

Отечественные помехоподавляющие керамические фильтры БЗЗ для поверхностного монтажа

В. Смирнов¹, к. т. н., А. Харитонов¹, А. Шалаева², А. Сак³

УДК 621.319.4 | ВАК 05.27.01

За последние годы в АО «НИИ «Гириконд» была разработана серия керамических помехоподавляющих фильтров в корпусном исполнении Б25, Б26, Б27, Б30. Однако по мере увеличения плотности компоновки элементной базы для подавления помех во вторичных цепях постоянного тока у отечественной промышленности появилась потребность в керамических фильтрах для поверхностного монтажа. На базе современных керамических материалов, технологий и оборудования в АО «НИИ «Гириконд» разработаны и освоены в производстве помехоподавляющие керамические фильтры БЗЗ для поверхностного монтажа С-типа. Рассмотрим конструкцию, параметры и особенности применения предлагаемых устройств.

Фильтры БЗЗ – это многослойные трехвыводные керамические чип-конденсаторы (рис. 1). Два вывода (1 и 2), соединенные с проходными электродами, расположены на противоположных торцевых поверхностях, третий вывод (3) для отвода помех на землю находится по центру боковых поверхностей. Чип-фильтры выпускаются в шести габаритных размерах: $1,6 \times 0,8$; $2 \times 1,25$; $3,2 \times 1,25$; $3,2 \times 1,6$; $4,5 \times 1,6$ и $5,7 \times 5,0$ мм [1]. Плани-

руется также дополнить линейку устройств габаритами $4,5 \times 3,2$ мм.

В производстве фильтров БЗЗ используется высокопроизводительное оборудование словенской компании КЕКО (рис. 2). Оно позволяет одновременно обрабатывать групповые пакеты, состоящие из 11000 заготовок фильтров размером $1,6 \times 0,8$ мм и 500 заготовок размером $5,7 \times 5,0$ мм.

Внутренние электроды фильтров изготовлены на основе сплава, состоящего из 70% серебра и 30% палладия, внешние электроды (контактные площадки) – из серебра, никеля и олова. Фильтры предлагаются в трех группах температурной стабильности (ТСЕ): МПО, Н20 и Н50 с рабочими температурами от -60 до 125°C . В качестве материала диэлектрика для всех групп ТСЕ использованы созданные в АО «НИИ «Гириконд» керамические материалы с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 29$ и 90

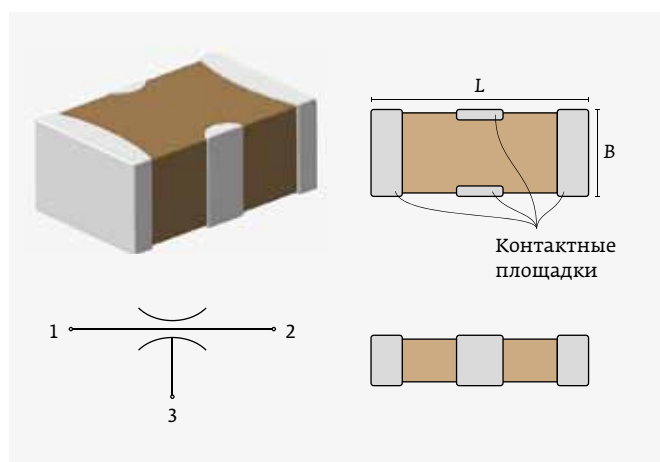


Рис. 1. Конструкция чип-фильтров С-типа



Рис. 2. Оборудование компании КЕКО

¹ АО «НИИ «Гириконд», врио начальника лаборатории керамических фильтров, тел.: +7 812 247-14-53.

² АО «НИИ «Гириконд».

³ АО «НИИ «Гириконд», начальник НПК керамических конденсаторов и фильтров, тел.: +7 812 552-21-66.

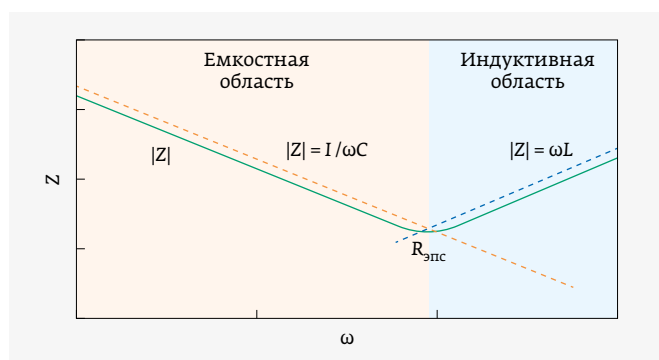


Рис. 3. Частотная зависимость полного сопротивления Z фильтров С-типа

по группе МПО, $\epsilon = 3100\text{--}3700$ по группе Н20 и $\epsilon = 4\,500$ по группе Н50.

В табл. 1 представлены основные параметры фильтров, в том числе группы ТСЕ, номинальные емкости, напряжения и токи для всех габаритных размеров, а также дано сравнение с зарубежными аналогами. Введение габаритного размера $5,7 \times 5,0$ мм, снятого с производства зарубежными компаниями, объясняется востребованностью данного варианта исполнения в отечественной радиоаппаратуре.

Частотная зависимость полного сопротивления Z фильтров приведена на рис. 3. Она имеет U -образную форму, в левой ветви которой Z уменьшается пропорционально частоте и достигает минимального значения на частоте собственного последовательного резонанса $f_{\text{рез}}$. На этой частоте величины емкостного и индуктивного реактивных сопротивлений равны и противоположны по знаку, а результирующее реактивное сопротивление равно нулю. На частоте $f_{\text{рез}}$ общий импеданс равен эквивалентному последовательному сопротивлению $R_{\text{эпс}}$, которое определяется активным сопротивлением электродов и контактных узлов. На частотах ниже $f_{\text{рез}}$ полное сопротивление Z определяется емкостью, а на частотах выше $f_{\text{рез}}$ — индуктивностью, увеличиваясь пропорционально частоте. Помехоподавление обеспечивается при помощи отведения помехи на землю через сопротивление $R_{\text{эпс}}$.

Основная характеристика помехоподавления фильтра — вносимое затухание A , которое вычисляется по формуле:

$$A = 20 \lg U_1 / U_2, \quad (1)$$

где U_1 — напряжение в цепи без фильтра, U_2 — напряжение с установленным фильтром.

АО «НИИ «Гириконд» - один из ведущих отечественных разработчиков и производителей конденсаторов и нелинейных полупроводниковых резисторов категории качества ВП и ОТК





ПРИБОР МЦЕ-26А

Номер в Госреестре 70463-18

Прибор предназначен для измерения на частоте 1 кГц электрической ёмкости и тангенса угла потерь конденсаторов и их разбраковки по электрической ёмкости и тангенсу угла потерь.

При измерении используется эквивалентная параллельная двухэлементная схема замещения конденсатора.

194223,
Санкт-Петербург,
ул. Курчатова, 10
Тел.: (812) 552-67-51
Факс: (812) 552-60-57
E-mail: 16@giricond.ru www.giricond.ru

Таблица 1. Сравнение шкалы типономиналов фильтров БЗЗ и зарубежных аналогов

Габарит, мм, (код), группа ТКЕ	U, В	БЗЗ		API (Spectrum Control)		Syfer		AVX		Murata	
		C, мкФ	I _{ном} , А	C, мкФ	I _{макс} , А	C, мкФ	I _{макс} , А	C, мкФ	I _{макс} , А	C, мкФ	I _{макс} , А
1,6 × 0,8 (0603), МПО	16	680 пФ	1								
	25	330, 470 пФ	0,7								
	50	22–220 пФ	0,5–1	22–220 пФ	0,3						
1,6 × 0,8 (0603), H20 (H50)	16	0,022 (0,033)	1							100 пФ – 0,022	0,5
										0,022–1,0	2
	25	6 800 пФ; 0,01 (0,015)	0,5 (1)	0,022 (0,1)	0,5 (1)						
	50	470–4 700 пФ (6 800 пФ)	0,3 (0,7)	470–2 200 пФ	0,3						
2 × 1,25 (0805), МПО	16	2 200 пФ	1								
	25	1 500 пФ	1			180–1500 пФ	0,3; 1				
	50	680; 1 000 пФ	0,5	22–220 пФ	0,4	22–820 пФ	0,3				
						10–220 пФ	1				
	100	10–470 пФ	0,3			22–560 пФ	0,3	22–470 пФ	0,5		
						10–120 пФ	1				
2 × 1,25 (0805), H20 (H50)	16	0,068; 0,1 (0,15)	1–2 (2)							0,22; 0,47	2
										1,0	4
	25	0,033; 0,047 (0,068)	0,7 (2)			470 пФ – 0,1	0,3	0,1	2	0,1	2
						820 пФ – 0,1	1				
	50	0,015; 0,022 (0,033)	0,5 (1)	470–2 200 пФ	0,4	560 пФ – 0,068	0,3	1000 пФ – 0,047	0,3	220–2 200 пФ	1
				0,022	1	1000 пФ – 0,068	1	1000 пФ – 0,022	1	0,022	2
								0,047	2		
	100	680 пФ – 0,01 (0,015)	0,3 (1)			560 пФ – 0,027	0,3				
3,2 × 1,25 (1205), МПО	16	3 300 пФ	3								
	25	1 500; 2 200 пФ	2								
	50	1 000 пФ	2	22–220 пФ	0,3						
	100	22–680 пФ	0,5–0,7								
3,2 × 1,25 (1205), H20 (H50)	16	0,1 (0,15)	3								
	25	0,047; 0,068 (0,1)	1 (3)								
	50	0,022; 0,033 (0,047)	1 (2)	470 пФ – 0,022 (0,047)	0,3 (1)					220 пФ – 0,022	1
										0,01–1,0	6
	100	1 000 пФ – 0,015 (0,022)	0,5 (1)								

Таблица 1. Продолжение

Габарит, мм, (код), группа ТКЕ	U, В	Б33		API (Spectrum Control)		Syfer		AVX		Murata	
		C, мкФ	I _{ном} , А	C, мкФ	I _{макс} , А	C, мкФ	I _{макс} , А	C, мкФ	I _{макс} , А	C, мкФ	I _{макс} , А
3,2 × 1,6 (1206), МПО	16	4 700 пФ	3								
	25	3 300 пФ				560–3 900 пФ	0,3; 2				
	50	2 200 пФ	2			22–3 300 пФ	0,3				
						22–1 000 пФ	2				
	100	220–1 500 пФ				22–2 200 пФ	0,3				
			1			22–560 пФ	2	22–470 пФ	0,3		
	250	22–150 пФ				56–100 пФ	0,3				
3,2 × 1,6 (1206), H20 (H50)						15–180 пФ	2				
	16	0,15 (0,22)	3								
	25	0,068; 0,1 (0,15)	2 (3)			5 600 пФ – 0,33	0,3				
						0,01–0,33	2				
	50	0,047 (0,068)	2			4 700 пФ – 0,22	0,3	1 000 пФ – 0,047	0,3		
						0,01–0,22	2				
	100	2200 пФ – 0,033 (0,047)	0,7 (2)			1 800 пФ – 0,1	0,3				
4,5 × 1,6 (1806), МПО						0,01–0,1	2				
	250	680–1 500 пФ (2 200 пФ)	0,5			2 700 пФ – 0,056	0,3				
						0,012–0,056	2				
	16	6 800 пФ									
	25	4 700 пФ	3			820–4 700 пФ	0,3; 2				
	50	3 300 пФ				22–3 900 пФ	0,3				
						100–2 200 пФ	2				
4,5 × 1,6 (1806), H20 (H50)	100	330–2 200 пФ	2	22–470 пФ	0,3	22–3 300 пФ	0,3				
						100–680 пФ	2				
	250	220 пФ	1			560–1200 пФ	0,3				
						56–470 пФ	2				
	16	0,33 (0,47)	4								
	25	0,15; 0,22 (0,33)	3 (4)			3 900 пФ – 0,56	0,3				
						0,022 – 0,56	2				
5,7 × 5,0, H20 (H50)	50	0,068; 0,1 (0,15)	3 (4)	0,22	1	3300 пФ – 0,33	0,3				
						0,022 – 0,33	2				
	100	3300 пФ – 0,047 (0,068)	1–2 (3)	1 000 пФ – 0,022	0,3	3 300 пФ – 0,18	0,3			470 пФ – 0,022	0,3
						0,022–0,18	2			0,01–0,022	6
	250	2 200 пФ (3 300, 4 700 пФ)	0,5 (0,7)			2 700 пФ – 0,056	0,3				
						0,022–0,1	2				
	25	1; 1,5 (2,2)	6								

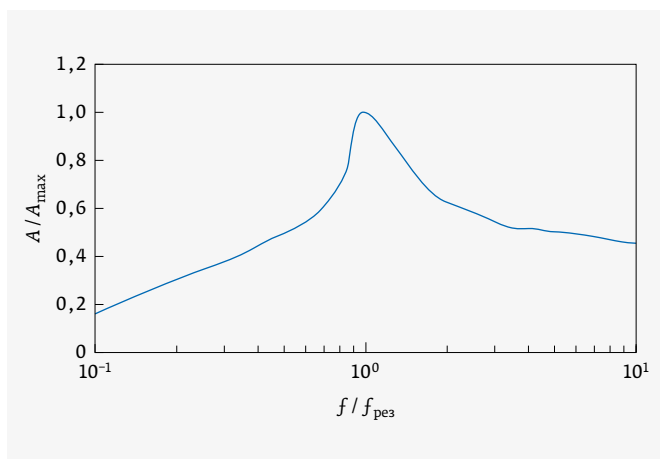


Рис. 4. Динамика изменения вносимого затухания фильтров С-типа в зависимости от частоты (A_{\max} – максимальный уровень A на $f_{\text{рез}}$)

На рис. 4 приведена АЧХ вносимого затухания, рассчитанная по формуле (1). Она соответствует частотной зависимости полного сопротивления Z (см. рис. 3): на частоте собственного последовательного резонанса $f_{\text{рез}}$, где Z имеет минимальное значение, вносимое затухание достигает максимального значения. Иногда за U_1 принимают напряжение в цепи с фильтром, а за U_2 – напряжение без фильтра. От этого зависит, будет повышаться или уменьшаться вносимое затухание по мере увеличения частоты, и соответственно графические изображения их динамики.

Помимо открытого монтажа, при котором вносимое затухание фильтров начинает снижаться сразу после частоты $f_{\text{рез}}$, существует метод экранированного

монтажа, позволяющий значительно повысить величину вносимого затухания относительно частоты резонанса. Характер АЧХ (рис. 5) при этом подобен АЧХ навесных фильтров в металлических корпусах с резьбовым креплением. Для применения данного способа монтажа следует разделять проходные выводы фильтра металлической перегородкой. Однако в силу сложности метод экранированного монтажа не находит широкого применения [2].

Вносимое затухание в диапазоне частот от 0,3 до 3200 МГц определялось с помощью измерителей комплексных коэффициентов передачи «Обзор-103» и «Обзор-304». Фильтры, смонтированные в соответствии с их габаритными размерами на специальные платы, были установлены в контейнер для измерения вносимого затухания (рис. 6). Соответствие контейнера требованиям ГОСТ [3] по КСВн (коэффициент стоячей волны не более 1,5) позволило повысить точность измерения характеристик АЧХ.

Приборы «Обзор» предназначены для измерения комплексных S -параметров, из которых вносимому затуханию соответствует коэффициент передачи S_{21} , который определяется как отношение напряжения выходного сигнала без фильтра к напряжению с подключенным фильтром. По значению S_{21} на частоте резонанса было определено эквивалентное последовательное сопротивление $R_{\text{эпс}}$ (см. рис. 3) по следующей формуле:

$$R_{\text{эпс}} = \frac{Z_0}{2 \cdot 10^{\frac{-S_{21}}{20}}} \text{ (Ом)}. \quad (2)$$

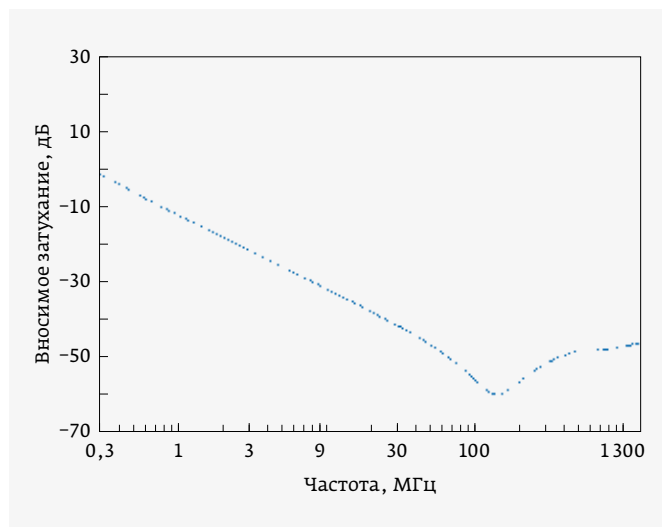


Рис. 5. Вносимое затухание фильтра БЗЗ с перегородкой (гр. Н20, 4,5×1,6 мм, 0,022 мкФ)



Рис. 6. Контейнер для измерения вносимого затухания фильтров БЗЗ

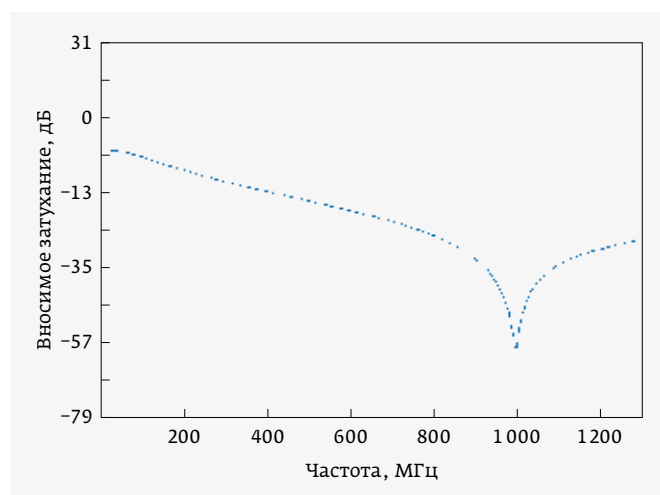


Рис. 7. Вносимое затухание фильтра БЗЗ, линейная шкала (гр. МПО, 3,2×1,6 мм, 47 пФ, $f_{рез} = 996$ МГц)

На рис. 7 и 8 приведены полученные с помощью этих приборов АЧХ фильтров емкостью 47 пФ и 2,2 мкФ.

Для фильтров БЗЗ более удобной и информативной оказалась табличная форма представления АЧХ (табл. 2). Так как фактические значения емкости фильтров отличаются от их номинального значения в пределах допустимого отклонения, для минимизации погрешности при обработке результатов значения резонансной частоты $f_{рез}$ были пересчитаны для каждого значения номинальной емкости.

Частота среза АЧХ, при которой вносимое затухание A равняется 3 дБ, достаточно точно соответствовала соотношению:

$$f_c = 1/\pi RC, \quad (3)$$

где f_c – частота среза (Гц), R – сопротивление измерительной системы (50 Ом), C – емкость фильтра (Ф).

Зависимость частоты среза от $C_{ном}$ представлена на рис. 9.

Значения параметров помехоподавления A , $A_{рез}$, f_c , $f_{рез}$ в основном зависят от фактических значений емкости, на которых, в свою очередь, оказывают влияние окружающая температура и рабочее напряжение. Емкость фильтров группы МПО не зависит ни от температуры, ни от напряжения. Фильтры групп Н20, Н50 изготовлены на основе титаната бария с различными добавками. Такие керамические материалы отличаются высокой диэлектрической проницаемостью и сильно выраженной зависимостью емкости от температуры и постоянного напряжения. Поэтому для фильтров БЗЗ не применялись материалы групп Н70 и Н90, где такие зависимости максимальны. Исходя из вышесказанного для получения наиболее точных значений параметров A , $A_{рез}$, f_c , $f_{рез}$ следует

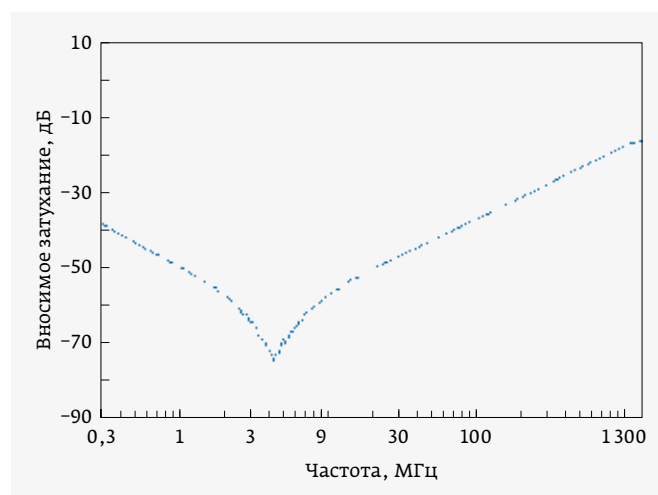


Рис. 8. Вносимое затухание фильтра БЗЗ, логарифмическая шкала (гр. Н50, 5,7×5,0 мм, 2,2 мкФ, $f_{рез} = 4,51$ МГц)

в табл. 2 вместо значений $C_{ном}$ использовать фактические значения емкости. Зависимости емкости фильтров групп Н20, Н50 от температуры и постоянного напряжения представлены на рис. 10 и 11.

Для чип-фильтров, как и обычных керамических конденсаторов, характерна низкая теплопроводность. При их резком нагревании или охлаждении температура корпуса фильтра в разных точках различается, что приводит к механическим напряжениям, может вызвать трещины и разрушение. Особенно это критично для фильтров групп ТСЕ Н20, Н50. Поэтому при пайке устройств необходимо предусмотреть их постепенный нагрев, как и для обычных керамических конденсаторов этих групп.

В заключение следует отметить, что фильтры БЗЗ не уступают импортным аналогам по своим

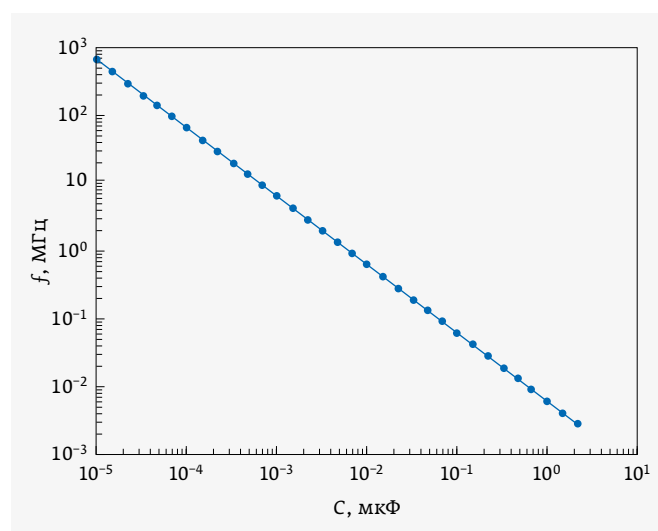


Рис. 9. Зависимость f_c от номинальной емкости

Таблица 2. Вносимое затухание на резонансной частоте фильтров БЗЗ

C _{ном}	f _{рез} , МГц	A _{рез} , дБ, не менее	f _{среза} , МГц	Вносимое затухание A, дБ, не менее, на частоте f, МГц									
				0,3	1,0	5,0	10,0	50,0	100,0	500,0	1 000	2 000	
10,0 пФ	2 290	30	636,94	–	–	–	–	–	–	–	2	20	
15,0 пФ	1 800		424,63	–	–	–	–	–	–	–	5		
22,0 пФ	1 545		289,52	–	–	–	–	–	–	–	15	18	
33,0 пФ	1 260		193,01	–	–	–	–	–	–	6	25	16	
47,0 пФ	1 000		135,52	–	–	–	–	–	1	14	40	14	
68,0 пФ	875		93,67	–	–	–	–	–	2	20	27	13	
100,0 пФ	725		63,69	–	–	–	–	2	6	30	25	12	
150,0 пФ	590		42,46	–	–	–	–	3	8	35	23		
220,0 пФ	490		28,95	–	–	–	–	6	12	40	22	11	
330,0 пФ	400		19,30	–	–	–	–	8	14	32	21		
470,0 пФ	335	40	13,55	–	–	1	2	10	17	30	20	20	
680,0 пФ	275		9,37	–	–	2	4	13	20	27			
1 000 пФ	230		6,37	–	–	3	5	19	27	25	25	20	
1 500 пФ	185		4,25	–	–	4	7	22	30				
2 200 пФ	155		2,90	–	–	6	11	25	33	24	24	10	
3 300 пФ	125		1,93	–	–	8	14	29	38				
4 700 пФ	105		1,36	–	1	10	17	32	40	23	23	9	
6 800 пФ	85		0,937	–	2	14	20	37	39				
0,01 мкФ	70		50	0,637	1	4	16	22	40	44	42	42	19
0,015 мкФ	60			0,425	1	5	18	25	44	42			
0,022 мкФ	48	0,290		1	10	23	32	46	46	35	35	23	
0,033 мкФ	40	0,193		2	13	27	34						
0,047 мкФ	33	0,136		4	16	30	36	48	42	42	42	17	
0,068 мкФ	27	0,094		6	19	34	44						
0,1 мкФ	22	0,064		12	21	39	47	42	42	35	35	23	
0,15 мкФ	18	0,042		16	23	41	50						
0,22 мкФ	15	60		0,029	18	25	44	52	42	42	35	35	23
0,33 мкФ	12			0,019	22	34	50	57					
0,47 мкФ	10		0,014	25	37	54	60	42	42	35	35	23	
0,68 мкФ	8		0,009	30	40	62	62						
1 мкФ	7		70	0,006	33	44	67	58	42	42	35	35	23
1,5 мкФ	5,5			0,004	35	47	68	56					
2,2 мкФ	4,5			0,003	38	49	68	56					

Примечание. Значения $f_{рез}$ приведены для номинальной емкости $C_{ном}$. Для фактической емкости $f_{рез}$ может отличаться в пределах $\pm 20\%$ от указанных значений.

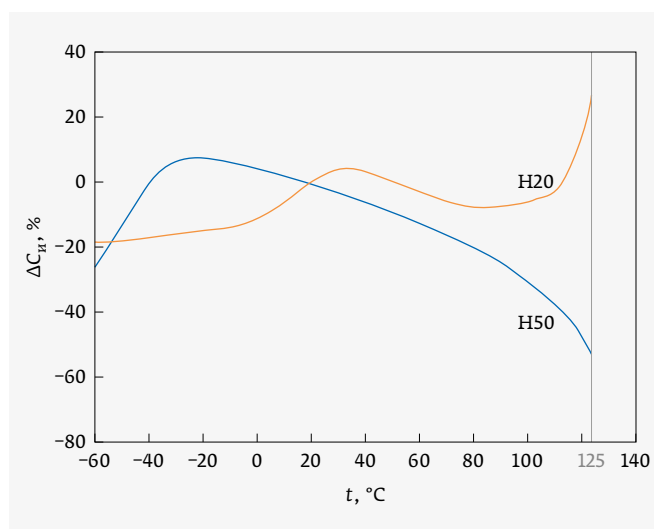


Рис. 10. Зависимость емкости от изменения температуры

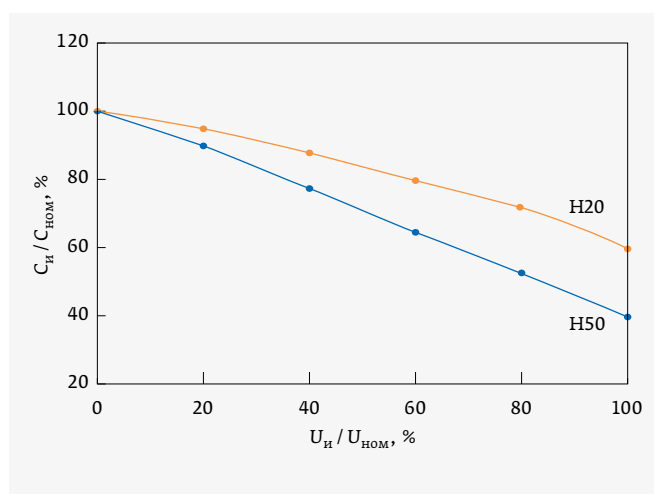


Рис. 11. Зависимость емкости от изменения напряжения

характеристикам, отличаются высокими значениями вносимого затухания, освоены АО «НИИ «Гириконд» в производстве с приемкой ОТК и могут использоваться в рамках импортозамещения. Выпуск продукции с приемкой ВП запланирован на 2020 год.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фильтры нижних частот БЗЗ, технические условия АДПК. 431145.007 ТУ.
2. www.knowlescapacitors.com/getattachment/Products/EMI-Filters/SMD-C-Filters/EMI-Filters.pdf.aspx
3. Пассивные помехоподавляющие фильтры и элементы. Методы измерения вносимого затухания. ГОСТ 13661-92, Комитет стандартизации и метрологии СССР, Москва.



Аргоновая СВЧ плазма

Патент №2657899
от 18.06.2018

Сертифицирована система
менеджмента качества по
гражданской и оборонной
тематике:

ГОСТ Р ИСО 9001-2015
и ГОСТ РВ 0015-002-2012

Контроль за изготовлением
оборонной продукции
осуществляет отдел 200 ВП МО РФ

Подробную информацию
можно узнать у нас на сайте

ООО «Руднев-Шнялев»
125130, г. Москва,
ул. Клары Цеткин, д. 33,
корп. 35, эт. 2,
помещ. VI, комн. 9Г

тел.: (495) 787-63-67
факс: (495) 787-63-68
e-mail: adc@rudshel.ru
www.rudshel.ru