

# Серийно выпускаемые керамические чип-конденсаторы К10-90 размером от 1005M (0402) от ООО «Кулон»

Д. Махин<sup>1</sup>, А. Сизиков<sup>2</sup>

УДК 621.319.4:666.65 | ВАК 2.2.2

Среди серийно выпускаемой продукции ООО «Кулон» – одного из ведущих российских производителей керамических конденсаторов и фильтров, расположенного в Санкт-Петербурге – многослойные керамические конденсаторы для поверхностного монтажа серии К10-90. Данные компоненты могут заменить ряд изделий крупных зарубежных производителей, продукция которых в настоящее время стала недоступна на российском рынке. В данной серии представлены в том числе чип-конденсаторы типоразмера 1005M (0402), позволяющие снизить массо-габаритные характеристики аппаратуры.

**Т**ребование миниатюризации электронной аппаратуры ставит перед разработчиками ЭКБ всё новые и новые задачи по созданию электронных компонентов с меньшими габаритами, при этом обеспечивающих требуемые электрические свойства. Технология поверхностного монтажа позволила сделать качественный шаг в снижении массо-габаритных параметров аппаратуры, а также улучшить ряд электрических характеристик за счет уменьшения длины электрических связей, снижения их активного сопротивления, паразитных индуктивностей и емкостей. Данная технология уже много лет является основной в производстве массовой потребительской продукции, в особенности таких изделий, как смартфоны и планшеты, где миниатюризация является одним из основных конкурентных преимуществ. Эти секторы рынка, отличающиеся в том числе массовым потреблением ЭКБ, включая пассивные компоненты, стимулировали создание новых типоразмеров компонентов, которые в силу крайне малых габаритов уже не могут монтироваться вручную.

В то же время в России такие потребительские изделия практически не выпускались. На многих предприятиях даже поверхностный монтаж долгое время выполнялся вручную или с помощью сравнительно простого оборудования. Это приводило к тому, что потребность в компонентах типоразмеров менее 1608M (0603) была мала, а наиболее востребованными типоразмерами чип-компонентов оставались 3216M (1206) и 2012M (0805).

К настоящему времени ситуация изменилась и создались предпосылки к широкому применению компонентов типоразмера 1005M (0402). Прежде всего это связано с технологическим перевооружением предприятий, произошедшим за последние годы, благодаря чему на многих производствах появилась возможность автоматического монтажа компонентов подобного размера. Кроме того, в России растут объемы производства печатных узлов для телекоммуникационного оборудования и вычислительной техники, требующих применения миниатюрной ЭКБ. Наконец, так как миниатюризация позволяет создавать не только малогабаритную аппаратуру, но и повышать ее функциональность при приемлемых массо-габаритных характеристиках, данные компоненты оказываются востребованы и в областях, где ранее миниатюризация ЭКБ не была среди наиболее приоритетных задач.

До недавнего времени, по крайней мере в гражданской сфере, основную потребность отечественной промышленности в миниатюрных чип-компонентах закрывали известные глобальные производители, однако в 2022 году ряд из них покинул российский рынок. Поэтому сейчас становится особенно актуальной задача разработки и производства отечественных аналогов данных изделий.

ООО «Кулон» является одним из старейших и крупнейших российских производителей керамических конденсаторов. В 2021 году совместно с АО «НПЦ СпецЭлектрон-Системы» предприятие закончило разработку и освоение в серийном производстве многослойных керамических конденсаторов серии К10-90 типоразмера 1005M (0402), дополнив тем самым данную линейку чип-компонентов миниатюрным изделием, позволяющим заменить ряд

<sup>1</sup> ООО «Кулон», главный конструктор, mahin@kulon.spb.ru.

<sup>2</sup> ООО «Кулон», коммерческий директор.

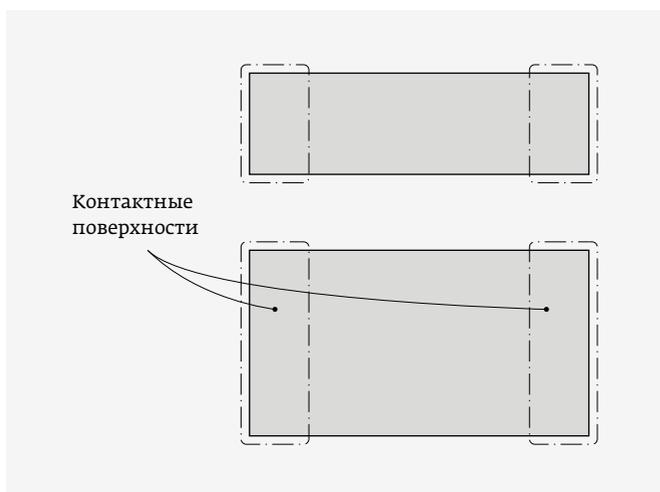


Рис. 1. Эскиз общего вида конденсатора серии K10-90

зарубежных аналогов, в том числе чип-конденсаторов компании Murata серий GRM и GRJ.

Изделия серии K10-90 представляют собой конденсаторы постоянной емкости для поверхностного монтажа в незащищенном исполнении, предназначенные для работы в цепях постоянного, переменного тока и в импульсном режиме. Серия включает компоненты типоразмеров 1005M (0402), 1608M (0603), 2012M (0805), 3216M (1206), 3225M (1210), 4532M (1812), 5750M (2220). Эскиз общего вида конденсатора серии K10-90 показан на рис. 1, внешний вид изделий – на рис. 2. Классификационные параметры конденсаторов серии K10-90 приведены в табл. 1.

Малые габариты типоразмера 1005M (0402) потребовали модернизации производства предприятия, включая внедрение ряда новых установок.

В частности, для получения заданной емкости в конденсаторах серии K10-90 типоразмера 1005M (0402) может применяться до 100 керамических слоев толщиной от 10 мкм. Для применявшейся ранее на предприятии литьевой машины данная толщина была достижима, но на пределе ее возможностей. Сейчас на производстве компании внедрена новая литьевая машина, позволяющая изготавливать пленки толщиной 5–250 мкм и обеспечивающая большую стабильность и повторяемость литья пленок малой толщины. Кроме того, данная установка оборудована лазерной системой контроля толщины пленки, которая выполняет измерения с заданной периодичностью, позволяя осуществлять постоянный мониторинг процесса.

Малые размеры компонента также усложняют визуальный контроль качества заготовок. В 2021 году предприятием были приобретены и внедрены в производственный процесс две автоматические установки контроля внешнего вида заготовок и их сортировки по результатам контроля. На одном автомате выполняется контроль заготовок размером от 1,0×0,5 до 3,2×1,6 мм, а на втором – от 3,2×2,5 до 5,7×5,0 мм.

Еще одна контрольная установка, приобретенная в рамках модернизации производства и применяемая при изготовлении конденсаторов серии K10-90, предназначена для измерения электрической прочности изоляции при повышенном напряжении, сопротивления изоляции при номинальном напряжении, емкости и тангенса угла диэлектрических потерь. Данное оборудование

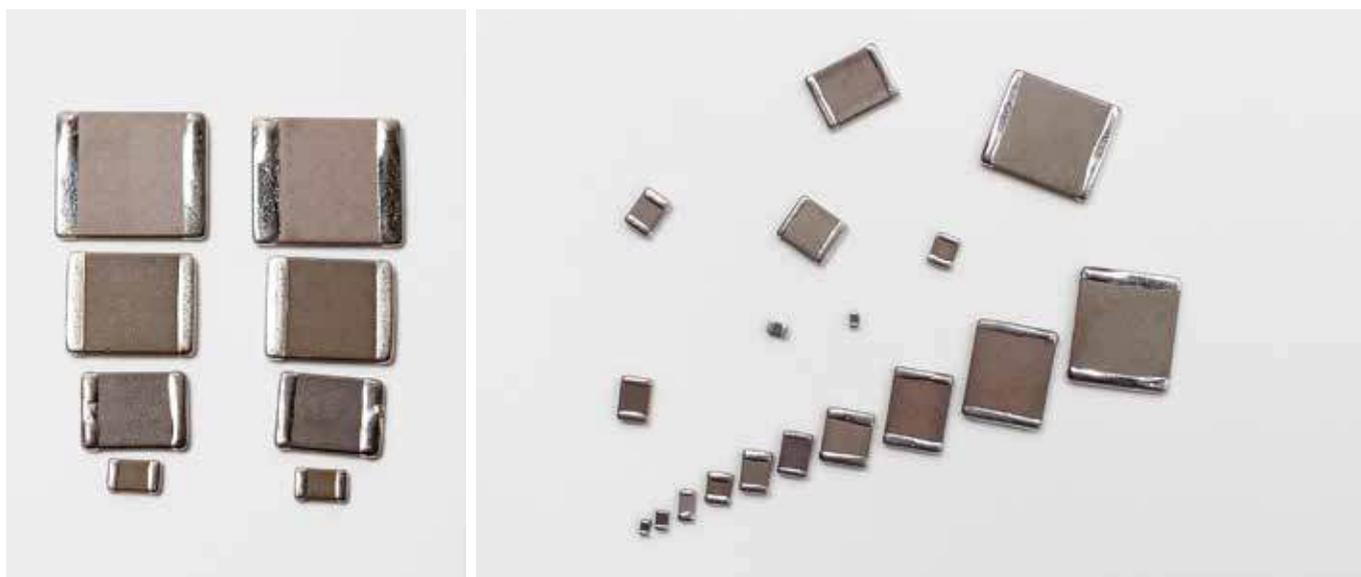


Рис. 2. Конденсаторы серии K10-90

Таблица 1. Классификационные параметры конденсаторов серии К10-90

Типоразмер метрический (дюймовый)	Номинальное напряжение, $U_H$ , В	Номинальная емкость, $C_H$ , пФ	Допускаемое отклонение номинальной емкости, $\Delta C_H$ , %	Группа по ТКЕ
1005M (0402)	50	10-180	$\pm 5; \pm 10; \pm 20$	МПО
		220-6 800	$\pm 5; \pm 10; \pm 20; +50/-20$	Н30
	25	100-820	$\pm 5; \pm 10; \pm 20$	МПО
		1 000-12 000	$\pm 5; \pm 10; \pm 20; +50/-20$	Н30
	6,3; 10; 16	220-1 000	$\pm 5; \pm 10; \pm 20$	МПО
		1 200-27 000	$\pm 5; \pm 10; \pm 20; +50/-20$	Н30
1608M (0603)	50	12 000; 15 000	$\pm 5; \pm 10; \pm 20; +50/-20$	Н30
	25	910-2 400	$\pm 5; \pm 10; \pm 20$	МПО
		22 000-47 000	$\pm 5; \pm 10; \pm 20; +50/-20$	Н30
	10; 16	1 200-3 300	$\pm 5; \pm 10; \pm 20$	МПО
		27 000-100 000	$\pm 5; \pm 10; \pm 20; +50/-20$	Н30
	6,3	680-3 300	$\pm 5; \pm 10; \pm 20$	МПО
		3 900-100 000	$\pm 5; \pm 10; \pm 20; +50/-20$	Н30
	2012M (0805)	25	3 300-7 500	$\pm 5; \pm 10; \pm 20$
120 000-220 000			$\pm 5; \pm 10; \pm 20; +50/-20$	Н30
10; 16		3 900-10 000	$\pm 5; \pm 10; \pm 20$	МПО
		150 000-330 000	$\pm 5; \pm 10; \pm 20; +50/-20$	Н30
6,3		680-10 000	$\pm 5; \pm 10; \pm 20$	МПО
		12 000-330 000	$\pm 5; \pm 10; \pm 20; +50/-20$	Н30
3216M (1206)	25	8 200-15 000	$\pm 5; \pm 10; \pm 20$	МПО
		390 000-560 000	$\pm 5; \pm 10; \pm 20; +50/-20$	Н30
	10; 16	13 000-22 000	$\pm 5; \pm 10; \pm 20$	МПО
		470 000-820 000	$\pm 5; \pm 10; \pm 20; +50/-20$	Н30
	6,3	3 300-22 000	$\pm 5; \pm 10; \pm 20$	МПО
		27 000-820 000	$\pm 5; \pm 10; \pm 20; +50/-20$	Н30
3225M (1210)	10; 16	27 000	$\pm 5; \pm 10; \pm 20$	МПО
		1 500 000	$\pm 5; \pm 10; \pm 20; +50/-20$	Н30
	6,3	6 800-27 000	$\pm 5; \pm 10; \pm 20$	МПО
		33 000-1 500 000	$\pm 5; \pm 10; \pm 20; +50/-20$	Н30

Таблица 1. Продолжение

Типоразмер метрический (дюймовый)	Номинальное напряжение, $U_H$ , В	Номинальная емкость, $C_H$ , пФ	Допускаемое отклонение номинальной емкости, $\Delta C_H$ , %	Группа по ТКЕ
4532М (1812)	25	36 000	$\pm 5$ ; $\pm 10$ ; $\pm 20$	МПО
		1 000 000; 1 500 000; 1 800 000	$\pm 5$ ; $\pm 10$ ; $\pm 20$ ; $+50/-20$	Н30
	10; 16	43 000; 47 000	$\pm 5$ ; $\pm 10$ ; $\pm 20$	МПО
		1 000 000; 1 200 000; 2 200 000; 2 700 000	$\pm 5$ ; $\pm 10$ ; $\pm 20$ ; $+50/-20$	Н30
	6,3	22 000–47 000	$\pm 5$ ; $\pm 10$ ; $\pm 20$	МПО
		56 000–2 700 000	$\pm 5$ ; $\pm 10$ ; $\pm 20$ ; $+50/-20$	Н30
5750М (2220)	50	1 800 000; 2 200 000	$\pm 5$ ; $\pm 10$ ; $\pm 20$ ; $+50/-20$	Н30
	25	75 000–100 000	$\pm 5$ ; $\pm 10$ ; $\pm 20$	МПО
		2 700 000; 3 300 000	$\pm 5$ ; $\pm 10$ ; $\pm 20$ ; $+50/-20$	Н30
	10; 16	91 000–150 000	$\pm 5$ ; $\pm 10$ ; $\pm 20$	МПО
		4 700 000	$\pm 5$ ; $\pm 10$ ; $\pm 20$ ; $+50/-20$	Н30
	6,3	56 000–150 000	$\pm 5$ ; $\pm 10$ ; $\pm 20$	МПО
		180 000–4 700 000	$\pm 5$ ; $\pm 10$ ; $\pm 20$ ; $+50/-20$	Н30

Примечание: Промежуточные значения номинальных емкостей по ГОСТ 28884: ряд E24 – для конденсаторов группы МПО; ряд E12 – для конденсаторов группы Н30.

позволяет повысить скорость проведения электрических испытаний в сравнении с системами тестирования предыдущего поколения.

Также изготовление конденсаторов типоразмера 1005М (0402) потребовало изменения технологии нанесения серебряного покрытия на контактные поверхности. При изготовлении конденсаторов большего размера для выполнения данной операции заготовки устанавливаются в эластичные кассеты, в которых они удерживаются за счет упругости материала кассет. Однако при размерах  $1,0 \times 0,5$  мм таким образом не удается достичь надежной фиксации заготовок. Сейчас в дополнение к применявшемуся ранее оборудованию на предприятии используется установка нанесения торцевой металлизации, в которой кассеты жесткие, а фиксация заготовок в них осуществляется путем приклейки на клейкую ленту.

Поскольку монтаж чип-компонентов типоразмера 1005М (0402) должен выполняться с помощью автоматических установщиков, они должны быть упакованы соответствующим образом – в ленты на катушках, которые

впоследствии устанавливаются в питатели сборочного оборудования. Для упаковки компонентов на производстве ООО «Кулон» применяются в том числе автоматические установки, которые способны работать с компонентами малых размеров и обеспечивают существенно более высокую скорость упаковки в сравнении с ручным выполнением данной операции.

\* \* \*

Серийно выпускаемые ООО «Кулон» многослойные керамические конденсаторы для поверхностного монтажа серии К10-90 позволяют заменить в электронной аппаратуре ряд изделий зарубежного производства, которые в текущих условиях стали недоступными для российских производителей. Наличие в данной серии компонентов типоразмера 1005М (0402) позволяет сделать очередной шаг на пути создания компактных и высокофункциональных электронных изделий, а подготовленность чип-конденсаторов к автоматизированному монтажу дает возможность повысить производительность сборки печатных узлов с их применением. ●