

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ БОЛЬШОЙ ЕМКОСТИ ДЛЯ СГЛАЖИВАНИЯ

ЙОШИМАСА ГОТО (YOSHIMASA GOTO), разработчик, Murata Manufacturing Co.

В статье рассматриваются многослойные керамические конденсаторы компании Murata Manufacturing, которые получают все большее применение в современных низковольтных устройствах благодаря высокой надежности, компактности, малым значениям импеданса, ESR и ESL.

В большинстве современных приложений применяются блоки питания переменного тока или источники питания AC/DC, которые обеспечивают напряжение постоянного тока. В некоторых схемах используется одна шина питания по постоянному току, которая создает дополнительное напряжение для отдельных силовых ИС. Конденсаторы емкостью, как правило, выше 100 мкФ и сглаживающие конденсаторы позволяют выровнять колебания постоянного напряжения при изменении нагрузки, переходных процессах при ее регулировании и кратковременных посадках напряжения выпрямителя. Устройства на самых современных полупроводниках работают при меньшем напряжении питания. В некоторых случаях – при 0,6 В постоянного тока. Следовательно, требуются сглаживающие конденсаторы

с более низким импедансом, чтобы обеспечить стабильность функционирования схемы.

В таблице 1 представлены разные типы конденсаторов, классифицированные по их базовой конструкции и составным материалам, а также отмечены преимущества и недостатки каждого из указанных типов. У многослойных

керамических конденсаторов (МКК) имеется ряд преимуществ, к которым относятся малые размеры и компактность, сравнительно высокая надежность и малый импеданс или эквивалентное последовательное сопротивление (ESR). Кроме того, у конденсаторов этого типа очень конкурентоспособная цена. К числу их недостатков относятся тепло-

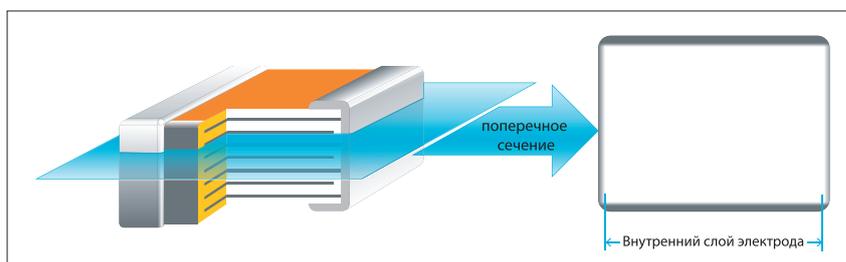


Рис. 1. Поперечное сечение многослойного керамического конденсатора емкостью 330 мкФ и размером 3,2×2,5 мм

Таблица 1. Классификация конденсаторов по конструкции и составу

Тип	МКК	АЭКПП ¹ (H-чипы)	ТЭКПП ²	АЭКПП (V-чипы)	ТЭК ³ (тип MnO ₂)	АЭК ⁴
Внешний вид						
Емкость (макс.)	~330 мкФ	~560	~1000 мкФ	~3900 мкФ	~2200 мкФ	~10000 мкФ
Размер	○	○	○	×	○	×
ESR/Z собственная резонансная частота	○	○	△	△	×	×
Нагрев током пульсаций	○	○	△	△	×	×
Температурные характеристики	△	●	●	●	●	○
Смещение по постоянному току	△	●	●	●	●	●
Долговременная надежность	○	○	○	○	△	△
Полярность	неполярные	полярные				

¹ АЭКПП – алюминиевые электролитические конденсаторы с проводящим полимером.

² ТЭКПП – танталовые электролитические конденсаторы с проводящим полимером.

³ ТЭК – танталовые электролитические конденсаторы.

⁴ АКЖЭ – алюминиевые конденсаторы с жидким электролитом.

вая зависимость емкости и уменьшение эффективной емкости при приложенном напряжении.

Как следствие, большинство миниатюрных конденсаторов с высокой емкостью являются многослойными керамическими конденсаторами, а большинство сглаживающих конденсаторов емкостью более 100 мкФ и с малым импедансом, используемых в современных приложениях, являются электролитическими конденсаторами с проводящим полимером.

Однако недостатки МКК для применения этих компонентов в качестве сглаживающих конденсаторов уменьшаются путем постоянных технологических усовершенствований, позволяющих в еще большей мере увеличить емкость. Например, компания Murata Manufacturing уже освоила технологии, которые обеспечивают надежное массовое производство с высокой точностью конденсаторов с более чем 1000 диэлектрических слоев толщиной менее 1 мкм, что дает возможность уменьшить суммарную толщину этих компонентов емкостью 100 мкФ. На рисунке 1 показан пример МКК емкостью 330 мкФ и размером 3,2×2,5 мм.

Учитывая отраслевую тенденцию, направленную на использование микроконтроллеров и цифровых логических блоков с пониженным напряжением питания, следует заметить, что влияние смещения МКК по постоянному току на уменьшение эффективной емкости сократилось. Таким образом, МКК с более высокой емкостью все чаще рассматриваются как вполне приемлемые конденсаторы, сглаживающие напряжение питания по постоянному току.

Заметим, что для замены электролитических конденсаторов с проводящим полимером, которые традиционно применяются для сглаживания напряжения, можно выбрать МКК с меньшей емкостью. Дело в том, что у многослойных керамических конденсаторов ниже импеданс и эквивалентное последовательное сопротивление по сравнению с упомянутыми электролитическими конденсаторами (см. рис. 2).

Из рисунка 2 видно, что при частотах выше 100 кГц, которые используются для коммутации ИС питания в цифровых устройствах, значения импеданса и ESR многослойных керамических конденсаторов меньше, чем у танталовых электролитических конденсаторов с проводящим полимером, даже если у последних меньше емкость, чем у первых. Кроме того, МКК лучше подавляют ВЧ-шум, поскольку на частотах выше резонансной у них намного меньше импеданс, чем у ТЭКПП.

Чтобы установить разницу между конденсаторами разных типов, было

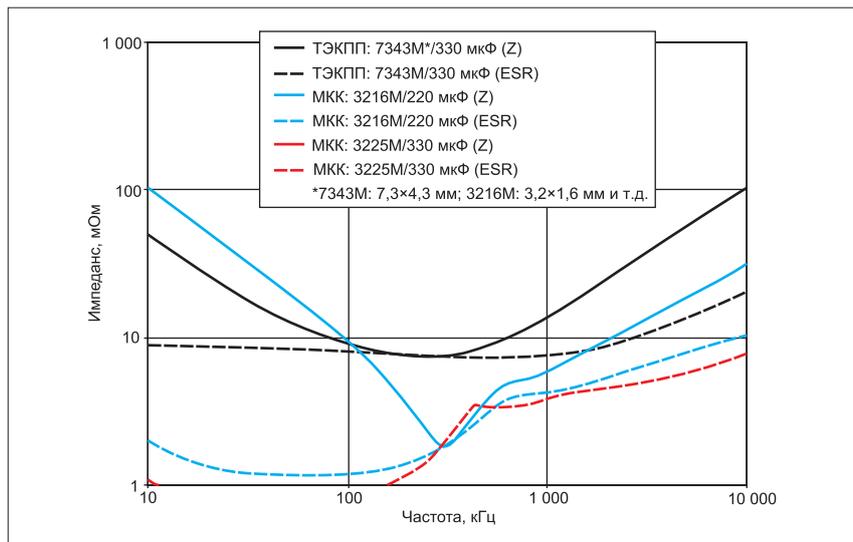


Рис. 2. Зависимость импеданса и ESR от частоты ТЭКПП и МКК

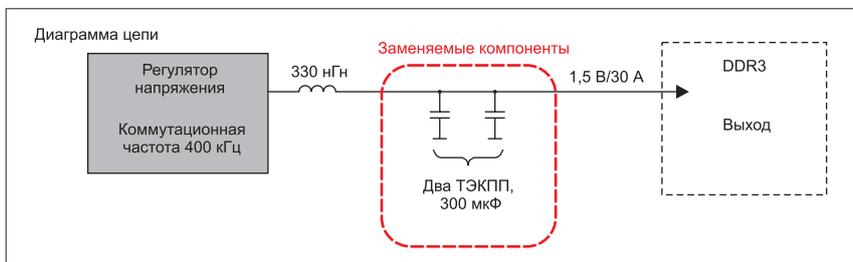


Рис. 3. Результаты испытаний и соответствующая схема

Таблица 2. Результаты испытаний

Сценарии	Устойчивость			Пулсации/скачки		Изменение нагрузки 0 А → 20 А → 0 А выбросы/провалы, мВ
	запас по фазе, °	запас по коэф. усиления, дБ	частота среза, кГц	напряжение пульсаций, мВ (пик-пик)	скачки напряжения, мВ (пик-пик)	
Исходное состояние 2 ТЭКПП, 330 мкФ	58,3	-10,2	44,7	12,8	169	162
Сценарий 1: 2 МКК (3,2×1,6 мм/150 мкФ)	51,0	-8,07	75,0	10,8	149	173
Сценарий 2: 2 МКК (3,2×1,6 мм/220 мкФ)	49,1	-8,43	72,4	9,74	147	155
Приемлемые значения	≥ 45	≤ -7	≤ 80 кГц (≤ 1/5f _{ком})	≤ исходного значения		

проведено исследование с помощью макетной платы и ИС питания DDR для персональных компьютеров. На рисунке 3 показана схема макетной платы, а в таблице 2 представлены результаты испытаний. В рассматриваемом примере использовалось напряжение 1,4 В постоянного тока и два ТЭКПП (7,3×4,3 мм, 2,0 В, 330 мкФ, со средним разбросом от номинального значения) в качестве сглаживающих конденсаторов. Затем эти компоненты заменили 150-мкФ и 220-мкФ многослойными керамическими конденсаторами (3,2×1,6 мм, 6,3 В, со средним разбросом от номинального значения), чтобы определить, как меняется напряжение в зависимости от напряжения пульсации, скачков напряжения

и нагрузки. Перед испытанием была осуществлена фазовая подстройка, чтобы обеспечить стабильное функционирование макетной платы.

Полученные результаты показали, что при использовании МКК напряжение пульсаций ниже, даже если у этих конденсаторов меньше номинальное значение емкости, чем у ТЭКПП. По всей вероятности, это обусловлено тем, что на коммутационной частоте у МКК меньше импеданс и ESR, что приводит к меньшему отклонению напряжения. Кроме того, результаты свидетельствуют о том, что у МКК меньше выбросы напряжения. Возможно, так происходит потому, что у этих конденсаторов меньше величина ESL, что позволяет подавлять ВЧ-шум.

Однако при изменении нагрузки, когда ток существенно меняется, заметно меняется и напряжение, если используются МКК емкостью 150 мкФ. Причина, скорее всего, заключается в том, что изменение нагрузки обусловлено корреляцией эффективной емкости конденсаторов с приложенным напряжением. У МКК, задействованных в этом испытании, меньше номинальная емкость по сравнению с ТЭКПП, а эффективная емкость многослойных керамических конденсаторов меньше из-за того, что они заряжены до постоянного напряже-

ния. Как известно, емкость МКК зависит от напряжения заряда. Такова причина значительного изменения напряжения в данном случае. Однако это изменение уменьшается при использовании 220-мкФ конденсаторов.

В связи с быстрым увеличением числа низковольтных полупроводниковых устройств электролитические конденсаторы с проводящим полимером, большой емкостью и малым ESR стали широко применяться в качестве сглаживающих конденсаторов для силовых ИС, которые используются для питания этих

устройств по постоянному току. Однако при эксплуатации других устройств, например серверов, в которых применяются эти полупроводники, важнее такие параметры компонентов как сравнительно малые размеры и долговременная надежность. Эти же параметры определяют выбор сглаживающих конденсаторов. Таким образом, увеличился спрос на многослойные керамические конденсаторы емкостью выше 100 мкФ. У этих более надежных компонентов – миниатюрные размеры, малые значения импеданса, ESR и ESL 