

ОБЗОРЫ ПО ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКЕ

Серия: Радиодетали

В. Б. Рабинович, Л. В. Королькова

**ПОДСТРОЕЧНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ
С ТВЕРДЫМ НЕОРГАНИЧЕСКИМ
ДИЭЛЕКТРИКОМ**

(По данным иностранной печати и патентов
за 1963—1970 гг.)

ВЫПУСК № 2(278)

ЦНИИ «ЭЛЕКТРОНИКА»
Москва — 1971

38985

83

Рассматриваются основные технические характеристики, конструкция и технология подстроечных конденсаторов по данным иностранной печати за 1963—1970 гг. Определяются области применения и перспективы развития этих конденсаторов.

ВВЕДЕНИЕ

Подстроечные конденсаторы предназначены для настройки радиоэлектронных схем в процессе монтажа. Они служат как для компенсации изменения начальной емкости элементов схемы и монтажа, так и для настройки резонансных контуров. В процессе работы радиоаппаратуры емкость подстроечного конденсатора должна сохраняться неизменной.

В патентной зарубежной литературе наряду с термином «триммер» для обозначения подстроечных конденсаторов применяются термины: «переменный», «регулируемый», «настроечный» и др.

В настоящем обзоре все конденсаторы с механически изменяемой емкостью, однократно выполняющие функцию настройки схемы, будем называть подстроечными, а конденсаторы с механически изменяемой емкостью, многократно выполняющие функцию настройки схемы в процессе ее эксплуатации, будем называть переменными. По виду диэлектрика подстроечные и переменные конденсаторы подразделяются на конденсаторы с воздушным и твердым диэлектриком. Последние могут быть с органическим и неорганическим диэлектриком.

По конструкции подстроечные конденсаторы делятся на три типа: дисковые, цилиндрические и компрессионные [1—4]. Учитывая незначительную долю компрессионных подстроечных конденсаторов, а также их малую перспективность, в настоящем обзоре ограничимся рассмотрением первых двух типов.

Подстроечные конденсаторы с твердым неорганическим диэлектриком занимают ведущее место среди остальных типов подстроечных конденсаторов. Так, в США доля конденсаторов этого типа составляет 85—90% от общего числа выпускаемых подстроечных и переменных конденсаторов.

Данные о продаже подстроечных и переменных конденсаторов фирмами США и Японии за период с 1964 по 1969 г. приведены в табл. 1 и 2 [5—12].

Начиная с 1967 г. наблюдается тенденция к снижению выпуска подстроечных и переменных конденсаторов, однако,

согласно прогнозу, в 1972 г. объем выпуска этих конденсаторов должен возрасти.

Таблица 1
Объем продажи переменных и подстроечных конденсаторов
фирмы США в 1964—1969 гг.

Год выпуска	Количество, тыс. шт.	Стоимость, тыс. долл.	Средняя цена 1 шт., долл.
<i>Все виды подстроечных конденсаторов</i>			
1964	70 124	23 705	0,34
1965	98 267	28 939	0,29
1966	100 242	33 211	0,33
1967	67 420	24 220	0,36
1968	73 310	21 710	0,30
1969	67 800	21 550	0,32
<i>Конденсаторы с твердым неорганическим диэлектриком</i>			
1964	59 065	10 797	0,18
1966	87 457	16 573	0,19
<i>Конденсаторы с воздушным диэлектриком</i>			
1964	11 059	12 098	1,09
1966	12 785	16 638	1,30

Таблица 2
Объем продажи всех видов переменных и подстроечных конденсаторов
фирмы Японии за 1966—1970 гг.

Год выпуска	Количество, тыс. шт.	Стоимость, тыс. долл.	Средняя цена 1 шт., долл.
1966	83 000	24 400	0,29
1968	63 000	19 500	0,31
1969	101 000	30 500	0,30
1970	121 000	36 900	0,30

Примечание. Данные по объему выпуска за 1969 г. приведены как оценка, а за 1970 г. как прогноз.

Подстроечные конденсаторы с воздушным диэлектриком, несмотря на высокие электрические характеристики, имеют два существенных недостатка: большие габариты и высокую стоимость. По данным 1966 г. средняя цена конденсатора с воздушным диэлектриком составляла 1,3 долл., а конденсатора с твердым диэлектриком 0,19 долл. Упомянутые недостатки значительно ограничивают применение конденсаторов

с воздушным диэлектриком, несмотря на то, что некоторые из них обладают рядом исключительных достоинств, например способностью работать на СВЧ.

Крупнейшими производителями подстроечных конденсаторов являются США и Япония [13].

1. ДИСКОВЫЕ ПОДСТРОЕЧНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИСКОВЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Дисковые подстроечные конденсаторы выпускаются крупнейшими зарубежными фирмами: Erie, JFD (США), Murata, Toko (Япония), Stettner (ФРГ). Этот тип конденсаторов является наиболее массовым.

По размеру диаметра дисковые подстроечные конденсаторы условно разделены на два типа: к первому типу относятся конденсаторы с диаметром ротора 7,5—16,5 мм, ко второму — миниатюрные конденсаторы с диаметром ротора менее 7,5 мм. Основные характеристики этих конденсаторов приведены в табл. 3 [14—24].

Конденсаторы первого типа выпускаются сериями по 5—14 номиналов емкости и охватывают диапазон от 1,5/7 до 11/110 пф. В качестве диэлектрика в них применяются керамические материалы групп: П120, МПО, М033, М075, М150, М300, М500, М750 и М1500. Максимальная удельная емкость этих конденсаторов не превышает 110 пф/см².

У конденсаторов второго типа максимальная емкость ограничивается 60 пф, количество номиналов в серии не превышает 6. Два вида конденсаторов — Q-trim (фирма Tojo) и MT (фирма JFD) — сконструированы на микромодульных платах и удовлетворяют военной спецификации.

Среди конденсаторов этого типа максимальную удельную емкость (690 пф/см²) и минимальные габариты (диаметр 5,58 мм, высоту 3,56 мм) имеют конденсаторы Mini-DV фирмы JFD.

На керамические подстроечные конденсаторы в США опубликована спецификация MIL-C-81A [25], в соответствии с которой дисковые конденсаторы по ТКЕ делятся на 6 групп (табл. 4).

По данным фирмы Rosentahl [19], подстроечные керамические конденсаторы имеют ТКЕ в соответствии с группой «1b» для высокочастотных конденсаторов (табл. 5). К группе «1b» относятся лишь стабильные постоянные конденсаторы. Рабочее напряжение дисковых подстроечных конденсаторов от 50 до 500 в. Обычное значение добротности у конденсаторов с керамическим диэлектриком равно 500 (на частоте 1 МГц), в лучшем случае 1000. Коэффициент перекрытия емкости не

Сравнительные характеристики дисковых подстроичных конденсаторов

Фирма, страна, тип конденсатора	Сравняемые параметры							
	крайние показатели емкости	кол-во число названий емкости	группа по ТКЕ	тангенс угла диафазности, %	рабочее напря- жение, В	габаритные размеры, мм	объем, см ³	массо- вая удельная емкость, мкФ/см ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Конденсаторы с диаметром джгера 7,5—16,5 мм</i>								
Murata (Япония) CV01-1	2,5/7—7/50	9	МПО, М330, М470, М750	≈20·10 ⁻⁴	350	19×13,5×6	1,5	32
Murata (Япония) CV-03	3/8—5/30	5	МПО, М330, М470, М750	≈20·10 ⁻⁴	350	∅10×10,5	0,82	36
Murata (Япония) DTm505-2	3,5/8—2/50	5	МПО, М330, М470, М750	≈20·10 ⁻⁴	350	∅10×10,5	0,82	61
Erie (США) 503	1,5/7—11/110	14	МПО, М300, М500, М650, М1500	—	—	21,4×16,7× ×9,5	3,4	32
Erie (США) 539	1,5/8—15/90	5	МПО, М650, М1500	—	—	13×9,5×9	—	—
Erie (США) 557	1,5/7—11/75	7	МПО, М330, М750, М1500	—	—	∅13,5×8,7	1,24	60
Erie (США) 538	2/8—15/90	9	МПО, М330, М500, М650, М1500	—	—	∅9,5×7,6	0,54	110

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Siethner (ФРГ) 16S Triko	2/6—17/100	11	М100, М033, М470, М750, М1500	—	350	21,5×16×9	3,1	32
Siethner (ФРГ) 12S Triko	2/5—16/80	11	М100, М033, М470, М750, М1500	—	250	17×12×8	1,6	49
Siethner (ФРГ) 10S Triko	2/4—10/60	8	МПО, М033, М470, М750, М1500	—	250	∅10×8,3	0,65	92
Pfher (Испания)	2/4—10/60	6	П100, М150, М750, М1500	≤20·10 ⁻⁴	250	∅10×8,5	0,67	89
Fair (Италия) E620 A2	2/4—10/60	8	П100, МПО, М470, М750, М1500	—	—	∅9,6×8,3	0,60	100
Rosenthal (ФРГ) STSE7 (STSE7)	2/3,5—7/35	10	М100, М033, М075, М470, М750, М1500	≤20·10 ⁻⁴	160	8,5×7,5×7,5	0,48	73
Toko (Япония) K, KF	1,7/10, 2,5/20	2	МПО, М750	≤50·10 ⁻⁴	50	∅8×7,8	0,39	51
Toko (Япония) L, LF	2,5/18, 3,5/50	2	МПО, М750	≤50·10 ⁻⁴	50	∅10×7,5	0,59	85

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Конденсаторы с диаметром ротора менее 7,5 мм								
Murata (Япония) ДТ503-2	2/7—5/20	3	МПО, М330, М750	$\leq 33 \cdot 10^{-4}$	50	$7 \times 5,7 \times 3,6$	0,14	139
Erie (США) 518	5/25	1	—	$\leq 20 \cdot 10^{-4}$	100	$\phi 5,54 \times 4,76$	0,11	217
Stetner (ФРГ) 7S Triko	2/3,5—7/85	6	П100, М333, М075, М470, М750, М1500	—	160	$\phi 7 \times 8,4$	0,32	107
Pher (Испания)	2/3,5—7/35	6	П100, М150, М750, М1500	$\leq 20 \cdot 10^{-4}$	160	$\phi 7 \times 6$	0,23	152
Tojo (Япония) Q-Trim	2/7—5/20	3	М080, М330, М470	$\leq 17 \cdot 10^{-4}$	50	$7,9 \times 7,9 \times 6,5$	—	—
Toko (Япония)	1,5/9—2/15	2	МПО, М750	$\leq 50 \cdot 10^{-4}$	50	$\phi 6 \times 6,8$	0,19	78
Stetlite (Англия) 5S Triko	1,5/2,5—6/22	6	—	—	—	$\phi 5 \times 6$	0,12	187
JFD (США) Mini DV	1/3—12/60	6	—	$\leq 20 \cdot 10^{-4}$	—	$\phi 5,58 \times 3,56$	0,087	690
JFD (США) MF	5/15—5/50	5	М250, М700	$\leq 20 \cdot 10^{-4}$	50	$7,1 \times 5,3 \times 3,0$	0,11	440

превышает 10. Зависимость емкости от угла поворота носит примерно линейный характер. Минимальная начальная емкость конденсаторов 1,5—2,0 пф.

Таблица 4

Пределы изменения емкости у дисковых подстроечных конденсаторов при различной температуре

Тип	Номиналь- ная постоян- ная	Процент отклонения емкости от значения при 25° С		
		-55° С	+85° С	+125° С
A	30	-4,5 ÷ +2,0	-2,5 ÷ +2,0	-4,2 ÷ +3,4
B	45	-1,0 ÷ +3,5	-2,5 ÷ -0,5	-4,2 ÷ -0,8
C	50	-1,0 ÷ +6,5	-4,0 ÷ -1,0	-6,7 ÷ -1,7
D	57	+1,5 ÷ +7,0	-5,0 ÷ -1,5	-8,5 ÷ -2,5
E	90	+1,75 ÷ +8,0	-5,75 ÷ -1,75	-9,3 ÷ -2,8
F	180	+6,0 ÷ +16,0	-11,0 ÷ -6,0	-15,0 ÷ -9,0

Таблица 5

Допуск на ТКЕ для конденсаторов типа «1b» (фирма Rosenthal)

Группа керамики по ТКЕ	Номиналь- ное значе- ние ТКЕ, 10 ⁻⁶ 1/°С	Допуск на ТКЕ в 10 ⁻⁶ 1/°С при емкости в пф			
		от 3 до 6,2	от 6,2 до 10,0	от 10 до 15	> 15
П100	+100	—	—	—	—
М033	-33	+120	+60	+40	±50
М075	-75	-30	-30	-30	—
М470	-470	+120 -70	+120 -70	+80 -70	±70
М750	-750	±120	±120	±120	±120
М1500	-1500	+500 -250	+500 250	±250	±250

2. КОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ДИСКОВЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Конструкция дискового подстроечного конденсатора с керамическим диэлектриком, выпускаемого более 30 лет, хорошо известна (рис. 1) [1—3]. Статором конденсатора 5 служит массивное основание, изготовленное из установочного керамического материала с низкой диэлектрической проницаемостью. Диэлектриком в конденсаторе служит керамика ротора 3, укрепленного на оси 1 и прижатого к статору пружиной 7.

Электроды статора 4 и ротора 2 наносятся методом вжигания серебра. Ротор изготавливается из керамического материала с необходимой диэлектрической проницаемостью. Соприкасающиеся поверхности статора и ротора припаяны.

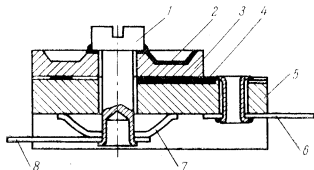


Рис. 1. Конструкция дискового керамического подстроечного конденсатора

1 — ось; 2 — электрод ротора; 3 — контакт; 4 — электрод статора; 5 — статор; 6 — электрод статора; 7 — пружина; 8 — шток ротора

Применение керамических материалов в качестве диэлектрика позволяет получить конденсаторы различных групп по ТКЕ с широким диапазоном емкости. Простота конструкции обеспечивает низкую стоимость изделия.

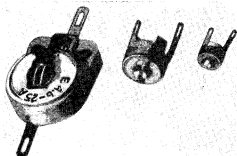


Рис. 2. Эволюция керамических дисковых конденсаторов за 30 лет

Из-за малых межэлектродных промежутков в положении минимальной емкости в дисковых конденсаторах затруднено получение малых значений начальной емкости. Выпускаемые зарубежными фирмами дисковые конденсаторы имеют минимальную начальную емкость 1,5–2,0 пф.

Наличие воздушного зазора между трущимися поверхностями статора и ротора снижает величину максимальной емкости, ухудшает ТКЕ конденсатора и стабильность его характеристик в эксплуатации. Отрицательным явлением в дисковых подстроечных конденсаторах является натирание серебра с электрода статора на трущуюся поверхность ротора при его вращении, что приводит к изменению электрических параметров.

В развитии дисковых подстроечных конденсаторов, как и в электронике вообще, наблюдается тенденция к снижению их габаритов и повышению удельной емкости при сохранении стабильности параметров (рис. 2) [13].

Рассмотрим, как отразился на конструктивном оформлении дисковых конденсаторов требование миниатюризации.

Керамические элементы (статор и ротор)

Наличие вистуна с выводом на статоре дискового подстроечного конденсатора (рис. 1) увеличивает его объем в 1,5–2 раза. Поэтому переход к конструкции конденсатора для печатного монтажа без вистуна на статоре был первым шагом на пути снижения габаритов. В настоящее время большинство подстроечных конденсаторов выпускается без выступающих частей, и их габариты определяются диаметром ротора.

Для того чтобы избежать натирания серебра с электрода статора на трущуюся керамическую поверхность ротора, предлагается вынести статор в виде бочка из нескольких длинных вставок (рис. 3) [26], причем металлизироваться только крайняя вставка. В этом случае трение происходит между двумя керамическими поверхностями, и таким образом исключается источник шума.

Одновременно достигается резкое уменьшение высоты конденсатора и повышение удельной емкости.

В каталоге фирмы Eric [15] представлены подстроечные конденсаторы типа 557 с пластмассовым основанием. По-видимому, в качестве электрода в них используется металлическая

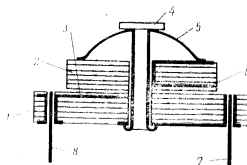


Рис. 3. Дисковый подстроечный конденсатор с эквивалентными (смонтированными) статором и ротором

1 — статор; 2 — ротор; 3 — электрод статора; 4 — ось; 5 — пружина; 6 — электрод ротора; 7 — вистуна статора; 8 — шток ротора

пластина, запрессованная в основании, по типу переменных конденсаторов [27, 28]. Однако сведения по таким параметрам конденсаторов, как стабильность емкости и пределы ТКЕ, в каталоге отсутствуют.

В патенте ГДР [29] для увеличения емкости малогабаритного подстроечного конденсатора предложено металлизировать поверхность выемки в теле статора и вклеивать в эту выемку тонкую пластинку из керамического материала с высокой диэлектрической проницаемостью. По поверхности этой пластины перемещается металлизированная поверхность ротора. Малая толщина пластины и высокая диэлектрическая проницаемость дают значительную удельную емкость в конденсаторе.

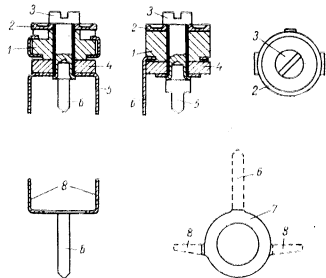


Рис. 4 Конструкция подстроечного конденсатора со статорным выводом в виде диска с радиальными лепестками
1 — статор; 2 — ротор; 3 — ось; 4 — резиновое кольцо; 5 — вывод ротора; 6 — вывод статора; 7 — диск статора; 8 — радиальные лепестки

При снижении габаритов подстроечного конденсатора до размеров менее 7 мм по диаметру возникают конструктивные трудности: между центральным отверстием в статоре, где проходит роторный вывод, и смещенным отверстием, через которое статорная обкладка соединяется со статорным выводом, остается очень малый промежуток, не обеспечивающий необходимого запаса по электрической прочности. Для устранения этого недостатка предложена конструкция подстроечного конденсатора с металлическим диском 7 (рис. 4) [30, 31],

охватывающим тело статора двумя радиальными лепестками 8. Лепестки загнута в углубления на статоре. Один ле-

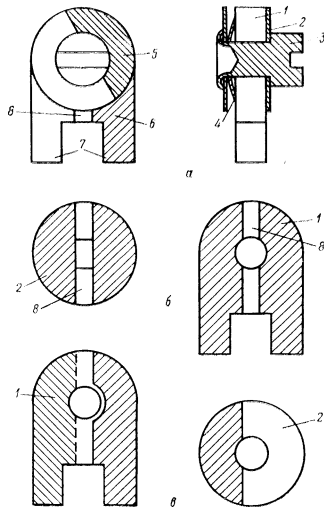


Рис. 5 Миниатюрный подстроечный конденсатор с плоскими керамическими деталями: общий вид (а), металлизированные ротор и статор при дифференциальном (б) и нормальном (в) исполнении

1 — статор; 2 — ротор; 3 — ось; 4 — пружины; 5 — электрод ротора; 6 — электрод статора; 7 — пальцеобразные выступы; 8 — прорези

песток 6 служит статорным выводом. В других конструктивных вариантах вместо диска могут быть применены цилиндр или скоба.

С целью упрощения конструкции и технологии миниатюрных дисковых подстроечных конденсаторов предложен конструктивный вариант, у которого статор и ротор представляют собой плоские керамические детали без выступов и углублений (рис. 5) [32-35]. Тело статора 1 оканчивается двумя пафобразными выступами 2, которые являются выводами конденсатора и впаиваются непосредственно в монтажную плату.

Конденсатор такой конструкции может быть выполнен в нормальном и дифференциальном исполнении. При нормальном исполнении обкладка на роторе выполнена, как обычно, в виде полукольца. Статорная обкладка 6 продолжена на выступ. Противоположная сторона статора также металлизирована (зеркально по отношению к первой) и является роторным выводом.

При дифференциальном исполнении и ротор, и статор имеют по две металлические обкладки, разделенные изолирующими прорезами 8. Такой конденсатор может быть изготовлен с диаметром 5 мм.



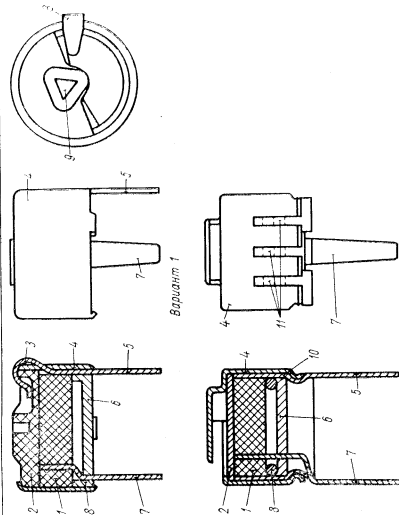
Рис. 6. Конструкция ротора с тонкой пленкой стеклокерамики

1 — электрод; 2 — стеклокерамика; 3 — ротор

Применяя в качестве ротора диск, нельзя получить достаточно высокую емкость подстроечного конденсатора, так как низкая механическая прочность керамички ограничивает возможность уменьшения толщины ротора. Предлагается уменьшить толщину диэлектрика за счет выемки в теле ротора, которая заполняется материалом, обеспечивающим достаточную механическую прочность ротора, например, стеклокерамикой или отверждающейся пластмассой. При этом толщину стенки ротора можно уменьшить вдвое (рис. 6) [36, 37].

Дальнейшее повышение удельной емкости конденсатора достигается использованием идеи монолитной структуры. Предлагается в стойке металлизировать только нижнюю, а остальные использовать для упрочнения. При этом металлический электрод будет заделан в толщу ротора на малом расстоянии от поверхности, соприкасающейся со статором. Это расстояние в такой конструкции можно получить равным 0,05 мм, что резко увеличит емкость подстроечного конденсатора [26, 38, 39].

В конструкции подстроечного конденсатора с металлическим цилиндром, охватывающим керамику (рис. 7) [40], для снижения начальной емкости статорная обкладка имеет уменьшенный радиус металлизации. Для вращения ротора



Вариант 2

Рис. 7. Два варианта дискового подстроечного конденсатора без оси
1 — статор; 2 — ротор; 3 — отверстие; 4 — стержень; 5 — корпус; 6 — выемка; 7 — вывод; 8 — отверстие; 9 — отверстие; 10 — отверстие; 11 — отверстие

на нем предусмотрен выступ треугольной или шестигранной формы.

Вспомогательные конструктивные элементы (ось, пружина, выводы)

В подстроечном конденсаторе обычной конструкции один конец оси предназначен для развальцовки при сборке конденсатора, на другом конце предусмотрена головка со шлицем для вращения. В конденсаторе со статорным выводом в виде металлического диска или цилиндра конструкция оси и роторного вывода практически не меняется. Роль пружинного элемента выполняет кольцо из синтетической резины. Кольцо может быть заменено пружиной, если между статором и пружиной поместить изолирующую шайбу. В том случае, когда роль элемента, связывающего статор и ротор, выполняет скоба, она является роторным выводом. Статорный же вывод в виде заклепки проходит через центральное отверстие в статоре [30, 31].

В варианте конденсатора без оси (рис. 7, вариант 1) роль элемента, соединяющего детали конденсатора, выполняет металлический цилиндр 4, несколько лепестков которого загибаются на диск 6 из изолирующего материала. Роль пружинного элемента выполняет резиновое кольцо 8. Статорный вывод 7 проходит через тело статора и изолирующий диск 6. Роторный вывод 5 в виде пружинной лапки 3 прижимается

к металлизированной роторной поверхности.

Во втором варианте этой конструкции (рис. 7) наружный металлический цилиндр 4 жестко связан с ротором 2 и является подвижным элементом. Внутренний цилиндр 10, охватывающий тело статора, резиновое кольцо 8 и изолирующий диск 6, имеет выступающий конец, который служит роторным выводом 5. Статорный вывод 7 проходит через статор 1 и изо-

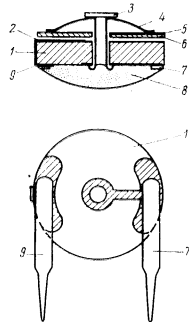


Рис. 8 Дискový подстроечный конденсатор с заливкой выводов компаундом

1 — статор; 2 — электрод статора; 3 — ось; 4 — цилиндр; 5 — электрод ротора; 6 — ротор; 7 — вывод ротора; 8 — колпачок из термореактивной пластмассы; 9 — вывод статора

лирующий диск 6 в вырезе цилиндра. Для снижения трения между цилиндрами при вращении на наружном цилиндре 4 предусмотрены прорези 11.

Для конструкции обычного дискового подстроечного конденсатора без выступа с расположением статорного и роторного выводов на статоре применяется колпачок 8 из термоотвержденной пластмассы, способствующий повышению прочности выводов конденсатора (рис. 8) [41]. Автор изобретения считает, что усадка пластмассы при полимеризации, вызывающая деформацию статора 1, компенсируется упругим содействием ротора и статора с помощью многолепестковой пружины 4. Характерным для такого варианта является необычное расположение выводов конденсатора.

Подстроечный конденсатор с плоскими керамическими деталями (рис. 5) имеет пластмассовую ось при дифференциальном исполнении. В нормальном исполнении конструкция оси обычная. Роль выводов в конденсаторе выполняют керамические выступы 7 на статоре.

II. ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ПОДСТРОЕЧНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КЕРАМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ

Основные характеристики цилиндрических конденсаторов с керамическим диэлектриком, выпускаемых различными фирмами, приведены в табл. 6 [14, 16–19, 42].

В качестве диэлектрика в конденсаторах применяются керамические материалы групп от П100 до М750.

Максимальная емкость в конденсаторах этого типа не превышает 38 нФ, минимальная емкость достигает значений 0,2–0,5 нФ. Коэффициент перекрытия емкости, как правило, не превышает 10. В табл. 7 приведена шкала емкостей цилиндрических керамических конденсаторов, выпускаемых фирмой Centralab (США).

Рабочее напряжение цилиндрических керамических конденсаторов до 650 в постоянного тока. Максимальной удельной емкостью (38 нФ/см²) из этого типа обладают конденсаторы фирмы Rosenthal. Минимальные габариты (Ø 4,7 × 10 мм) имеют конденсаторы фирмы Murata.

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ СО СТЕКЛЯННЫМ, ВОЗДУШНЫМ И КВАРЦЕВЫМ ДИЭЛЕКТРИКОМ

Подстроечные цилиндрические конденсаторы со стеклянным и кварцевым диэлектриком выпускаются фирмами США, Японии, ФРГ, Франции. Ведущее место среди них занимают

Таблица 6
Сравнительные характеристики цилиндрических подстроечных конденсаторов с керамическим диэлектриком

Фирма, страна, тип конденсатора	Сравниваемые параметры					
	крайние номиналы емкости	количество номиналов емкости	группы по ТКЕ	тангенс угла диэлектрических потерь	рабочее напряжение, в	габаритные размеры, мм
Murata (Япония) JT20-1	0,5/2—2,6	3	П100, М330	20-10 ⁻⁴	500	Ø4,7×10
Stetner (ФРГ) R-Triko 07	1,2/4—3,20	5	П100, М075, М750	—	250	—
Stetner (ФРГ) R-Triko 008	0,5/3—3/10	3	—	—	250	Ø5,5×2
R-Triko 101—109	0,7/3,5—1/12,5	4	М200	—	500	Ø5,7×15
R-Triko 110—119	0,7/3,5—1/12,5	4	М200	—	500	Ø6,4×40
R-Triko 120—129	0,7/3,5—1/12,5	4	М200	—	500	Ø8,4×35
R-Triko 130—139	0,7/3—1/6	2	М200	—	250	Ø5×17
R-Triko 140—149	0,5/3	1	М50	—	—	Ø6,5×7,6
R-Triko 150—159	0,3/2,5—2/15	6	П100, МПО, М750	20-10 ⁻⁴	500	Ø5,5×16,5
R-Triko 160—169	0,8/3—1,7/18	5	М200	—	650	Ø5,5×44
MELE (Бельгия) 2222 802, 20 001, 2005						

Таблица 7

Шкала номиналов емкостей цилиндрических керамических конденсаторов, выпускаемых фирмой Centralab

Длина, мм	Емкость (пФ) для групп по ТКЕ		
	П120	М220	М400
1	2	3	4
9,5	0,5—2,0 0,8—2,5 1,0—3,0 1,0—3,5	0,9—3,0 1,0—4,0 2,0—5,0 2,5—6,5	1,5—6,0 2,0—7,0 2,5—9,0 3,5—10,0
12,7	0,3—2,5 0,5—3,5 1,0—4,0 1,0—5,0	0,5—4,0 1,0—6,0 2,0—7,0 2,5—8,0	1,0—7,0 1,5—9,0 2,5—12,5 3,5—13,0
25,9	0,2—3,0 0,5—4,5 1,0—6,0 1,0—6,5	0,5—6,0 1,0—8,0 2,0—9,0 2,5—10,0	0,8—8,0 1,5—12,0 2,0—15,0 2,5—16,0
19,1	0,2—4,0 0,4—6,0 1,0—7,5 1,0—8,0	0,5—8,0 1,0—10,0 2,0—11,0 2,5—12,0	0,8—11,0 1,0—14,0 3,0—18,0 3,5—20,0
25,4	0,4—6,0 1,0—7,5 1,0—8,0 1,0—10,0	1,0—10,0 2,0—11,0 2,5—12,0 2,5—15,0	1,0—14,0 3,0—18,0 3,5—20,0 3,5—25,0

Примечание. Введение кремнеорганической смазки изменяет пределы емкости на $\pm 20\%$.

JFD, Johanson, Voltronics (США). Многие фирмы Европы и Азии пользуются лицензиями этих американских фирм. Известно более 2500 стандартных типов этих конденсаторов.

Подстроечные конденсаторы со стеклянным и кварцевым диэлектриком отличаются низкой начальной емкостью (до 0,1 пФ), большим значением коэффициента перекрытия емкости (до 120), высокой температурной стабильностью (ТКЕ до $\pm 20 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$) и высокой добротностью ($Q > 2000$ при 250 МГц).

В табл. 8 [15, 43—48] для сравнения приведены основные характеристики цилиндрических подстроечных конденсаторов

Сравнительные характеристики цилиндрических полостных конденсаторов со стеклянным, кварцевым и воздушным диэлектриком

Фирма, страна	Вид диэлектрика	Сравнимые параметры										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
			крайние номинальные емкости	количество номиналов	группы по ТКЕ	добротость	рабочая частота, МГц	рабочее напряжение, кВ	минимальные габариты, мм	минимальный объем, см ³	максимальная удельная емкость, пФ/см ²	
JFD (США)	Стеклоная		0,5/4,5—1/120	20	+50 +100	>500	20	500	Ø6,35×30	0,45	49	
Erie (США)	То же		0,8/4,5—0,8/30	5	±50 ±100	>500	1	1000	Ø6×15	0,425	71	
Novatron (США)	» »		0,5/2,5—0,5/15	5	±50	>500	1	—	Ø4×13	0,15	35	
Aitronic (Франция)	» »		0,1/1,3—2/38	11	±50	>500	500	200—500	Ø1,9×13	0,037	44	
Tokai (Япония)	» »		0,8/4,5—1/30	5	±50	>500	—	—	Ø6,35×14,68	0,465	20	
JFD (США)	Кварцевый		0,4/1,5—0,8/15	4	±25	>700	1	2500 10000	Ø6,35×30	0,35	10	
Erie (США)	То же		0,5/1,8—0,8/15	4	±50	>500	1	1000	Ø6×15	0,425	38	

Продолжение табл. 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Voltronic (США)	Кварцевый	1,2/15—2/25	2	0—50	>2000	20	—	—	—	38
Aitronic (Франция)	То же	0,35/3,5—1/15	4	±100	>3000	1	5000 10000	Ø6,35×30	0,63	3,5
Voltronic (США)	Воздушный	0,8/10—0,8/14	2	50—50	>4000	100	—	—	—	—
Aitronic (Франция)	То же	0,35/3,5—0,3/25	20	±20	>5000 f=300 >2000 f=250	—	250—750	Ø3,6×13	0,13	25
Jobson (США)	» »	0,8/10	1	±20	>3000	100	500	—	—	—

со стеклянным, кварцевым и воздушным диэлектриком, выпускаемых различными фирмами.

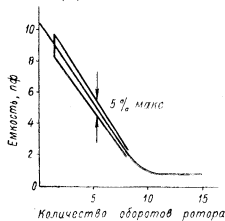


Рис. 9. Зависимость емкости от числа оборотов ротора

Большая часть цилиндрических конденсаторов со стеклянным диэлектриком фирм JFD, Erie, Novatron, Johanson, Airtronic выпускается по военному стандарту MIL-C-14409C [49], который распространяется также и на концентрические воздушные конденсаторы.

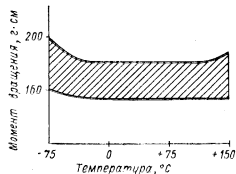


Рис. 10. Допустимые пределы изменения момента вращения в зависимости от температуры

Зависимость емкости от числа оборотов ротора цилиндрического конденсатора фирмы Airtronic представлена на рис. 9 [45]. На графике заданы довольно жесткие пределы допустимого отклонения емкости от линейного закона изменения в основной части кривой ($\pm 2,5\%$).

На рис. 10 [45] приведены допустимые пределы изменения момента вращения в зависимости от температуры. Небольшое расширение пределов момента вращения задано только на границах температурного диапазона.

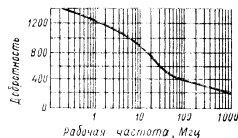


Рис. 11. Зависимость добротности от рабочей частоты для конденсатора со стеклянным диэлектриком

Частотная зависимость добротности для одного из типов цилиндрических конденсаторов со стеклянным диэлектриком (AT7330 фирмы Airtronic) представлена на графике рис. 11.

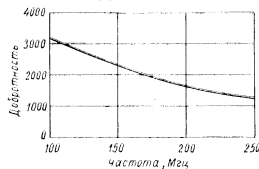


Рис. 12. Зависимость добротности от рабочей частоты для конденсатора с воздушным диэлектриком

На графиках рис. 12, 13 приведены соответственно частотная зависимость добротности и зависимость пробивного напряжения от давления для воздушного конденсатора с концентрическими электродами типа 2950 фирмы Airtronic.

Характер зависимости добротности от частоты (в диапазоне частот 100—250 МГц) для обоих типов цилиндрических конденсаторов совпадает (рис. 11 и 12), однако добротность подстроечных конденсаторов с воздушным диэлектриком на

порядок выше, чем у конденсаторов со стеклянным диэлектриком.

Фирмы Johanson, JFD, Airtronic и другие рекламируют готовые LC-схемы с использованием цилиндрических конденсаторов.

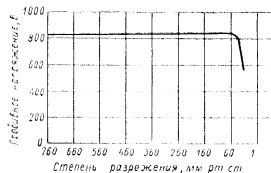


Рис. 13 Зависимость пробивного напряжения от степени разрежения воздуха

Основными производителями цилиндрических подстроечных конденсаторов со стеклянным, воздушным и кварцевым диэлектриком являются фирмы: JFD, Johanson, Voltronics, LRC, Novatron, Johnson, Erie (США), Stettner (ФРГ), Murata (Япония), Airtronic (Франция).

3. КОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОДСТРОЕЧНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Рассмотрим два основных типа цилиндрических конденсаторов с твердым диэлектриком — плунжерные и поршневые. На поршневые подстроечные конденсаторы в США опубликована спецификация MIL-C-14409 A, B [25].

Плунжерный конденсатор состоит из керамической посеребренной трубки 1 с припаянной к ней крепежной втулкой 2 (рис. 14). В таких конденсаторах наружной обкладкой может служить металлическая обойма 4, охватывающая керамическую трубку. Ротор 3 в виде металлического стержня с резьбой свободно перемещается внутри трубки. В некоторых конденсаторах этого типа на конец ротора надевается кольцо, обеспечивающее большее постоянство зазора между трубкой и ротором.

Плунжерные конденсаторы имеют значительную величину воздушного зазора между электродом ротора и внутренней стенкой трубки. При установке на минимальную емкость ротор (винт) выдвигается из статора, увеличивая габариты конденсатора.

Поршневой конденсатор (рис. 15) состоит из изоляционной (керамической, стеклянной, кварцевой) трубки 1 с электродом.

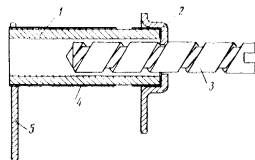


Рис. 14 Цилиндрический плунжерный подстроечный конденсатор

1 — керамическая трубка; 2 — крепежная втулка; 3 — ротор; 4 — металлическая обойма; 5 — вывод

нанесенным на ее наружной поверхности. Вторым электродом является поршень 2. Изменение емкости производится перемещением поршня вдоль неподвижного винта 3. К опорному фланцу 4 поджимается пружина 5, выполняющая роль безлюфтовой гайки. Поршень плотно прилегает к стенкам трубки, обеспечивая высокую стабильность параметров. По сравнению с плунжерными поршневые конденсаторы имеют более сложную конструкцию, но они не меняют габаритные размеры при изменении емкости.

Этот тип конденсаторов является наиболее перспективным по сравнению с описанными выше. Его усовершенствованию посвящен ряд зарубежных патентов.

Рассмотрим некоторые основные детали поршневых конденсаторов.

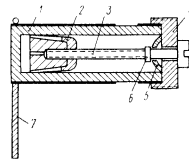


Рис. 15 Цилиндрический поршневой подстроечный конденсатор

1 — изоляционная трубка; 2 — поршень; 3 — винт; 4 — опорный фланец; 5 — пружина; 6 — шайба; 7 — вывод

Трубка

В обычной конструкции поршневого подстроечного конденсатора требование увеличения емкости и связанное с ним уменьшение толщины трубки находятся в противоречии с требованием механической прочности. Предлагается [50] наруж-

ную неподвижную обкладку конденсатора изготавливать в виде цилиндра, внутренняя поверхность которого покрывается тонким слоем диэлектрика (стекла, керамики или синтетической смолы). Механическая прочность конденсатора определяется в этом случае металлическим цилиндром. Малая толщина диэлектрика позволяет получить высокую удельную емкость.

Для повышения стабильности электрических параметров цилиндрических керамических конденсаторов предложено сортировать керамические трубки по внутреннему диаметру через $0,02 \text{ мм}$ [51].

В стеклянных поршневых конденсаторах используется двухстадийная технология изготовления трубок: сначала выжигают трубку и наносят на нее серебряную пасту, а затем мостируют с одновременным выжиганием серебра [49]. С целью увеличения емкости конденсатора делают двухслойную трубку с промежуточным слоем металлизации. Толщина рабочего диэлектрика примерно $0,2 \text{ мм}$.

Механизм перемещения поршня

В поршневом конденсаторе стабильность параметров зависит от плотности прилегания подвижного электрода (поршня) к поверхности диэлектрика. Вращение поршня при изменении емкости вызывает изменение воздушного зазора между трубкой и поршнем, что приводит к нестабильности электрических характеристик конденсатора.

Предложено несколько вариантов конструктивных решений цилиндрических конденсаторов с поступательным движением поршня [52—54, 55—57], исключающих вращение поршня при его аксиальном перемещении вдоль изоляционной трубки. Рассмотрим некоторые из них (рис. 16).

1-й вариант. Согласно [52], к опорному фланцу 7 конденсатора присоединена прямоугольная рамка 8. В дне поршня 2 предусмотрен прямоугольный вырез 9. При вращении винта 3 поршень перемещается вдоль трубки 1 и скользит по направляющим рамкам.

2-й вариант. В конструкции, предложенной автором [53], трубка 1 имеет паз 10, в который входит выступ поршня 2. Это исключает вращение поршня по внутренней огибающей трубки.

3-й вариант. В этой конструкции [54] предусмотрены укрепленные на опорном фланце 7 направляющие стержни 11, препятствующие вращению поршня. Люфт резьбы при вращении винта выбирается за счет пружины 6, поджатой с помощью упорной шайбы 5.

Рассмотрим конструкцию воздушного подстроечного конденсатора с концентрическими электродами (рис. 17) [58],

принципиально отличающегося от широко распространенного конденсатора пластинчатого типа.

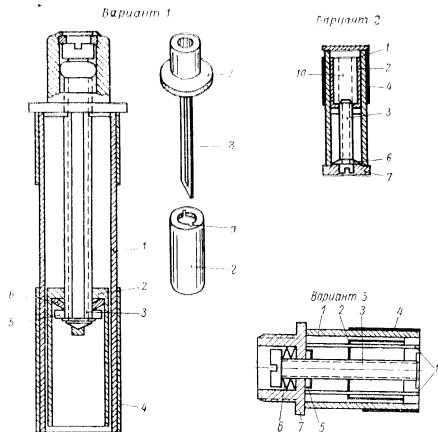


Рис. 16. Поршневой цилиндрический конденсатор с поступательным движением поршня

1 — трубка; 2 — поршень; 3 — винт; 4 — обкладка; 5 — упорная шайба; 6 — пружина; 7 — опорный фланец; 8 — прямоугольная рамка; 9 — прямоугольный вырез в дне поршня; 10 — паз в трубке; 11 — направляющие стержни

На опорном фланце 1 конденсатора укреплен корпус 2 из изоляционного материала. К концентрическим углублениям в металлической крышке 3 припаиваются или привариваются неподвижные цилиндрические электроды 4. Подвижные электроды 5 электрически и механически связаны с ротором 7. Для создания хорошего контакта между опорным фланцем и подвижными электродами применяются скользящий контакт 6 или контактная щетка. Вращение подвижных электродов осуществляется с помощью шлица 10 на выступающей части ротора 11.

С целью повышения удельной емкости цилиндрических конденсаторов предложены два конструктивных варианта (рис. 18) [59], объединяющих в себе элементы поршневого и воздушного конденсатора. В воздушном конденсаторе (рис. 18, вариант 1) корпус 2 из изоляционного материала

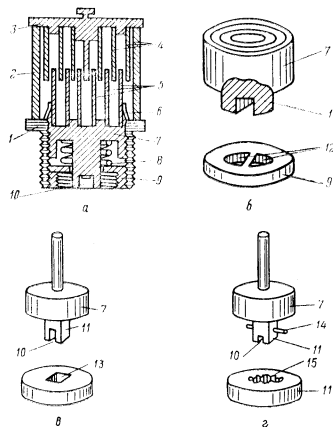


Рис. 17. Общий вид (а) и детали механизма регулирования тормозящего момента (б, в, г) воздушного цилиндрического подстроичного конденсатора

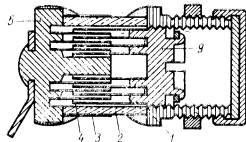
1 — опорный фланец; 2 — корпус; 3 — крышка; 4 — неподвижные электроды; 5 — подвижные электроды; 6 — скользящий контакт; 7 — ротор; 8 — пружина; 9 — упорный штифт; 10 — шлицы; 11 — выступающая часть ротора; 12 — полукруглые отверстия; 13 — квадратное отверстие; 14 — штифт; 15 — отверстие с пазами

выполняет только защитную функцию. Наружный металлический электрод 3 закрывает часть внешней поверхности корпуса 2. Согласно изобретению, корпус можно использовать и как диэлектрик конденсатора, включенного параллельно

конденсатору с воздушным диэлектриком. В конденсаторах такой конструкции легко достигается емкость 50—60 пф.

Во втором конструктивном варианте параллельно соединены два конденсатора. Диэлектриком первого конденсатора служит изоляционный корпус, а диэлектриком второго — керамический цилиндр 7, укрепленный на выступе 6 крышки 5.

В данном варианте оба конденсатора имеют твердый диэлектрик (не считая воздушных зазоров). Для корпуса и цилиндра могут быть использованы стекло или керамические материалы.



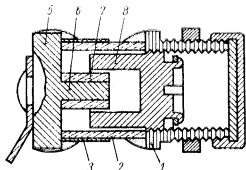
Вариант 1

Механизм регулирования тормозящего момента

Для цилиндрических конденсаторов поршневого типа и воздушных концентрического типа предложен механизм регулирования, создающий заданный тормозящий момент, препятствующий сдвигу ротора в результате каких-либо внешних воздействий [58]. Согласно изобретению, механизм регулирования отличается простотой конструкции.

Чтобы исключить зазоры, существующие в резьбовых элементах, и создать тормозящий момент, который необходимо преодолеть, поворачивая ротор, предлагается применять пружину, которая не участвует в передаче вращательного движения, а лишь создает заданное усилие поджатия резьбовых элементов.

В одном из вариантов исполнения (рис. 17, б) ротор 7 цилиндрического конденсатора имеет выступающую часть 11 со шлицем 10. В пространстве вокруг выступа помещена пружина



Вариант 2

Рис. 18. Два конструктивных варианта комбинированного цилиндрического подстроичного конденсатора

1 — опорный фланец; 2 — корпус; 3 — наружный электрод; 4 — подвижный электрод; воздушного конденсатора; 5 — крышка; 6 — выступ; 7 — цилиндр; 8 — металлический цилиндр ротора

жина 8, которая поджата упорной шайбой 9. Шайба имеет два полукруглых отверстия 12, через которые проходят концы роторного виступа. При вращении ротора, шайба и пружина сдвигаются как единое целое. Для вращения ротора нужно приложить момент вращения, зависящий от степени сжатия пружины.

В конструкции, показанной на рис. 17, б, усилие сжатия пружины 8, определяющее тормозный момент ротора 7, может регулироваться в пределах половины шага резьбы. С целью увеличения точности регулирования сжатия пружины предложены еще два варианта оформления виступа ротора 11 и упорной шайбы 9.

В варианте, представленном на рис. 17, в, виступ ротора 11 имеет квадратное сечение и проходит в квадратное отверстие 13 упорной шайбы. Точность регулирования в такой конструкции повышается до четверти шага резьбы.

Если в прямоугольном виступе ротора укрепить штифт 11 и вывинтить отверстие 15 в роторе с пазами (рис. 17, г), то точность регулирования сжатия пружины будет равна $1/n$ шага, где n — число пазов.

III. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДСТРОЕЧНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

По данным [4, 13, 49, 60 - 65] в США наряду с керамическими (дисковыми и цилиндрическими) подстроечными конденсаторами получили широкое распространение цилиндрические стеклянные (кварцевые), концентрические и пластинчатые воздушные, слюдяные компрессионные и тефлоновые цилиндрические конденсаторы. Каждый из этих типов имеет свои достоинства, определяющие области применения, а также перспективы их развития в век миниатюризации и космических исследований.

Керамические дисковые подстроечные конденсаторы являются наиболее распространенными и универсальными. Они имеют хорошее заполнение объема, высокую добротность, плоскую конфигурацию. Последнее особенно важно в схемах с печатным монтажом и планарных микросхемах. Резкое уменьшение толщины диэлектрика в моноблочных роторах позволяет надеяться на широкие возможности применения подстроечных конденсаторов дискового типа в микроэлектронной аппаратуре.

Керамические цилиндрические подстроечные конденсаторы отличаются низкой стоимостью, связанной с простой и технологичной конструкцией. Однако особых перспектив такие конденсаторы не имеют в связи с невозможностью исключить большой воздушный зазор между винтовым ротором и керамическим диэлектриком трубки. Следует отметить также ма-

лые величины начальной емкости конденсаторов.

Цилиндрические стеклянные (кварцевые) конденсаторы нашли широкое применение в специальной технике: в аппаратуре связи (кварцевые фильтры, генераторы, усилители), электроизмерительной технике, аппаратуре СВЧ. Этот вид конденсаторов применяют там, где на первое место ставят стабильность и точность настройки, а стоимость отступает на второй план. Ракетная техника и космические аппараты, в том числе разработанные по программе «Аполлон», включают в себя эти конденсаторы.

Таблица 9

Сравнительные данные различных подстроечных конденсаторов, выпускаемых в США

Тип конденсатора и примерная стоимость 1 шт., долл.	Преимущества	Недостатки
Керамический дисковый, 0,3—0,4	Малые габариты, плоская конфигурация, точность настройки, стабильность	Ограниченный верхний предел по частоте
Керамический цилиндрический с винтовым порнцем, 0,04—0,05	Низкая стоимость	Повышенная стабильность
Стеклянный цилиндрический, 0,6—0,9	Высокая точность настройки, малый температурный коэффициент, высокая добротность (до 1 Гц), линейность емкости за зависимость, стабильность	Хрупкость трубки, относительно большие габариты
Воздушный пластинчатый, 0,25—0,30	Точность настройки, высокая добротность, стабильность	Большие габариты, высокое рабочее напряжение, малая устойчивость к загрязнению
Воздушный концентрический, 1,75	Высокая добротность, широкий предел по частоте (>1 Гц), точность настройки, отличный температурный коэффициент	Высокая стоимость, относительно большие габариты, невысокое рабочее напряжение
Слюдяной компрессионный, 0,10—0,15	Широкие пределы емкости, низкая стоимость	Недифференциальность настройки, низкая стабильность
Полимерный, 0,15—0,2	Высокая добротность, хорошая стабильность	Ограниченные пределы емкости, ограниченный верхний предел температуры

Цилиндрические конденсаторы уступают дисковым по величине удельной емкости. Однако их конструкция позволяет снизить величину начальной емкости до 0,1—0,3 нф. Зависимость емкости от угла поворота получается в них более плавной.

В группе подстроечных конденсаторов значительную часть составляют конденсаторы с воздушным диэлектриком. Наряду с традиционными пластинчатыми конденсаторами выпускается большое количество конструкций коаксиального типа, которые считаются наиболее перспективными в технике СВЧ в связи с высокой добротностью, низкой индуктивностью, высокой разрешающей способностью и относительно малыми габаритами. Коаксиальные воздушные конденсаторы не имеют механического резонанса и сохраняют высокую стабильность в жестких условиях эксплуатации. Две конструкции этого типа в 1969 г. введены в военную спецификацию MIL-C-14409 С.

Сравнительные данные некоторых подстроечных конденсаторов, выпускаемых в США [13], приведены в табл. 9.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В развитии новейшей электронной техники в настоящее время наблюдаются две основные тенденции: резкое повышение требований к стабильности радиокомпонентов в жестких условиях эксплуатации и миниатюризация. Обе эти тенденции нашли свое отражение в разработанных конструкциях подстроечных конденсаторов.

Появились новые типы подстроечных конденсаторов, отличающихся прецизионной технологией изготовления. Это цилиндрические поршневые конденсаторы со стеклянным и кварцевым диэлектриком, воздушные конденсаторы с концентрическими электродами, миниатюрные дисковые керамические конденсаторы.

Несмотря на то что электронные ненастраиваемые схемы находят все более широкое применение, выпуск подстроечных конденсаторов, согласно прогнозу [65], будет расти. В связи с этим предполагается создание новых типов подстроечных конденсаторов и расширение сферы их использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ренне В. Т. Электрические конденсаторы. М.—Л., Госэнергоиздат, 1952.
2. Азарх С. X. Конденсаторы переменной емкости. М.—Л., «Энергия», 1965.
3. Дэммер Дж. В. А., Норденберг Г. М. Конденсаторы постоянной и переменной емкости (Перевод с англ. под ред. Ренне В. Т.) М.—Л., Госэнергоиздат, 1963.
4. Слюдяные компрессионные конденсаторы, Electronics World, 1970, апрель, стр. 44.

5. Electronic News, 1965, 10, 506, 31.
6. Electronic News, 1966, 11, 550, 46.
7. Electronic News, 1967, 12, 609, 38—39.
8. Electronic News, 1969, 14, 697, 45.
9. Electronic News, 1969, 14, 740, 44.
10. Electronics, 1969, 42, 1, 107—110.
11. Electronic News, 1965, 511, 519.
12. Новости зарубежной электронной техники. № 17, сентябрь 1970.
13. Moulthrop J. F. Electronic World, 1970, April, pp. 49—51.
14. Каталог фирмы Murata (Япония), 1968.
15. Каталог фирмы Erie (США), 1967.
16. Каталог фирмы Slettnier (ФРГ).
17. Каталог фирмы Piher (Испания), 1967.
18. Каталог фирмы Fair (Италия).
19. Каталог фирмы Rosenthal (ФРГ).
20. Каталог фирмы Toko (Япония).
21. Electronic Parts Catalog, Japan, 1966, p. 3.
22. Electronic Components, 1967, 8, 6, 653.
23. Electronic Design, 1969, 17, 15, 138.
24. Electronic Industries, 1965, 24, 1, 44.
25. MIL-C-81 A — Спецификация военного назначения на переменные конденсаторы с керамическим диэлектриком MIL-C-14409 A, В, С — Военная спецификация. Общие ТУ на конденсаторы переменной емкости (пистоны, трубчатые). Electronics World, 1970, April, pp. 45—49.
26. Патент Франции, кл. H01g, № 1526115, заявл. 4.04.67, опубл. 16.04.68.
27. Патент ФРГ, кл. 21g 10/01, № 1213533, заявл. 2.09.64, опубл. 31.03.66.
28. Патент США, приоритет Японии, кл. 59E2, № 3242400.
29. Патент ГДР, кл. 21g 10/01, № 31121, заявл. 18.07.61, опубл. 5.09.64.
30. Патент ФРГ, кл. 21g 10/01, № 1151071, заявл. 2.05.61, опубл. 4.07.63.
31. Патент Франции, приоритет ФРГ, кл. H01g, № 1319203, заявл. 6.04.62, опубл. 14.01.63.
32. Патент ФРГ, кл. 21g 10/01 (H01g), № 1189649, заявл. 28.01.64, опубл. 25.11.65.
33. Патент ФРГ, кл. 21g 10/01 (H01g), № 1195409, заявл. 3.03.64, опубл. 21.04.66.
34. Патент Англии, приоритет ФРГ, кл. H1M, № 1078040, заявл. 27.11.64, опубл. 2.08.67.
35. Патент США, приоритет ФРГ, кл. 317—249, № 3246217, опубл. 12.04.66.
36. Патент США, кл. 317—249, № 3258665, заявл. 6.03.63, опубл. 28.06.66.
37. Патент США, кл. 29—2542, № 3328865, заявл. 5.01.66, опубл. 4.07.67.
38. Патент США, кл. 317—249, № 3244951, заявл. 3.06.64, опубл. 5.04.66.
39. Патент Англии, кл. H1M, № 1068320, заявл. 6.07.64, опубл. 10.05.67.
40. Патент ФРГ, кл. 21g 10/01, № 1220935, заявл. 16.11.64, опубл. 14.07.66.
41. Патент Франции, кл. H01g, № 1526114, заявл. 4.04.67, опубл. 16.04.68.
42. Каталог фирмы MBLE (Бельгия), 1969.
43. Каталог фирмы JFD (США), 1967.
44. Каталог фирмы Novatron (США), 1965.
45. Дэнс гидзюцу, 1969, 7, 193.
46. Каталог фирмы Airfronic (Франция), 1969.
47. Каталог фирмы Voltronics (США), 1965.
48. Реклама фирмы Johanson (США), 1969.
49. Miller K. F. Electronics World, 1970, April, pp. 45—48.

50. Патент Англии, кл. H1M, № 1380052, заявл. 19.01.66, опубл. 27.12.68.
 51. Патент ФРГ, кл. 21g 10/01, № 1212212, заявл. 24.04.64, опубл. 24.04.69.
 52. Патент Франции, приоритет США, кл. H01g, № 1542206, заявл. 2.11.67, опубл. 2.09.68.
 53. Патент Англии, кл. H1M, № 1145170, заявл. 6.10.67, опубл. 12.03.69.
 54. Патент США, кл. 317—249, № 3263140, заявл. 24.07.63, опубл. 26.07.66.
 55. Патент США, кл. 317—249, № 3289056, заявл. 25.05.65, опубл. 28.11.66.
 56. Патент США, кл. 317—249, № 3275913, заявл. 20.11.64, опубл. 27.09.66.
 57. Патент США, № 3273031, заявл. 21.10.63, опубл. 13.09.66.
 58. Патент Франции, приоритет США, кл. H01g, № 1528336, заявл. 20.06.67, опубл. 29.04.68.
 59. Патент Франции, кл. H01g, № 1580408, заявл. 4.07.68, опубл. 28.07.69.
 60. Bowen J. L. Electronics World, 1970, April, pp. 37—41.
 61. Полистироловые подстроечные конденсаторы Там же, стр. 41.
 62. Tuganov W. G. Там же, стр. 42—44.
 63. Тефлоновые триммеры, Там же, стр. 51.
 64. Howering R. Там же, стр. 52—53.
 65. Newman R. J. Proc. National Electronic Components Conference, Washington, 1969, pp. 195—203.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ ФИРМ, ВЫПУСКАЮЩИХ ПЕРЕМЕННЫЕ И ПОДСТРОЕЧНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

США	
Aerovox	Machlett Labs.
All Star Products	Maida
American Lava	Measurements Div (A. McGraw-Edison)
Amperex Electronic	Metal Ceram
Arco Electronics	Michols
Automation Components	Millen
British Radio Electronics	Motorola Semiconductor Products
Bud Radio	Muirhead Instruments
Cambion	Neue Enatechnik
Cambridge Thermionic	Novatron
Cardwell Condenser	Parametric Industries
Centralab	Philco-Ford
Ceram	Philmore
Components Specialities	Portchester Instrument
Computer Diode	Premier Microwave
Del Electronics	Sarkes Tarzian
Dolinko and Wilkens	Squires-Sanders
Dranetz Engineering	Solar
Eastron	Spectrum Control
Electro Materials	Stettner-Trush
Electro Motive	Synco Products
Energy Labs.	Taffel Electronics
Erie Technological Products	TDK Electronics
General Instrument	Telefunken Sales
General Radio	Torr Labs.
Hammond	Transitron Electronic
Hammarlund	TRW Electronic
Impectron	United Mineral and Chemical
International Electronics	United Products
ITT	Vacap
JFD Electronics	Voltronics
Johanson	Wesco Electrical
Johnson	
La Pointe Industries	
Lake Engineering	
Lapp Insulator	
Leed and Northrup	
Lieco	
LRC Electronics	

Япония

Ando Electric
 Dewa Trading
 Kok
 Matsushita Electric

Mitsumi Electric
Murata
Nakajima
Nippon Electric
Sanyo Electric
Taiyo Yuden
Tojo Communication Equipment
Toko
Tokyo Keizai
Ulgon

ФРГ

Dau
Dralovid
Hopt
International Standard Electric
Rosentahl Isolatoren
Schmidt
Stettner
Valvo

Франция

Airtronic
LCC-Stéfix
Précision Mécanique Labinal
SOC Vidéon
Sovcor Electronique
Transco

Англия

Anglo-American Vultani Zed Fibre
Electrosil
English Electric Valve
Globe-Union
Guest International

Jackson Brothers
Lemco
Mullard
Oxley Development
Seafite Insulation
TCC

Бельгия

MBLE

ITT Europe

Голландия

Philips Gloeilampenfabrieken

ГДР

VEB KWH

Чехословакия

Elka

Венгрия

Electroimpex

Испания

Piher

Италия

Fair

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	3
I. Дисковые подстроечные конденсаторы	5
1. Характеристики дисковых конденсаторов	5
2. Конструкция и технология дисковых конденсаторов	9
II. Цилиндрические подстроечные конденсаторы	17
1. Характеристики цилиндрических керамических конденса- торов	17
2. Характеристики цилиндрических конденсаторов со стеклян- ным, воздушным и кварцевым диэлектриком	17
3. Конструкция и технология цилиндрических подстроечных конденсаторов	24
III. Области применения подстроечных конденсаторов и перспек- тивы их развития	30
Заключение	32
Л и т е р а т у р а	32
П р и л о ж е н и е. Перечень фирм, выпускающих переменные и под- строечные конденсаторы	35

*Рабинович Виллен Борисович
Королькова Лидия Владимировна*

**Подстроечные конденсаторы с твердым
неорганическим диэлектриком**

Обзоры по электронной технике

Редактор *А. П. Смирнова*

Корректор *Г. А. Авдеева*

Поан. к печ. 2/VII 1971 г.	08096	Формат 60×90 ^{1/16}	Печ. л. 2,37
Уч.-изд. л. 2,4	Зак. 784		Цена 24 коп.

