

КОНДЕНСАТОРЫ С НИЗКИМ ESR

Что же это такое?

С. Гудков

Несмотря на внешне практически неизменную конструкцию конденсаторов, технология их производства продолжает активно развиваться, обеспечивая повышение надежности, уменьшение габаритов и, соответственно, увеличение плотности монтажа, а также разнообразие способов монтажа этих элементов. Один из параметров конденсаторов, который сегодня все больше привлекает внимание разработчиков, – эквивалентное последовательное сопротивление (ESR). По темпам прироста продаж на мировом рынке конденсаторы с низким ESR намного опережают стандартные. В России же их применение до последнего времени было ограничено (а если откровенно, они практически и не применялись) из-за высоких цен и "неистребимого" желания отечественного производителя использовать только дешевые компоненты, пусть и сомнительного качества. Так что же представляют собой конденсаторы с низким ESR, каковы их достоинства и области применения?

ОСОБЕННОСТИ КОНДЕНСАТОРОВ С НИЗКИМ ESR

До последнего времени четкое определение конденсатора с низким ESR отсутствовало. Такие стандарты, как JIS5141 и EIA395, касаются только процедур испытаний конденсаторов. Отсутствие стандартов заставило отдельных производителей самостоятельно определять, что же значит конденсатор с низким ESR. В итоге большинство поставщиков установили согласованный критерий, определяющий такие конденсаторы как элементы, у которых:

- срок службы больше, чем у стандартных конденсаторов;
- максимальный импеданс задается на частоте 100 кГц и остается неизменным в диапазоне температур +20...-10°C;
- пульсирующий ток определяется на частоте 100 кГц;
- повышенная температурная стабильность (температурный коэффициент импеданса).



Конденсаторы с низким ESR одного и того же номинала могут монтироваться в корпуса различных размеров.

Для лучшего понимания того, что же представляют собой конденсаторы с низким ESR и каковы их характеристики, необходимо сначала понять, что же значит низкое ESR и как оно влияет на рабочие характеристики схемы.

Эквивалентная схема конденсатора содержит четыре основных элемента (рис. 1), причем значения трех – импеданса конденсатора (Z), эквивалентного последовательного сопротивления (ESR), эквивалентной последовательной индуктивности (ESL) – зависят от частоты.

Значение R_p зависит от постоянного тока. Рассмотрим лишь зависящие от частоты характеристики конденсатора – ESL, ESR и Z.

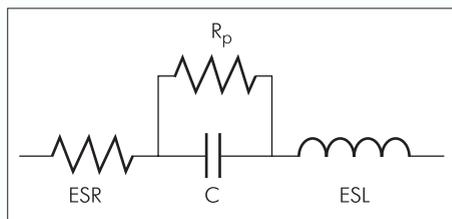


Рис. 1. Эквивалентная схема конденсатора

ESL – сумма индуктивностей всех индуктивных элементов конденсатора. $ESL = 2\pi f \cdot L$, где f – рабочая частота и L – индуктивность.

ESR, подобно ESL, – сумма всех резистивных элементов конденсатора. $ESR = DF / (2\pi f \cdot C) \cdot X_c$, где DF – коэффициент рассеяния, f – частота, C – емкость и X_c – емкостное сопротивление, $X_c = 1 / (2\pi f \cdot C)$.

$$Z = \sqrt{(ESR)^2 + (ESL - X_c)^2}$$

Зависимости этих параметров от частоты приведены на рис. 2.

Частотные зависимости параметров всех конденсаторов имеют одинаковый характер. Таким образом, для уменьшения ESR следует использовать конденсатор либо большей емкости, либо с меньшим коэффициентом рассеяния. Уменьшение ESR с увеличением емкости конденсатора хорошо понятно и не требует объяснений. Уменьшение ESR за счет применения диэлектрика с меньшим коэффициентом рассеяния наглядно иллюстрирует табл. 1, из которой можно сделать несколько важных выводов.

Во-первых, если обратить внимание на частоты, для которых рассчитывалось значение ESR, можно отметить, что с увеличением частоты значение ESR уменьшается. Поэтому при задании в технических условиях на конденсатор с низким ESR требуемого значения эквивалентного последовательного сопротивления необходимо так-

Таблица 1. Значения ESR конденсаторов с наиболее часто используемыми диэлектриками

ESR (для конденсатора емкостью 1 мкФ), Ом	Диэлектрик	DF(макс.), %
132,629	Алюминиевый электролит (50 В)	10 на 120 Гц
53,05	Танталовый (50 В)	4 на 120 Гц
1,692	Полиэстер	1 на 1 кГц
0,1592	Полипропилен	0,1 на 1 кГц

же указывать частоту, на которой ESR измеряется, в противном случае велика вероятность неправильного выбора конденсатора. На рис.3 приведена типовая зависимость ESR от частоты для танталового конденсатора емкостью 22 мкФ на напряжение 25 В.

Важна и температура, которую необходимо учитывать при оценке конденсатора, особенно если он должен работать при минусовых температурах. Это в первую очередь существенно для алюминиевых электролитических конденсаторов. При очень низких температурах емкость этих конденсаторов может уменьшиться на 10–40%, а DF возрасти на порядок. Поэтому конденсаторы, которые должны работать при низких температурах окружающей среды, необходимо выбирать очень тщательно.

Во-вторых, у конденсаторов с различными диэлектриками различны и значения ESR. Меняя диэлектрик, можно изменять значение ESR. Следует обратить внимание на существенное различие между значениями ESR для алюминиевых электролитических и полипропиленовых конденсаторов.

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Различны и значения ESR для пленочных и алюминиевых электролитических конденсаторов. Эти различия определяют предпочтительные области применения каждого типа. К достоинствам пленочных конденсаторов относятся, в первую очередь, независимая полярность конструкции, высокое рабочее напряжение, малые зна-

Таблица 2. Характеристики различных типов электролитических конденсаторов одинакового размера

Тип (10 мкФ, 50 В)	ESR при 120 Гц/100 кГц, Ом	Ток пульсаций при 120 Гц/100 кГц, мА	Z при 20°C, Ом	Изменение Z при -40/20°C, %	Долговечность при полной нагрузке, ч	Размер, мм
Стандартный, универсальный	5,63/1,5	20/34	1,517	3	2000	5x11
Высокотемпературный, универсальный	1,595/1,98	69/117	2,008	3	4000	5x11
С низким Z	2,611/0,605	66/135	0,648	2	8000	5x11
С низким ESR	3,935/1,06	51/100	1,1	3	8000	5x11

чения емкости, жесткие допуски на значение емкости, самовосстановление (только металлизированная конструкция), высокая безотказность, стойкость к большому току пульсации, разнообразие форм выводов и корпусов. Применяются пленочные конденсаторы, как правило, в системах, где требуется низкое ESR для подавления электромагнитных и радиопомех.

Алюминиевые электролитические конденсаторы широко используются в импульсных преобразователях напряжения. Выпускаются они различных, отличающихся по своим параметрам, типов (табл.2). Так, в сравнении со стандартными, алюминиевые электро-

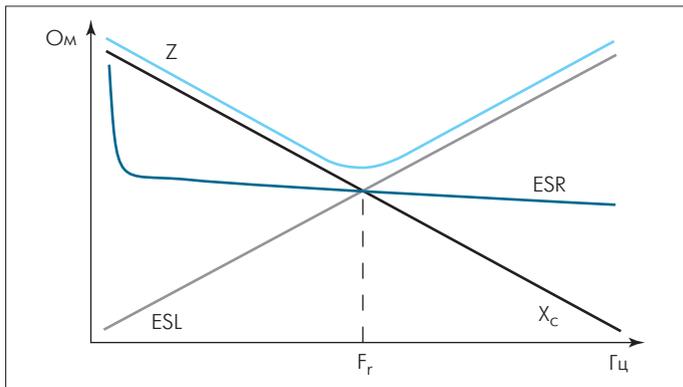


Рис.2. Частотная характеристика конденсатора

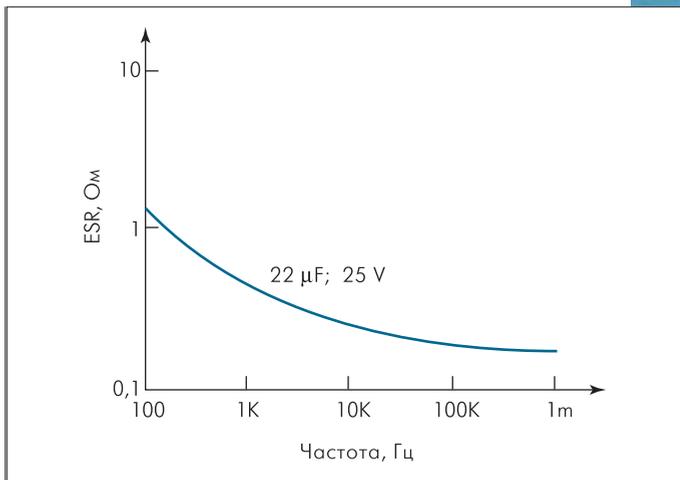


Рис.3. Типовая зависимость ESR танталового конденсатора от частоты

литические конденсаторы с низким ESR характеризуются большими значениями емкости, большим сроком службы (более 5 тыс. часов) и долговечностью при полной нагрузке, способностью выдерживать более высокие токи пульсации, большим разнообразием размеров корпусов.

Самые большие различия получены для таких параметров, как долговечность при полной нагрузке, импеданс (Z) и ESR на частоте 100 кГц. Конденсаторы с малыми значениями ESR и импеданса широко используются в импульсных источниках питания для обеспечения стабильности их характеристик. Конденсаторы с высокими значениями ESR будут слишком нагреваться и не позволят стабилизировать ток. Очевидно, саморазогрев конденсаторов также приводит к сокращению их срока службы и, соответственно, к ухудшению характеристик и срока службы стабилизатора на токовых ключах. К тому же, максимальное значение тока пульсации низкоимпедансных конденсаторов больше, чем у стандартных, что позволяет сократить число используемых элементов и, тем самым, уменьшить размеры преобразователя.

В качестве примера на рис.4 приведена зависимость напряжения пульсаций на ИС от ESR конденсатора, используемого в цепи развязки по питанию. Комментарии, как говорится, излишни.

Таким образом, если в схеме необходимо использовать конденсаторы с низким ESR, в первую очередь следует определить допустимые пределы значения эквивалентного сопротивления и выбрать компоненты, "соответствующие" требованиям. При этом важно знать условия, при которых производитель проводил испытания, поскольку их характеристики существенно влияют на работу конденсатора в схеме. Серьезную техническую поддержку при выработке требований и рекомендаций по выбору нужного типа конденсатора оказывают разработчикам такие изготовители, как Teapo Electronics и Illinois Capacitor.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ведущие мировые компании по производству конденсаторов уделяют очень большое внимание конденсаторам с низким ESR. Например, Teapo Electronic Corporation, специализирующаяся на выпуске высококачественных алюминиевых электролитических и пленочных конденсаторов, предлагает алюминиевые электролитические низкоимпедансные конденсаторы с низким ESR на рабочую температуру до 105°C серий SC (срок службы 3 тыс. ч при температуре 105°C) и SX (5 тыс. ч при температуре 105°C).

Но, пожалуй, нигде, кроме России, нельзя встретить столь вопиющее несоответствие между назначением изделия и уров-

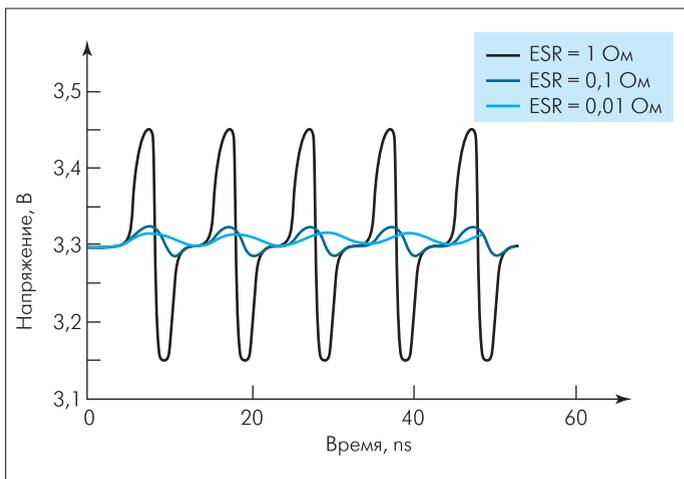


Рис. 4. Зависимость напряжения пульсации от ESR пульсующего конденсатора

нем (откровенно низким) используемой элементной базы. Например, вряд ли где-либо еще в дорогой системе промышленной автоматики можно найти плохие "электролиты". И это не у одного какого-либо производителя. Это – общая беда российской электронной промышленности последних лет. Правда, сегодня ситуация меняется. Качественные конденсаторы, в том числе и с низким ESR, по цене лишь незначительно превосходящие стандартные, становятся доступными отечественному производителю. К тому же, меняется и его менталитет. И это дает надежду на то, что изделия с маркой "Сделано в России" в реальности, а не на бумаге, не будут уступать лучшим зарубежным аналогам.

Компания ПОЛИСЭТ представляет на российском рынке весь спектр высококачественных электролитических и пленочных конденсаторов фирмы Teapo Electronic, а также танталовые электролитические конденсаторы фирмы Samsung Electro-Mechanics. Тел.: (095) 967-0591; www.poliset.ru; info@poliset.ru

ЛИТЕРАТУРА

www.yageo.com
www.teapo.com.tw
www.sem.samsung.com/
 Aluminium Electrolytic Capacitors Catalogue, 2001, Teapo Electronic Corporation.
 R.W. Franklin, Equivalent Series Resistance of Tantalum Capacitors, AVX Limited, 2001
 Passive Component Industry, September/October 2001
 R.K. Keenan, Decoupling and layout of Digital Printed Circuits, 198

Пролезет ли конденсатор в игольное ушко?

В конце октября 2001 года фирма Samsung Electro-Mechanics выпустила самый миниатюрный в мире многослойный керамический конденсатор для поверхностного монтажа (SMD MLCC) марки 0603MLCC. Размер конденсатора 0,6х0,3 мм, а объем составляет всего лишь одну пятую от объема его предшественника. Конденсатор столь мал, что практически не виден невооруженным глазом. Поэтому производственный процесс полностью автоматизирован. Фирма выпускает конденсатор двух типов: X7R (стандартный) и NPO (с низким эквивалентным последовательным сопротивлением).

Сейчас Samsung Electro-Mechanics ежемесячно выпускает около 30 млн. конденсаторов, в 2002 году объем их производства будет увеличен. Сегодня фирма Samsung Electro-Mechanics контролирует около 30% мирового рынка многослойных керамических конденсаторов и в ближайшее время намерена стать их крупнейшим производителем.

www.poliset.ru; www.sem.samsung.com

"Другой" анодный материал Конденсаторы фирмы Vishay

Vishay Intertechnology выпустила новое семейство конденсаторов, в которых анод выполнен из ниобия, а не тантала. Переход к новому материалу был не прост. Пленки оксида ниобия более чувствительны к тепловым и электрическим воздействиям. К тому же, токи утечки ниобиевых компонентов до сих пор были выше, чем танталовых. Но в отличие от тантала, ниобий достаточно распространен в природе и, кроме того, он легче тантала, благодаря чему уменьшается масса конденсатора. Эти соображения и стимулировали разработку ниобиевых компонентов.

Фирма Vishay выпускает конденсаторы емкостью 10–100 мкФ на напряжения 6 и 10 В в разнообразных стандартных корпусах. Они рассчитаны на работу в диапазоне температур -55...85°C.

www.e-insite.net/edm.ag



Скорость передачи 10 Гбайт/с По медным проводам

Утверждение, что скорость передачи 10 Гбайт/с доступна лишь для оптического волокна, опровергает соединитель модели Connector-X фирмы Winchester Electronics, способный поддерживать передачу 12 различных пар сигналов с такой скоростью. Это в три-четыре раза выше, чем у современных соединителей медных проводов. Плавкие кнопочные контакты соединителя, напоминающие миниатюрные стальные подушечки для чистки кастрюль, выдерживают 250 циклов сочленения. Для обеспечения

контакта соединителя с токопроводящими линиями печатной платы (которая может выполняться на достаточно дешевом материале FC-4) не нужны отверстия, достаточны лишь две крепежные точки. Это позволяет снизить стоимость сборки, улучшить выход годных и предотвратить сбой в передаче сигнала. Цена соединителя длиной 1 дюйм (25,4 мм) – 250–300 долларов.

www.litton-wed.com

Процесс восстановления пластин GaAs Старые не хуже новых

Фирма Exsil разработала процесс восстановления арсенидгаллиевых пластин для их повторного использования в производстве активных приборов и микросхем. Возможность применения таких пластин весьма перспективна, особенно если вспомнить, что стоимость “первичных” GaAs-пластин на порядок выше, чем кремниевых, – 350–450 долл. при диаметре 150 мм. За восстановленную

пластину нужно заплатить всего 85–100 долл. Линия фирмы предназначена для восстановления пластин GaAs диаметром 100 и 150 мм, которые по своим параметрам не уступают, а в некоторых случаях превосходят первичные пластины.

Electronic News, 2001, Nov.15.

Электроника движет ростом затрат на НИОКР

По данным отделения технологической политики Министерства торговли США, затраты на НИОКР в 2000 году (самые последние точные данные на сегодня) составили 162,7 млрд. долл., что на 9,3% больше, чем в предыдущем году (145,6 млрд. долл.). Затраты на НИОКР могут служить серьезным индикатором потенциального роста экономики страны и тенденций развития технологии. Большая часть инвестиций (67%) сосредоточена в двух областях – производство и услуги информационной и электронной технологии и

медицинские средства и устройства. При этом на НИОКР в области информационной и электронной технологии было затрачено 47,2% общих корпоративных средств, что на 16,3% больше, чем в 1999 году (в остальных секторах американской экономики рост составил всего 3,7%). Сократились затраты на НИОКР в области аэрокосмических исследований и химической промышленности.

[/eb-magwww/e-insite.net](http://eb-magwww/e-insite.net)