборки не будет превышать 30 долл., в 2003 году для систем трансмиссии может потребоваться до 1 млн. таких ячеек, а в 2008 году – уже более 100 миллионов.

Несомненно, суперконденсаторы не могут заменить аккумулятор транспортного средства, но их применение значительно расширяет возможности системы питания, улучшая стартовые свойства при низких температурах (благодаря большому пусковому крутящему моменту), стабилизируя напряжение системы питания и сохраняя энергию, выделяемую при торможении. В общем случае в системе питания транспортных средств целесообразно применять суперконденсаторы, время зарядки/разрядки которых составляет 5–60 с. Кроме того, они могут использоваться в распределенной системе питания отдельных приборов автомобиля (для питания мощных приборов потребуются конденсаторы емкостью 150–300 Ф, а для таких устройств, как соленоиды, системы регулировки положения оконного стекла и дверные замки, – изделия емкостью 5–10 Ф).

Перспективны суперконденсаторы и для будущих "дружелюбных окружающей среде" энергетических систем, где они смогут служить источником большого пикового тока (при использовании топливных элементов) или компенсировать неравномерное питание (ветряные источники). Таким образом, суперконденсаторы найдут, и уже находят, применение в самых разнообразных силовых системах.

Период перехода суперконденсаторов, предназначенных для узкого применения, в разряд широко распространенных популярных

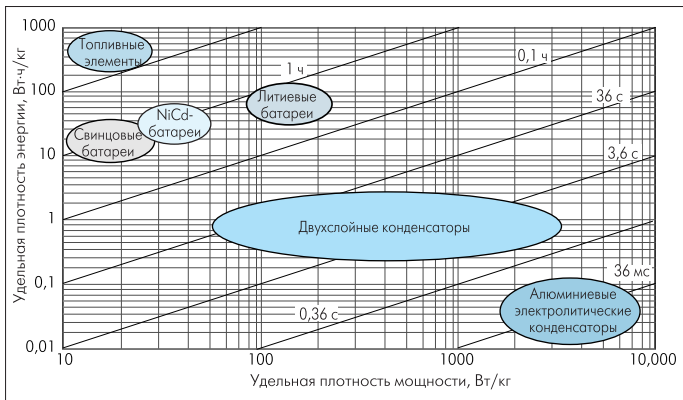


Рис.4. Диаграмма соотношения плотности энергии и плотности мощности различных источников питания и конденсаторов (диагонали – линии одинакового времени разрядки)



устройств оказался продолжительным, поскольку технология еще не была достаточно хорошо отработана, как не существовала и инфраструктура, необходимая для их массового производства. Но ситуация меняется, и на рынке уже появились суперконденсаторы самого разнообразного назначения.

ЧТО ЖЕ ПРЕДСТАВЛЕНО НА РЫНКЕ?

Начнем с "легких" суперконденсаторов для маломощных, работающих на небольшие нагрузки, источников питания. К ним относятся конденсаторы серии BestCap емкостью 40–500 мФ фирмы **AVX** (www.avxcorp.com). ESR этих конденсаторов благодаря применению протонного полимерного разделителя с положительно заряженными ионами водорода составляет 25–250 мОм (на частоте 1 кГц). Конденсаторы заряжаются до 60% номинального значения емкости за 2–3 мс. Рассчитаны они на напряжение 3,5–12 В, ток утечки не превышает 5 мкА. Монтируются они в прямоугольные герметизированные металлические корпуса (в том числе и в монтируемые на поверхность) размером 28x17 или 48x30 мм и высотой 2,1–6,5 мм. Изделия полностью выполнены из нетоксичных, "зеленых", материалов и отличаются высокой прочностью (ударопрочность более 30000г). Основные недостатки – увеличение (обратимое) ESR при температурах ниже -20°C и невозможность пайки оплавлением, поскольку максимально допустимая температура для конденсаторов серии равна 70°C. Конденсаторы серии BestCap предназначены для GSM/GPRS сотовых систем, оборудования связи ADSL/xADSL-стандарта, беспроводных систем сигнализации, для дублирования питания систем памяти, питания лазерных систем.

Интерес представляют поставляемые по ТУ заказчика суперконденсаторы семейства PowerStor фирмы **Cooper Bussmann**, бывшая Cooper Electronic Technologies (www.cooperET.com) с электродами из пеноуглерода или углеродного аэрогеля. Технология изготовления позволяет легко модифицировать их размер и форму, значение ESR, емкости, напряжения, рабочий диапазон температур. Так, конденсаторы серии А отличаются чрезвычайно низким ESR (25–150 мОм) при значениях емкости 0,47–4,7 Ф, благодаря чему находят широкое применение в устройствах, где требуется быстрая разрядка. А конденсаторы серии F, монтируемые в корпуса толщиной менее 1 мм из слоистого полимера-алюминия (вместо традиционных стальных корпусов с многослойным фольговым полимерным покрытием), благодаря малой высоте весьма перспективны для применения в PCMCIA-картах, поскольку предотвращают пиковые нагрузки интерфейса (ток соединителя карты составляет 1 А, и в отсутствие конденсатора такие нагрузки неизбежны). Конденсаторы серии могут работать при напряжении 4,6 В, но в этом случае число циклов зарядки/разрядки уменьшается с 10^6 (при номинальном значении напряжения 2,5 В) до 10^4 . Основное достоинство конденсаторов серии Х, поставляемых в цилиндрических и призматических корпусах, – большое значение емкости (100–2500 Ф) при чрезвычайно низком ESR (до 0,5 мОм).

В семейство PowerStor входят и заказные многоконденсаторные сборки с пассивным или активным симметрированием на напряжение до 24 В. Фирма также поставляет конденсаторы на диапазон рабочих температур -40...85°C (стандартный диапазон рабочих температур конденсаторов – -25...70°C). Суперконденсаторы семейства находят разнообразное применение – беспроводные системы связи (GSM-сотовые телефоны, пейджеры и т.п.), портативные компьютерные системы (терминалы ввода данных, персональные цифровые помощники и другие микропроцессорные устройства), промышленное оборудование, автомобильные системы, бытовое оборудование и игрушки.

Конденсаторы японской фирмы **Elna** (www.elna-america.com) в монтируемом на поверхность корпусе размером с монету благодаря изготовлению электродов из активированного угля и пропитки разделителя безводным высокостабильным электролитом отличаются высокой прочностью и надежностью. Емкость конденсаторов серии Дунасар лежит в диапазоне 0,47–100 Ф, напряжение – 2,5–6,3 В, ток – 1 мА–50 А. Время зарядки до 60–80% номинального значения напряжения составляет 30–60 с. Кроме того, Elna выпускает суперконденсаторы с винтовым выводом, срок службы которых (32 тыс. ч при температуре 20°C и 1 тыс. ч при 70°C) позволяет применять их в автомобильных системах. Правда, пока этому препятствует достаточно "высокая" минимальная рабочая температура: -25°C. Тем не менее, многие производители проявляют интерес к конденсаторам емкостью до 4000 Ф на напряжение 2,3 В, со значениями ESR 3 мОм и тока зарядки 100 А.

А рассчитанные на высокое напряжение суперконденсаторы второго поколения серии UltraCap фирмы **Epcos** (www.epcos.com) с улучшенной конструкцией корпуса и новыми электродами уже используются в приводах трансмиссии городских автобусов, курсирующих на улицах Нюрнберга. Максимальная емкость конденсаторов равна 5000 Ф при напряжении 2,5 В (пиковое значение 2,8 В), ESR – 0,25 мОм. Ток зарядки/разрядки может достигать 500 А, плотность мощности – 7,4 кВт/кг, плотность энергии – 5,1 Вт·ч/кг. Наибольшую удельную пиковую мощность – 16 кВт/кг – имеют конденсаторы емкостью 200 Ф с ESR 2 мОм и током зарядки/разрядки 50 А, которые должны были появиться на рынке в марте 2003 года. Их назначение – восстановление энергии при рекуперативном торможении, с тем чтобы ее использовать при начале движения после остановки. В конденсаторной сборке фирмы емкостью 8,3 Ф на напряжение 650 В объединены 325 конденсаторов на напряжение 2,3 В емкостью 2700 Ф. Правда, для того чтобы рабочая температура оставалась в пределах требуемых значений (-30...70°C), эти мощные модули должны охлаждаться.

Суперконденсаторы серии UltraCap выбраны разработчиками спортивного автомобиля Lotec Sirius для запуска стартера 12-цилиндрового шестилитрового мотора. Емкость сборки, объединяющей шесть конденсаторов емкостью 2700 Ф каждый, составляет 450 Ф при напряжении 13,8 В. Применение такой сборки позволило отказаться от второй батареи и облегчить модель автомобиля на 5 кг, обеспечивая в то же время подачу на стартер мощности в 4 кВт. И даже после многодневной стоянки в гараже (вызывающей, как правило, разрядку аккумулятора) конденсаторная сборка обеспечивает надежный старт.

Сейчас ведутся работы по увеличению напряжения конденсаторов до 3 В, что позволит снизить стоимость конденсаторной матричной сборки на 30%. Кроме того, фирма рассчитывает снизить стоимость сборки за счет полной автоматизации процессов ее производства. Помимо источников питания транспортных средств, изделия серии UltraCap найдут применение в системах бесперебойного питания, батарейных инструментальных средствах и оборудовании (электрические отвертки, бритвы и зубочистки, медицинские осветительные системы, измерители, беспроводные телефоны европейского DECT-стандарта), солнечных системах (для накопления энергии).

Суперконденсаторы для автомобильных систем питания выпускают также фирмы:

- **Maxwell Technologies** (www.maxwell.com): серия Boostcaps емкостью от 4 до 2700 В на напряжение 2,5 В, диапазон рабочих температур -40...70°C, время разрядки до 50% номинального напряжения – 5 с, время саморазрядки до такого же значения

напряжения – около месяца. ESR по постоянному току конденсатора емкостью 4 Ф составляет 400 мОм;

- **NessCap** (www.nesscap.com), Южная Корея: серия EDLC емкостью от 3 до 2,7 В и конденсаторные сборки с пассивным и активным симметрированием напряжения (последние были установлены на полностью электрических машинах как дополнение к основным аккумуляторам);
- **Panasonic** (www.maco.panasonic.com): серия Up-Cap в цилиндрических корпусах емкостью 500–2500 Ф на напряжение 2,3 В, срок службы 2000 ч при рабочей температуре 60°C (к 2005–2006 году фирма планирует увеличить максимальную температуру надежной работы сборки, содержащей 40–50 таких конденсаторов, до 75°C);
- **NEC-Tokin** (www.nec-tokin.net/now/english/index.html): серия FG1C емкостью до 100 Ф при напряжении 15 В и ESR 20 мОм на 1 кГц. Изделия фирмы, рассчитанные на разрядный ток до 1 А, предназначены и для резервного питания таких высокоимпедансных систем, как СОЗУ, таймеры и т.п., а также устройств с низким импедансом (исполнительные механизмы, клапаны и т.п.). Значение емкости конденсаторов фирмы NEC-Tokin лежит в диапазоне от 10 мФ до 100 Ф, а напряжение может достигать 12 В.

Интерес представляют "промежуточные" типы суперконденсаторов фирмы **Evans Capacitor** (www.evanscap.com). Это – гибридные поляризованные компоненты с танталовым, пропитанным электролитом, анодом и катодом обычного электрохимического суперконденсатора. Благодаря своему промежуточному положению между электролитическими и электрохимическими устройствами рабочее напряжение гибридных конденсаторов фирмы Evans емкостью до 0,22 Ф (при напряжении 6,3 В) может достигать 125 В.

EDN, 2003, Jan.9, p.53–58.

Материалы фирм AVX, Cooper Bussmann, Elna, Epcos, Evans Capacitor, Maxwell Technologies, NEC-Tokin, NessCap, Panasonic.



Конденсатор с цифровым программированием емкости

Фирма Xicor выпустила программируемый после монтажа в схему конденсаторный элемент X90100. Емкость конденсатора может принимать 32 значения в диапазоне 7,5–14,5 пФ с шагом 0,2 пФ. Установленное значение емкости хранится в ЭСРПЗУ, изготовленном на том же чипе, что и конденсатор. Кроме того, чип содержит схему восстановления установленного значения емкости при повторном включении, путем считывания его из энергонезависимой памяти.

Конденсатор, выполненный по принципу "установи-и-забудь", предназначен для замены конденсаторов переменной емкости, используемых для подгонки характеристик устройств после их изготовления. Он найдет применение в датчиках, ВЧ-приемопередатчиках и других приборах, требующих регулировки частоты в диапазоне от 0 до 400 МГц.

Конденсатор поставляется в восьмивыводном корпусе MSOP-типа по цене 1,05 долл. при закупке партии в 1 тыс. штук.

www.cahnersel.../index.asp?layout=articleID=CA28958