

# Серия трубчатых керамических конденсаторов К10-89 производства ООО «Кулон»

Д. Махин<sup>1</sup>

УДК 621.319.4:666.65 | ВАК 05.27.01

Многие отечественные разработчики радиоаппаратуры знакомы с продукцией Санкт-Петербургского ООО «Кулон» – одного из ведущих в стране производителей пассивных электронных компонентов из многослойной керамики. Предприятие выпускает широкую номенклатуру керамических конденсаторов как общего, так и специального назначения для работы в СВЧ- и УВЧ-диапазонах, а также проходные помехоподавляющие фильтры.

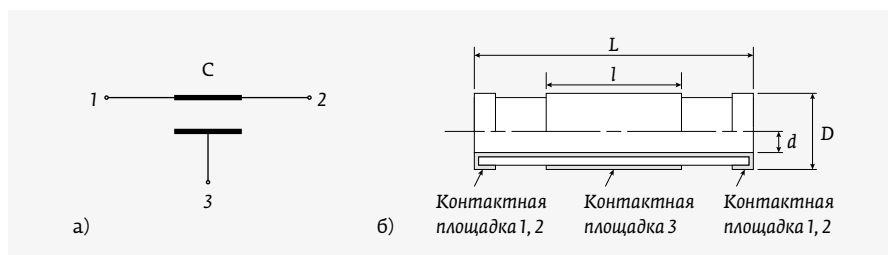
Трубчатые конденсаторы и раньше использовались в изделиях ООО «Кулон», в частности, в качестве емкостного элемента помехоподавляющих фильтров, но в промежутке с 2018 по 2021 год, претерпев значительные изменения конструкции, «трубки» стали самостоятельным изделием под названием К10-89. В статье рассмотрены общие сведения и основные параметры трубчатых конденсаторов, особенности конструкции, технологические этапы производства и ключевые характеристики приборов, выпускаемых в ООО «Кулон».

**Т**рубчатые конденсаторы К10-89 – это незащищенные керамические конденсаторы, предназначенные для использования в качестве емкостного элемента проходных помехоподавляющих фильтров.

Для чего нужны помехоподавляющие, или, как их еще называют, сглаживающие фильтры, и какова роль реактивных элементов – емкости и индуктивности – в их составе? Принцип работы сглаживающих фильтров основывается на свойствах конденсатора и катушки индуктивности: они выполняют роль резервуара энергии. Как известно, напряжение на конденсаторе не может измениться мгновенно, а на индуктивности не может мгновенно возрасти или исчезнуть ток – реактивные элементы стремятся поддержать эти параметры на прежнем уровне, расходуя на это запасенную энергию. В результате помехи с частотой, существенно превышающей частоту полезного сигнала, сглаживаются – растягиваются во времени, одновременно уменьшаясь по амплитуде.

Электрическая схема конденсатора и чертеж его общего вида представлены на рис. 1.

Технология изготовления трубчатых конденсаторов имеет ряд отличий от изготовления классических монолитных керамических конденсаторов [1]. Начальная стадия одна и та же: приготовление керамического шликера, состав которого установлен для конденсаторов К10-89 в соответствии с предъявленными к серии требованиями по емкости, коэффициенту диэлектрических потерь и ряду других электрических, а также механических свойств. Конкретный вариант состава определяется необходимой группой ТКЕ изготавливаемой партии изделий. Но если на «монолитах» после приготовления шликера идут процессы литья керамической пленки на линиях с движущимся конвейером, металлизации и сборки керамического пакета, то для получения заготовок трубчатых



**Рис. 1.** Трубчатые керамические конденсаторы К10-89: а – электрическая схема; б – чертеж общего вида

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

конденсаторов достаточно одной операции: группа заготовок формируется методом горячего литья под давлением в специализированной литьевой форме. Конфигурация литьевой формы зависит от длины и диаметра трубчатого конденсатора.

По той же технологии и на тех же установках изготавливаются и другие керамические изделия, в частности, корпуса для фильтров Б14, выпускаемых ООО «Кулон» (рис. 2).

Далее идет процесс обжига в камерных печах, температурный диапазон этого процесса – от 950 до 1100 °С в зависимости от группы ТКЕ.

Контактные узлы этих конденсаторов формируются путем нанесения серебряной пасты на внешнюю и внутреннюю поверхности конденсатора с последующим вжиганием. Серебрение – особо ответственная операция, так как именно в ее ходе обеспечивается заданная емкость изделий.

Базовая формула емкости конденсатора имеет вид

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}, \quad (1)$$

где  $\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость диэлектрика;  $\epsilon_0$  – диэлектрическая проницаемость вакуума;  $S$  – площадь диэлектрика между обкладками конденсатора;  $d$  – толщина слоя диэлектрика между обкладками.

В условиях серийного и тем более массового производства невозможно устанавливать требуемую величину диэлектрической проницаемости керамики путем приготовления отдельного варианта шликера для каждого небольшого диапазона из десятков номиналов, входящих в выпускаемую предприятием линейку конденсаторов. Для толщины диэлектрика в трубчатом конденсаторе тоже не могут быть заданы несколько десятков значений: это потребовало бы соответствующего числа литейных форм, а, следовательно, привело бы к усложнению процесса подготовки производства, увеличению риска ошибок, связанных с человеческим фактором, и, как результат, – к неоправданному снижению эффективности производства и удорожанию конечной продукции.

Таким образом, единственным параметром формулы (1), позволяющим изменять номинал изделия, остается  $S$  – площадь диэлектрика между обкладками конденсатора. Поскольку в технологии трубчатых конденсаторов отсутствует отдельная операция металлизации проводящей пастой, то нужную площадь перекрытия обкладок получают на этапе серебрения. Другими словами, в этой технологии металлизация и формирование контактных узлов конденсатора – серебрение – представляют собой единую операцию, в ходе которой обеспечивается требуемая площадь перекрытия зон серебрения на внутренней и внешней поверхностях конденсатора. Соответственно,



**Рис. 2.** Изготовление заготовок трубчатых конденсаторов: а – установка для горячего литья под давлением; б – литьевая форма; в – заготовки керамических корпусов фильтров Б14

к ней в равной степени применимы оба термина – и серебрение, и металлизация.

Операция производится на установке для серебрения трубчатых конденсаторов (рис. 3). Установка относительно



**Рис. 3.** Установка для серебрения трубчатых конденсаторов. В центре фотографии можно видеть шпиндель с инструментом для металлизации внутренней поверхности трубки и находящееся на нем изделие

Таблица 1. Классификационные параметры трубчатых керамических конденсаторов серии К10-89

Номинальная емкость (типономинал) $C_H$ , пФ	Допускаемое отклонение емкости, $\Delta C_H\%$	Группа по ТКЕ	Номинальное напряжение, $U_H$ , В	Размеры конденсатора			Масса, не более, г
				Длина, L, мм	Диаметр внешний, D, мм	Диаметр внутренний, d, мм,	
47							
56							
68							
82				6,0 <sup>+0,7</sup> <sub>-0,3</sub>	1,6±0,1	0,9±0,05	0,15
100	±10	M1500	350				
120							
150							
180				8,0 <sup>+0,7</sup> <sub>-0,3</sub>	2,0 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,2</sub>	1,25 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,05</sub>	0,20
220							
270							
330							
390							
470							
560				6,0 <sup>+0,7</sup> <sub>-0,3</sub>	1,6±0,1	0,9±0,05	0,15
680							
820	+30 -20	H50					
1000							
1200			250				
1500							
1800				8,0 <sup>+0,7</sup> <sub>-0,3</sub>	2,0 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,2</sub>	1,25 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,05</sub>	0,20
2200							
2700							
3300							
3900	+80 -20	H90		6,0 <sup>+0,7</sup> <sub>-0,3</sub>	1,6±0,1	0,9±0,05	0,15
6800							
10000				8,0 <sup>+0,7</sup> <sub>-0,3</sub>	2,0 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,2</sub>	1,25 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,05</sub>	0,20
680							
820							
1000			200	6,0 <sup>+0,7</sup> <sub>-0,3</sub>	1,6±0,1	0,9±0,05	0,15
1200	+30 -20	H50					
1500							
1800							
2200			100	8,0 <sup>+0,7</sup> <sub>-0,3</sub>	2,0 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,2</sub>	1,25 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,05</sub>	0,20
2700							
3300							
3900	+80 -20	H90		6,0 <sup>+0,7</sup> <sub>-0,3</sub>	1,6±0,1	0,9±0,05	0,15
6800							
10000			50	8,0 <sup>+0,7</sup> <sub>-0,3</sub>	2,0 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,2</sub>	1,25 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,05</sub>	0,20

проста; тем не менее, она обеспечивает серебрение всех участков заготовки, подлежащих металлизации: как внутренней поверхности и связанных с ней контактных площадок на торцах трубки (поз. 1, 2 на рис. 1), так и контактной площадки в середине внешней поверхности (поз. 3 на рис. 1).

Для каждого из 38 типонаименований линейки К10-89 рассчитано значение  $l$  – ширины контактной площадки 3. Этим значением и задается емкость конденсатора, и точность ее выдерживания зависит от качества изготовления оснастки для установки серебрения, а также от мастерства и внимательности оператора.

Заключительная операция маршрута изготовления трубчатого конденсатора – вжигание серебра, производимое в течение 1,5 ч в туннельной печи при температуре 780–820 °С. Финишное покрытие на конденсаторы этого типа не наносится, поскольку подавляющее большинство заказчиков использует их как комплектующие элементы, устанавливаемые в корпус конечного изделия; изначально они разрабатывались как составная часть фильтров Б35 производства АО «ПРОМТЕХ-Дубна».

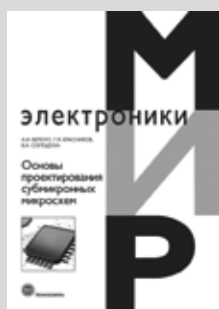
Классификационные параметры серии конденсаторов К10-89 представлены в табл. 1.

Конденсаторы серии К10-89 успешно производятся в рамках серийного производства с категорией качества «ВП» и активно поставляются предприятиям-изготовителям различного рода фильтрующих элементов и комплектующих. Спрос на них возрастает, поскольку практически все такие предприятия обращаются к нам – ведь компания Spectrum Control, у которой раньше закупались аналоги конденсаторов типа К10-89, по известным причинам полностью прекратила поставки своей продукции в нашу страну.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. **Махин Д., Морозова Г.** Серия многослойных керамических конденсаторов для поверхностного монтажа на номинальные напряжения 6,3; 10; 16; 25; 50 В с габаритными размерами от 1005M (0402) // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2021. № 4. С. 96–102.
2. **Белянин Д., Дёмин А.** Модернизация производства ООО «Кулон»: последние внедрения и ближайшая перспектива // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2021. № 6. С. 124–128.

## КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 1960 руб.

### ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУБМИКРОННЫХ МИКРОСХЕМ

Белоус А. И., Красников Г. Я., Солодуха В. А.

М.: ТЕХНОСФЕРА,  
2021. — 782 с.,  
ISBN 978-5-94836-603-6

В объеме 14 глав одной книги детально и последовательно рассмотрен весь комплекс взаимосвязанных теоретических и практических аспектов сквозного проектирования и организации производства кремниевых субмикронных микросхем: теоретические основы работы полевых и биполярных транзисторов, методы и особенности конструктивно-схематического проектирования, базовые схемотехнические и системотехнические решения биполярных, КМОП-, БикМОП- и КНИ-микросхем, методы и средства повышения их радиационной стойкости, стандартные библиотеки проектирования и типовые маршруты проектирования.

Впервые в отечественной научно-технической литературе здесь детально рассмотрены методы логического проектирования КМОП-микросхем с пониженным энергопотреблением, а также основные принципы и методы проектирования кибербезопасных микросхем и систем на кристалле.

Книга ориентирована на широкий круг читателей: студентов и преподавателей технических университетов, а также инженеров и менеджеров, специализирующихся в области разработки и организации производства субмикронных микросхем.

#### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

☎ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; ☎ +7 495 956-3346; ✉ [knigi@technosphera.ru](mailto:knigi@technosphera.ru), [sales@technosphera.ru](mailto:sales@technosphera.ru)