

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Колледж электроники и бизнеса

Кафедра электронной техники и физики

Л. А. БУШУЙ

ИЗУЧЕНИЕ КОНДЕНСАТОРОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2009

УДК 621. 3194(075. 32)
ББК 32. 844 я 73
Б90

Рецензент
преподаватель Проходцев В. В.

Б90 **Бушуй, Л. А.**
Изучение конденсаторов: методические указания к
практической работе /Л.А. Бушуй. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009.-
28 с.

Методические указания предназначены для проведения практической работы «Изучение конденсаторов» раздела «Диэлектрические материалы» по дисциплине «Материаловедение, электрорадиоматериалы и радиокомпоненты» для студентов второго курса специальности «Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники».

Методические указания составлены с учетом Государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по направлению подготовки дипломированных специалистов утвержденного 18.03.2002 Министерством образования Российской Федерации.

ББК 32. 844 я 73

© Бушуй Л. А., 2009
© ГОУ ОГУ, 2009

Содержание

Введение	
1	Теоретическая часть работы..... 4
1.1	Основные параметры конденсаторов..... 5
1.2	Обозначение и маркировка конденсаторов..... 7
1.3	Виды соединения конденсаторов.....18
1.4	Характеристики конденсаторов различных типов..... 19
1.5	Требования, предъявляемые к монтажу и креплению конденсаторов..... 24
1.6	Неисправности конденсаторов.....26
1.7	Контрольные вопросы..... 27
2	Практическая часть работы..... 27
2.1	Оборудование..... 27
2.2	Содержание отчёта..... 27
2.3	Порядок выполнения отчёта..... 27
	Список используемых источников..... 28

Введение

Учебное пособие может быть использовано преподавателями и студентами при проведении практической работы «Изучение конденсаторов» раздела «Диэлектрические материалы» дисциплины «Материаловедение, электрорадиоматериалы и радиокомпоненты», при подготовке студентов к тестированию и к экзаменам.

1 Теоретическая часть работы

Конденсаторы занимают второе место после резисторов по объему применения.

Конденсатор представляет собой систему из двух или более токопроводящих обкладок, разделенных диэлектриком и предназначенных для создания емкости. Различные виды конденсаторов показаны на рисунке 1.

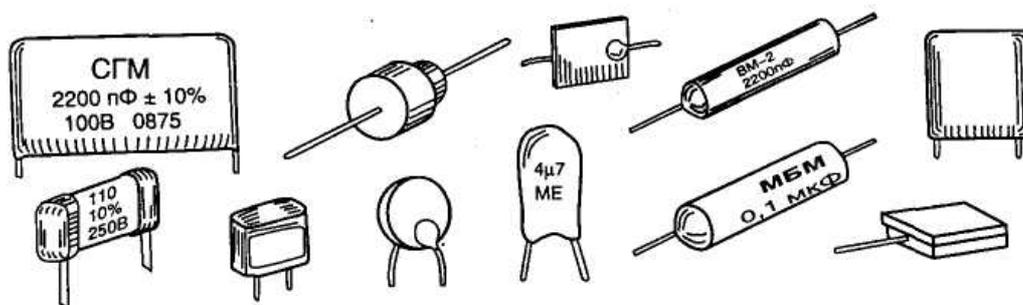


Рисунок 1- Виды конденсаторов

Конденсатор не пропускает постоянный ток, так как его обкладки разделены диэлектриком. Однако перезаряд конденсатора под действием переменного напряжения будет эквивалентен пропусканию им переменного тока. Это свойство конденсаторов широко применяется для разделения постоянной и переменной составляющих пульсирующего тока. Кроме того, конденсаторы используются в качестве элементов колебательных контуров и частотных фильтров на их основе. Сопротивление конденсатора Z_k переменному току обратно пропорционально емкости конденсатора C и частоте переменного тока f :

$$z_k = \frac{1}{2 \pi f C} \quad (1)$$

Конденсатор не рассеивает тепло при прохождении через него электрического тока, так как его сопротивление принципиально отличается от сопротивления резистора. Резистор, пропуская переменный ток, поглощает энергию в течение всего периода колебаний тока. Конденсатор в начале периода поглощает энергию из цепи, а затем отдает обратно в цепь всю накопленную им энергию. Благодаря этому свойству конденсатор является

реактивным элементом в отличие от резистора, обладающего активным сопротивлением. В связи с этим номинальная мощность конденсаторов не нормируется.

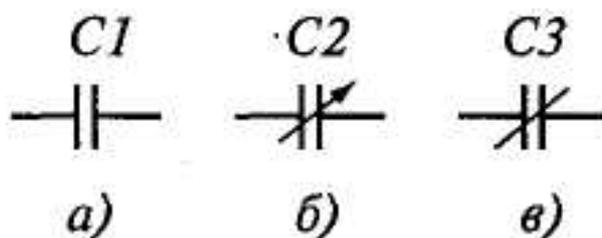
По конструкции и назначению конденсаторы подразделяют на постоянные, переменные и подстроечные. Емкость постоянных конденсаторов нельзя изменять в отличие от емкости переменных, которую можно плавно регулировать. Емкость подстроенных (или полупеременных) конденсаторов также можно плавно изменять до определенного значения, по достижении которого они будут работать как постоянные.

По виду диэлектрика различают следующие конденсаторы:

- с газообразным диэлектриком (воздушные, наполненные газом, вакуумные);
- с жидким диэлектриком, наполненные минеральным маслом или синтетической жидкостью;
- с твердым неорганическим диэлектриком (стеклянные, стеклоэмалевые, стеклопленочные, слюдяные, керамические и др.);
- с твердым органическим диэлектриком (бумажные, металлобумажные, пленочные, бумажно-пленочные);
- с оксидным диэлектриком — электролитические (танталовые, ниобиевые, титановые, алюминевые).

Переменные конденсаторы могут иметь механическое или электрическое управление емкостью. Конденсаторы, имеющие механическое управление емкостью, выпускаются с газообразным, жидким или твердым диэлектриком. Для электрического управления емкостью предназначены сегнетодиэлектрические конденсаторы — вариконды и полупроводниковые — варикапы.

Для изображения конденсаторов на электрических схемах используются специальные обозначения, показанные на рисунке 2.



a — постоянный; *б* — переменный; *в* — подстроечный

Рисунок 2- Условные обозначения конденсаторов на электрической схеме

1.1 Основные параметры конденсаторов

Емкость — способность конденсатора накапливать и удерживать на своих обкладках электрические заряды под действием приложенного напряжения. Если к конденсатору приложить напряжение $U(B)$, то на его

обкладках будет накапливаться заряд Q (Кл), и емкость будет определяться по формуле

$$C = Q/U \quad (2)$$

Единицей измерения емкости является *фарада*, но поскольку это очень большая величина, емкость конденсатора принято измерять в микрофарадах (мкФ), нанофарадах (нФ) или пикофарадах (пФ):

$$1 \text{ Ф} = 10^6 \text{ мкФ} = 10^9 \text{ нФ} = 10^{12} \text{ пФ}.$$

Емкость, указанная на конденсаторе, называется *номинальной*. Фактическая емкость конденсатора $C_{\text{ф}}$ может отличаться от номинальной $C_{\text{н}}$ на значение допустимого отклонения, которое выражается в процентах.

Величина допуска характеризует класс точности конденсаторов. В зависимости от допустимого отклонения емкости различают 11 классов точности конденсаторов, представленных в таблице 1.

Таблица 1 - Класс точности конденсаторов и допустимое отклонение емкости

Класс точности	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Отклонение, %	0,01	0,2	0,5	1	2	5	10	20	10	20	20

Чаще всего применяются конденсаторы I, II, III классов точности. Допустимое отклонение емкости электролитических конденсаторов может составлять от плюс 80 % до минус 20 %.

Номинальная емкость полностью маркируется на конденсаторе (может быть не обозначена лишь пикофарада). Для маркировки миниатюрных конденсаторов используются кодированные обозначения.

Емкость менее 10 пФ обозначается буквой П, от 100 пФ до 9100 пФ — в долях нанофарады, от 0,01 мкФ до 0,091 мкФ — в нанофарадах и обозначается буквой Н, емкость от 0,1 мкФ и более обозначается буквой М.

Если номинальная емкость выражена целым числом, обозначение единицы измерения ставят после этого числа (например, 33 пФ обозначают 33 П). Если номинальная емкость выражена десятичной дробью, меньшей единицы, то ноль целых и запятая из маркировки исключаются (например, 0,15 пФ обозначают П15), если целым числом и десятичной дробью, то целое число ставится впереди буквы, а десятичная дробь — после буквы (например, 1,7 пФ обозначают 1П7).

Температурный коэффициент емкости (ТКЕ) характеризует изменение

емкости конденсатора при изменении температуры на 1 °С:

$$\text{ТКЕ} = (C_2 - C_1) / [C_1(T_2 - T_1)], \quad (3)$$

где C_1 и C_2 — емкости конденсатора при температурах T_1 и T_2 .

Температурный коэффициент емкости может быть положительным и отрицательным.

Сопротивление изоляции конденсатора $R_{из}$ (МОм) зависит от качества диэлектрика и определяется отношением напряжения постоянного тока, приложенного к конденсатору, к току утечки и выражается в мегаомах и гигаомах.

С увеличением влажности и температуры окружающей среды сопротивление изоляции уменьшается, что может привести к пробое изоляции.

Потери энергии в конденсаторе складываются из потерь энергии в диэлектрике и обкладках. В процессе эксплуатации часть подводимой к конденсатору энергии переменного тока расходуется на его нагрев, сопровождаемый рассеиванием тепла в окружающую среду.

Потери энергии приводят к нагреву диэлектрика, ухудшают его качество и снижают электрическую прочность конденсатора, определяемую способностью диэлектрика выдерживать электрическое поле без пробоя.

Электрическая прочность оценивается пробивным, испытательным и номинальным (рабочим) напряжениями. Напряжение, при плавном подъеме которого происходит пробой конденсатора, называется **пробивным**. В основном электрическая прочность конденсатора зависит от качества и толщины диэлектрика, а так же от площади обкладок и условий теплоотдачи. Проверка испытательным напряжением позволяет отбраковывать конденсаторы с низкой электрической прочностью.

Напряжение, при котором конденсатор может надежно работать в течение гарантированного срока с сохранением основных параметров, называется **номинальным, или рабочим**.

Собственная индуктивность конденсатора — это индуктивность, создаваемая выводами и обкладками. Снижение собственной индуктивности конденсатора обеспечивается укорачиванием выводов.

1.2 Условные обозначения конденсаторов

Сокращенное условное обозначение конденсаторов в соответствии с ГОСТ 11 076—69 и ОСТ 11.074.008—78 состоит из следующих элементов.

Первый элемент — одна или две буквы — определяет тип конденсатора:

К — конденсатор постоянной емкости;

КП — конденсатор переменной емкости;

КТ — конденсатор подстроечный.

Второй элемент — цифры — обозначает используемый тип диэлектрика между обкладками и группу по рабочему напряжению. В таблице 3 приведена

расшифровка второго элемента обозначения конденсаторов.

Третий элемент представляет собой порядковый номер разработки конкретного типа, в состав которого может входить и буквенное обозначение (Ч — для работы в цепях переменного тока, П — для работы в цепях постоянного и переменного тока, И — для работы в импульсном режиме, У — универсальные). Отсутствие третьего элемента обозначения указывает на то, что конденсатор предназначен для работы с постоянным и пульсирующим током.

Полное условное обозначение конденсатора включает в себя его сокращенное обозначение, а также значения основных параметров и характеристики, необходимые для заказа и записи в конструкторской документации.

Так, например, К75-10-250В-0,1 мкФ + 5% В ОЖО.484.865 ТУ обозначает пленочный конденсатор К75-10 с номинальным напряжением 250 В, номинальной емкостью 1,0 мкФ, допустимым отклонением по емкости +5 % и группой по климатическому исполнению В; ОЖО.484.865 ТУ — документ на поставку.

На практике используются также конденсаторы, обозначение которых соответствует старым стандартам. Это объясняется тем, что в настоящее время продолжается выпуск запасных частей для радиоаппаратуры, снятой с производства, но еще находящейся на эксплуатации у потребителей. Срок выпуска составляет 10 лет после прекращения производства аппаратуры с применением данного элемента. В соответствии со старым стандартом конденсаторы имеют следующие обозначения: КТ — керамический трубчатый; КД — керамический дисковый; КЛГ и КЛС — керамические литые секционные; КМ — керамический монолитный; КОБ — керамический опрессованный бочоночный; КСО — конденсаторы слюдяные опрессованные; БМ — бумажный малогабаритный; МБМ и МБМЦ — металlobумажные малогабаритные цилиндрические; МБГЦ, МБГП и МБГЧ — металlobумажные герметичные цилиндрические, прямоугольные, частотные (для переменного тока); ПМ, ПО — полистирольные малогабаритные и полистирольные открытые.

Из таблицы 3 видно, что новый стандарт на обозначение конденсаторов позволил сократить буквенные группы и унифицировать маркировку.

Например, маркировка К22У-1-1н8С расшифровывается следующим образом: конденсатор постоянной емкости, стеклокерамический, универсальный, первой модели, с номинальной емкостью 1,8 нФ, имеющий допуск $\pm 10\%$.

В состав маркировки может вводиться также группа по температурному коэффициенту емкости (ТКЕ). Этот параметр характеризует изменение емкости конденсатора под действием температуры и выражается в миллионных долях номинальной емкости на градус ($10^{-6} 1/^\circ\text{C}$). Если с повышением температуры емкость увеличивается, то ТКЕ считается положительным, а если уменьшается — отрицательным.

Группа по ТКЕ маркируется двумя элементами — буквой (буквами),

указывающей знак ТКЕ (М — отрицательный, П — положительный, МП — близкий к нулю), и цифрами, указывающими значение ТКЕ (измеряется на частотах от 0,3 МГц до 5 МГц).

Для конденсаторов, используемых в качестве элементов низкочастотных и разделительных фильтров, ТКЕ не имеет существенного значения и не нормируется. Для керамических конденсаторов такого назначения ТКЕ маркируется буквой «Н», а цифры указывают, на сколько процентов может изменяться емкость во всем рабочем интервале температур по сравнению с емкостью, измеренной при температуре 20 °С.

Таблица 2 -Типы конденсаторов в зависимости от вида диэлектрика и их условное обозначение

Конденсатор	Обозначение
1	2
Постоянной емкости	
Керамический на номинальное напряжение ниже 1600 В	K10
Керамический на номинальное напряжение 1600 В и выше	K15
Стекланный	K21
Стеклокерамический	K22
Стеклоэмалевый	K23
Слюдяной малой емкости	K31
Слюдяной большой емкости	K32
Бумажно-фольговый на напряжение ниже 1600 В	K40
Металлобумажный	K42
Электролитический алюминиевый	K50
Электролитический танталовый фольговый	K51
Электролитический танталовый объемно-пористый	K52
Оксидно-полупроводниковый	K53
Воздушный	K60
Вакуумный	K61
Полистирольный с фольговыми обкладками	K70
Полистирольный с металлизированными обкладками	K71
Фторопластовый	K72
Полиэтилентерефталатный с металлизированными обкладками	K73
Полиэтилентерефталатный с фольговыми обкладками	K74
Комбинированный	K74
Лакопленочный	K75
Подстроечный	
Вакуумный	KT1
Воздушный	KT2
Газообразный	KT3
Твердый	KT4

Продолжение таблицы 2

1	2
Переменной емкости	
Вакуумный	КП1
Воздушный	КП2
Газообразный	КП3
Твердый	КП4

Для маркировки малогабаритных керамических конденсаторов используется также цветная кодировка. Кроме того, она применяется для маркировки конденсаторов, номинальное рабочее напряжение которых не превышает 63 В., как показано в таблице 3. Маркировка наносится в виде цветных точек или полос, показанных на рисунке 3.

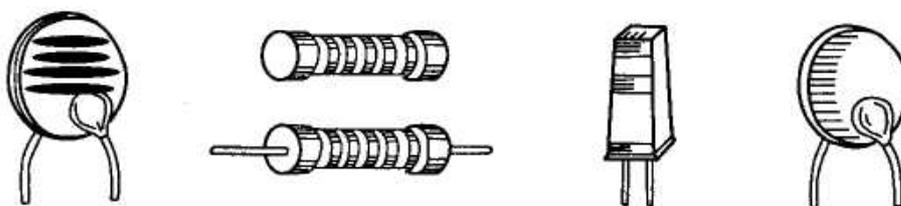


Рисунок 3 - Расположение маркировочных знаков на керамических конденсаторах с номинальным напряжением до 63 В

Таблица 3 - Цвета, используемые для маркировки конденсаторов с номинальным напряжением до 63 В

Цвет	Номинальная емкость, пФ		Допускаемое отклонение емкости, %	Номинальное напряжение, В
	первая и вторая цифры	множитель		
1	2	3	4	5
Черный	10	1	±20	4
Коричневый	12	10	±1	6,3
Красный	15	100	±2	10
Оранжевый	18	1000	±0,25	16
Желтый	22	10 ⁴	±0,5	40
Зеленый	27	10 ⁵	±5	25 или 20
Голубой	33	10 ⁶	±1	32 или 30
Фиолетовый	29	10 ⁷	-20...+50	50
Серый	47	10 ⁸	-20...+80	-
Белый	56	10 ⁹	±10	63
Золотистый	82	10 ⁻¹	-	1,5
Серебряный	68	10 ⁻²	-	2,5

Каждому цвету соответствует определенное цифровое значение. Маркировочные знаки на конденсаторах сдвинуты к одному из выводов и располагаются слева направо. Ширина полос, обозначающих величину ТКЕ, делается примерно в два раза больше других.

Конденсаторы с малой величиной допуска (от 0,1 % до 10 %) маркируются шестью цветовыми кольцами. Первые три кольца обозначают числовое значение емкости в пикофарадах, четвертое кольцо — множитель, пятое кольцо — допуск, шестое кольцо — ТКЕ, как показано в таблице 4. Конденсаторы с величиной допуска $\pm 20\%$ маркируются четырьмя цветовыми кольцами. Первые два кольца — числовое значение емкости в пикофарадах (ноль в третьем разряде не маркируется), третье кольцо — множитель, четвертое кольцо — ТКЕ. Величина допуска (пятое кольцо) не маркируется. Расположение маркировочных знаков на конденсаторах, имеющих малую величину допуска показано на рисунке 4.

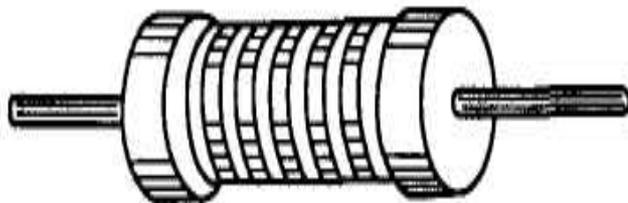


Рисунок 4 - Расположение маркировочных знаков на конденсаторах, имеющих малую величину допуска

Таблица 4 - Цветная маркировка конденсаторов с малой величиной допуска

Цвет	Номинальная емкость			Множитель четвертая полоса	Допуск, пятая полоса	ТКЕ шестая полоса
	первая полоса	вторая полоса	третья полоса			
Серебряный	-	-	-	10^{-2}	± 10	-
Золотой	-	-	-	10^{-1}	± 5	-
Черный	-	0	0	1	-	± 250
Коричневый	1	1	1	10	± 1	± 100
Красный	2	2	2	10^2	± 2	± 50
Оранжевый	3	3	3	10^3	-	± 15
Желтый	4	4	4	10^4	-	± 25
Зеленый	5	5	5	10^5	$\pm 0,5$	± 20
Синий	6	6	6	10^6	$\pm 0,25$	± 10
Фиолетовый	7	7	7	10^8	$\pm 0,1$	± 5
Серый	8	8	8	10^9	-	± 1
Белый	9	9	9	-	-	-

Для маркировки малогабаритных керамических конденсаторов применяется также цветная кодировка значений ТКЕ представленная в таблице 5.

Таблица 5 - Цветная кодировка значений ТКЕ

Цвет		Группа ТКЕ	Значение ТКЕ, 10 ⁻⁶ /°С, в интервале температур от 20 до 85 °С
корпуса	точек на корпусе		
1	2	3	4
Синий	-	П120	120±30
-	-	П100	100±40
Серый	-	П33	33±30
Голубой	Черный	МПО	0±30
Голубой	Коричневый	М33	-33±30
Голубой	Коричневый	М47	-47±30
Голубой	Красный	М75	-75±30
Красный	Оранжевый	М150	-150±40
Красный	Желтый	М220	-220±40
Красный	Зеленый	М330	-330±60
Красный	Синий	М470	-470±90
Красный	Синий	М470	-750±100
Красный	Синий	М700	-700±100
Красный	Синий	М1500	-1500±200
Красный	Синий	М1300	-1300±200
Красный	Желтый или серый	М220	-2200 +500 -300

Определить рабочие параметры конденсаторов по цветовой маркировке можно, пользуясь рисунками 5, 6, 7, 8, 9, 10 .

Цвет полосы (точки)	Номинал	Множитель	Напряжение, В
Золотой	82		1,6
Серебряный	68		2,5
Черный	10	1pF	4
Коричневый	12	10pF	6,3
Красный	15	100pF	10
Оранжевый	18	1nF	16
Желтый	22	10nF	40
Зеленый	27	100nF	20/25
Голубой	33	1μF	30/32
Фиолетовый	39	10μF	
Серый	47	0,01pF	3,2
Белый	56	0,1pF	63

Пример обозначения	
1 мкФ, 16 В	
1 мкФ, 16 В	

Рисунок 5- Конденсаторы электролитические

Цвет полосы (точки)	Номинал	Множитель	Допуск	Напряжение, В
Золотой	8,2			1,6
Серебряный	6,8			2,5
Черный	1,0	1μF	± 20%	4
Коричневый	1,2	10μF		6,3
Красный	1,5	100μF		10
Оранжевый	1,8	1mF		16
Желтый	2,2	10mF		40
Зеленый	2,7	100mF		20/25*
Голубой	3,3	1F		30/32*
Фиолетовый	3,9	10F	-20...+50%	
Серый	4,7	10nF	-20...+80%	3,2
Белый	5,6	100nF	± 10%	63

Пример
обозначения

4,7 мкФ
±10%, 6,3 В

* 20 В и 30 В — старое
обозначение
* 25 В и 32 В — новое
обозначение

1,2 мкФ
±10%, 16 В

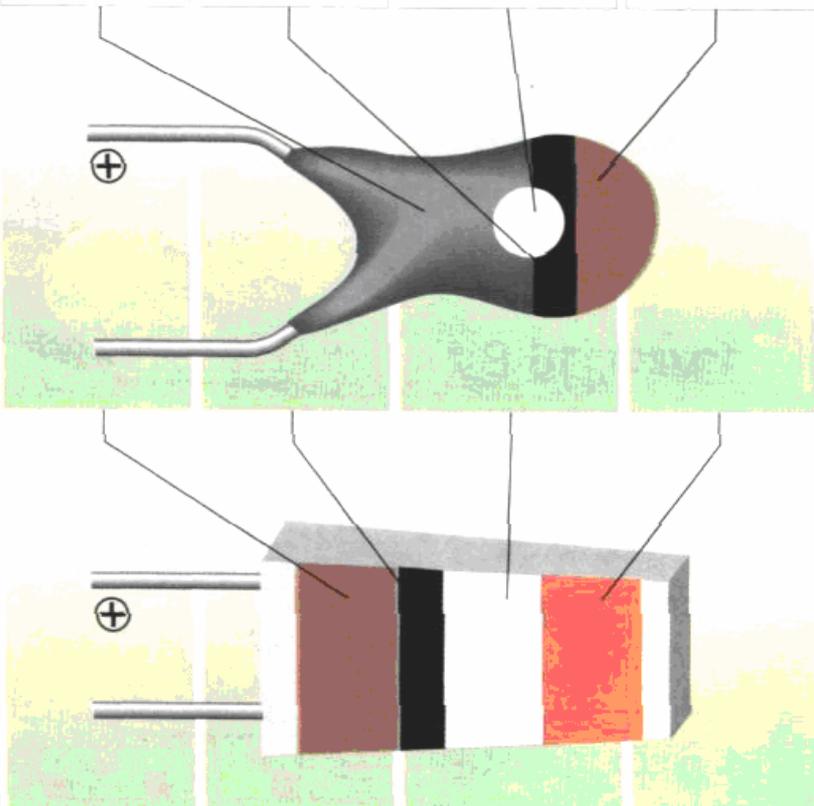


Рисунок 6- Конденсаторы электролитические

Цвет полосы (точки)	Напряжение, В	Номинал	Множитель	Допуск
Золотой	1,6	82		
Серебряный	2,5	68		
Черный	4	10	1pF	± 20%
Коричневый	6,3	12	10pF	
Красный	10	15	100pF	
Оранжевый	16	18	1nF	
Желтый	40	22	10nF	
Зеленый	20/25	27	100nF	
Голубой	30/32	33	1μF	
Фиолетовый		39	10μF	-20...+50%
Серый	3,2	47	0,01pF	-20...+80%
Белый	63	56	0,1pF	± 10%

Пример обозначения	
6,8 мкФ -20...+80%, 16 В	
4,7 мкФ, 10 В	

Рисунок 7- Конденсаторы электролитические танталовые

Цвет полосы (точки)	1-й элемент	2-й элемент	Множитель	Допуск	Напряжение, В
Золотой					
Серебряный					
Черный		0		$\pm 20\%$	
Коричневый	1	1	10pF		
Красный	2	2	100pF		250 В
Оранжевый	3	3	1nF		
Желтый	4	4	10nF		400 В
Зеленый	5	5	100nF		
Голубой	6	6			
Фиолетовый	7	7			
Серый	8	8			
Белый	9	9		$\pm 10\%$	

Пример
обозначения

47 нФ $\pm 10\%$
400 В

560 пФ $\pm 10\%$

Рисунок 8- Конденсаторы высоковольтные

Конденсаторы. Цветовая маркировка						
Цвет полосы	1-й элемент	2-й элемент	3-й элемент	Множитель	Допуск	ТКЕ
Золотой				0,01pF	± 5%	Корпус оранжевый
Серебряный				0,1pF	± 10%	
Черный		0	0	1pF	± 20%	МПО H10
Коричневый	1	1	1	10pF	± 1%	M33
Красный	2	2	2	100pF	± 2%	M75 H20
Оранжевый	3	3	3	1nF		M150
Желтый	4	4	4	10nF		M220
Зеленый	5	5	5	100nF	± 0,5%	M330 H30
Голубой	6	6	6	1μF	± 0,25%	M470 H50
Фиолетовый	7	7	7	10μF	± 0,1%	M750 H70
Серый	8	8	8	0,01mF	± 0,05%	
Белый	9	9	9	0,1mF		H90

Пример обозначения	
2 пФ ± 2%, M33	
18 пФ ± 5%, МПО	
22 нФ, H90	
0,1 мкФ	

Рисунок 9- Цветовая маркировка конденсаторов

Цвет полосы	ТКЕ	Пример обозначения	
Красный + Фиолетовый	П100		
Серый	П33		
Черный	МПО		
Коричневый	М33		
Красный	М75		
Оранжевый	М150		
Желтый	М220		
Зеленый	М330		
Голубой	М470		
Фиолетовый	М750		
Оранжевый + оранжевый	М1500		
Желтый + оранжевый	М2200		
		27 пФ, П100	10 нФ, М330
		100 пФ, М1500	4,7 пФ, М75

Рисунок 10- Цветовая маркировка ТКЕ конденсаторов

1.3 Виды соединения конденсаторов

При отсутствии в ассортименте конденсаторов с требуемой номинальной емкостью используются конденсаторы с другими номинальными емкостями, соединенные определенным образом для обеспечения необходимой эквивалентной емкости.

На практике применяется параллельное и последовательное соединение конденсаторов.

При **параллельном соединении** конденсаторов, показанном на рисунке 11, эквивалентная емкость равна сумме емкостей соединяемых конденсаторов:

$$C_{\text{общ}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n. \quad (4)$$

Таким образом, если требуется емкость 5 мкФ, то можно использовать два конденсатора, например по 2 мкФ и 3 мкФ, соединенных параллельно.

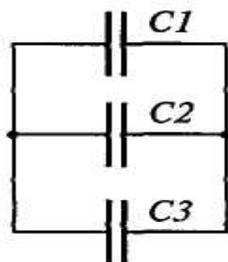


Рисунок 11 - Параллельное соединение конденсаторов

Необходимо учитывать, что номинальное напряжение в этом случае будет равно наименьшему из двух номинальных рабочих напряжений обоих конденсаторов. Если требуется конденсатор с емкостью меньшей, чем есть в ассортименте, то необходимо использовать **последовательное соединение** конденсаторов, показанное на рисунке 12.

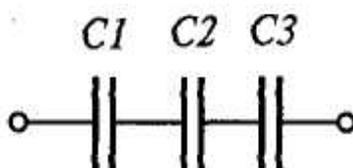


Рисунок 12 - Последовательное соединение конденсаторов

Так, например, если требуется емкость 0,5 мкФ, то можно использовать два последовательно соединенных конденсатора по 1 мкФ. Необходимо учитывать, что номинальное рабочее напряжение последовательно соединенных конденсаторов определяется конденсатором с минимальным допустимым напряжением. Токи утечки через конденсаторы могут привести к тому, что именно на этом конденсаторе будет приложено все напряжение, подаваемое на последовательную цепочку. Емкость двух последовательно соединенных конденсаторов вычисляется по формуле

$$C = C_1 C_2 / C_1 + C_2 \quad (5)$$

Общая емкость более чем двух конденсаторов определяется по формуле

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + \dots \quad (6)$$

1.4 Характеристики конденсаторов различных типов

Электролитические конденсаторы, показанные на рисунке 13, имеют две обкладки. Одна из них (анод) выполнена из фольги или в виде таблетки из специальных материалов, а другая (катод) представляет собой жидкий электролит или твердый полупроводник. В качестве диэлектрика используется оксидная тонкая пленка, электрохимически создаваемая на аноде.

Преимуществом электролитических конденсаторов по сравнению с конденсаторами других типов является большая удельная емкость, а недостатком — значительное ее снижение при низкой температуре и увеличение тока утечки при высокой температуре.

Электролитические конденсаторы подразделяются на *полярные*, работающие только в цепях с постоянным или пульсирующим

напряжением, и *неполярные*, используемые в цепях переменного тока.

Работоспособность полярных конденсаторов обеспечивается при условии, что на их положительный электрод (анод) подается положительный потенциал источника. Если полярность подключения источника нарушается, может произойти пробой, приводящий к выходу конденсатора из строя (иногда сопровождается взрывом). Электролитические конденсаторы выпускаются емкостью от десятых долей микрофарады до нескольких тысяч микрофарад с рабочим напряжением от 3 В до 500 В.

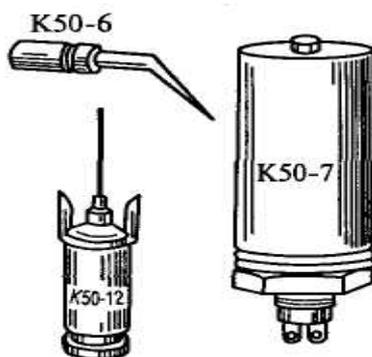


Рисунок 13 - Электролитические конденсаторы

По конструкции, виду обкладок и диэлектрика различают три типа электролитических конденсаторов: *алюминиевые (сухие)*, обкладки которых изготавливаются из алюминиевой фольги, а диэлектрик — из бумажных или тканевых прокладок, пропитанных электролитом; *танталовые (жидкие)* с таблеточным танталовым анодом, поверхность которого покрыта оксидной пленкой диэлектрика, и с жидким электролитом в качестве катода; *оксидно-полупроводниковые (твердые)* с таблеточным танталовым или алюминиевым анодом и нанесенной пленкой диэлектрика, электролитом служит полупроводник (двуоксид марганца), наносимый на оксидную пленку анода.

Исправность электролитического конденсатора большой емкости проверяется с помощью омметра, при этом при переполюсовке подключения прибора должны отмечаться заметные выбросы тока перезарядки конденсатора.

Электролитические конденсаторы запрещается использовать для работы в цепи переменного тока. К корпусу конденсатора обычно подводится электрод с отрицательной полярностью напряжения, а к центральному выводу — с положительной. В конденсаторах типа K50-6, K50-1 а также в аналогичных по конструкции производится маркировка положительного электрода знаком «+».

Бумажные и металобумажные конденсаторы показаны на рисунке 14.

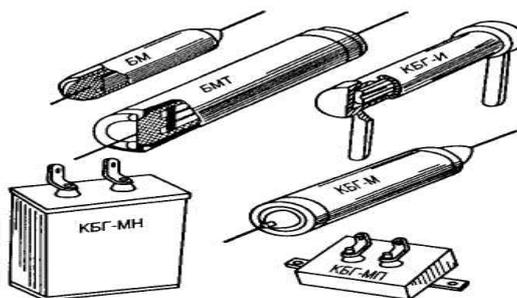


Рисунок 14 - Бумажные и металлобумажные конденсаторы

Бумажные конденсаторы выполняются из мотка металлической фольги, перевитой специальной конденсаторной бумажной лентой, служащей диэлектриком. В металлобумажных конденсаторах в качестве диэлектрика применяют конденсаторную бумагу с односторонней металлизацией.

В связи с большой собственной индуктивностью и относительно большим током утечки бумажные конденсаторы не применяются в высокочастотных цепях и в колебательных контурах. Преимуществами бумажных конденсаторов являются высокое рабочее напряжение (до 600 В) переменного тока и большой диапазон номинальных емкостей (от 0,047 мкФ до 10 мкФ с допуском $\pm 10\%$).

Пленочные конденсаторы представлены на рисунке 15. Диэлектриком в таких конденсаторах служит полистироловая пленка. Пленочные конденсаторы имеют марки ПМ, ПМ-1 и ПМ-2 и по внешнему виду напоминают конденсаторы марки БМ. Рассчитаны на напряжение 60 В. Внутренние потери в полистироловых конденсаторах значительно ниже, чем в бумажных, поэтому их применяют в высокочастотных цепях.

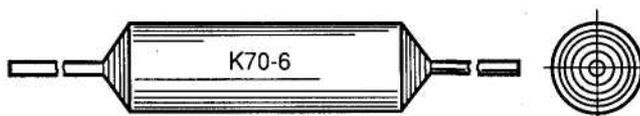
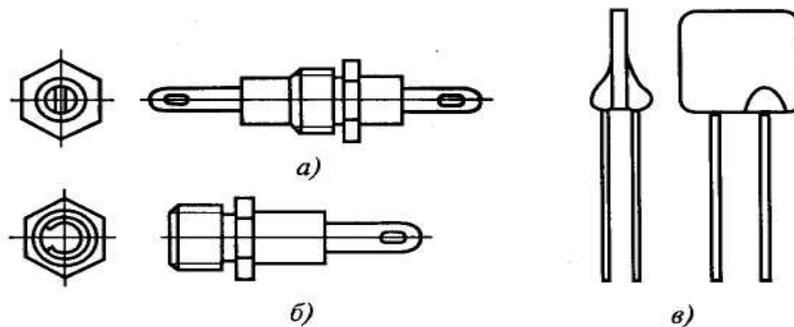


Рисунок 15 - Пленочные конденсаторы

Керамические конденсаторы представлены на рисунке 16, а, б, в) имеют керамический диэлектрик. В зависимости от электрических свойств керамики конденсаторы могут быть высокочастотными, низкочастотными, термостабильными и с относительно большими диэлектрическими потерями ($\text{tg}\delta < 0,04$) и высокой термокомпенсацией.



a — проходной трубчатый КТП; *б* — опорный КДО; *в* — пластинчатый К10-7

Рисунок 16 - Керамические конденсаторы

Высокочастотная керамика (тиконд и др.) обладает малыми диэлектрическими потерями ($\operatorname{tg} \delta < 0,001$) и невысокой диэлектрической проницаемостью (от 12 до 1500). Низкочастотная керамика характеризуется диэлектрической проницаемостью (от 1000 до 8000).

В слюдяных конденсаторах в качестве диэлектрика используют природный материал — слюду, обладающую высокими механической и электрической прочностью и относительно высокой диэлектрической проницаемостью. Промышленностью выпускаются слюдяные конденсаторы постоянной емкости КСО, представленные на рисунке 17, *a* и КСОТ, опрессованные пластмассой, а также герметизированные СГМ и СГМЗ, представленные на рисунке 17, *б* в керамическом корпусе или КСГ, представленные на рисунке 17, *в* и ССГ в металлическом корпусе.

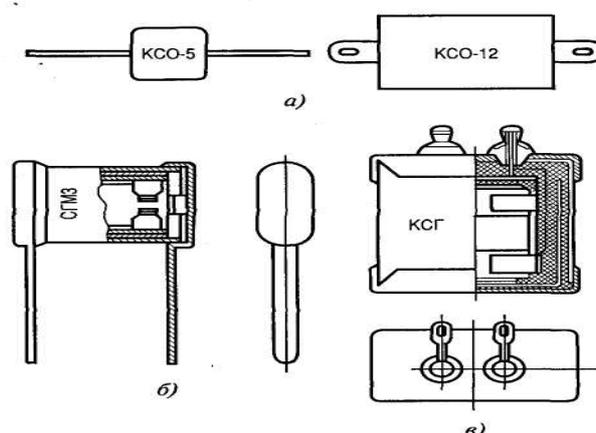


Рисунок 17 - Слюдяные конденсаторы

Слюдяные опрессованные конденсаторы КСО применяются для работы в цепях постоянного и переменного токов, а также в импульсных режимах в диапазоне рабочих температур от $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$

Теплостойкие слюдяные опрессованные конденсаторы КСОТ

используются в диапазоне рабочих температур от минус 60 °С до плюс 155 °С.

Герметизированные слюдяные конденсаторы КСГ, ССГ, СГМ и СГМЗ применяются для работы в условиях повышенной влажности и пониженного атмосферного давления в диапазоне рабочих температур от минус 60 °С до плюс 80 °С. Они имеют широкие диапазоны номинальных напряжений (от 25 В до 1500 В) и емкостей (от 51 пФ до 100 000 пФ)

Подстроенные конденсаторы снабжены подвижной системой. Как и у конденсаторов переменной емкости, управление емкостью подстроечных конденсаторов осуществляется регулированием величины площади взаимного перекрытия обкладок, как показано на рисунке 18.



Рисунок 18 - Конструкция подстроечных конденсаторов

Как видно из рисунка 18, при повороте подвижной обкладки происходит изменение площади перекрытия, а вместе с ней и емкости конденсатора.

Подстроечные конденсаторы применяются в схемах колебательных контуров, где требуется точная установка резонансной частоты настройки. Номинальная емкость таких конденсаторов не превышает нескольких сотен пикофард.

Конденсаторы переменной емкости (КПЕ) предназначены для перестройки частоты входных и гетеродинных контуров в радиоприемниках. На одном вале размещаются, как правило, роторы двух или трех переменных конденсаторов. В высококлассной радиоприемной аппаратуре применяются КПЕ с воздушным зазором между обкладками.

В малогабаритных приемниках используются двухсекционные КПЕ с твердым диэлектриком. Число пластин ротора и статора в каждой секции составляет от 10 до 15 штук. Это позволяет во много раз увеличить диапазоны регулировки между минимальными и максимальными значениями. На рисунке 19 показаны переменные (КПК-М) и подстроечные (КТ4-2, КТ4-23) конденсаторы.

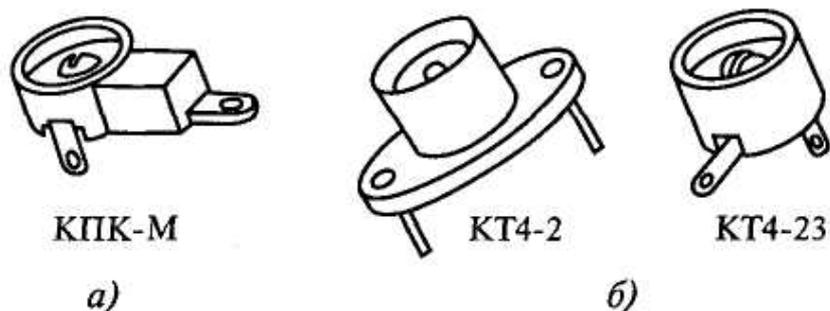


Рисунок 19 - Переменные (а) и подстроенные(б) конденсаторы

1.5 Требования, предъявляемые к монтажу и креплению конденсаторов

Монтаж и крепление конденсаторов должны обеспечивать необходимую механическую прочность, надежный электрический контакт и исключать возможность появления резонансных явлений во время воздействия вибрационных нагрузок.

Крепление конденсаторов к шасси, панелям и платам аппаратуры в зависимости от их конструкции должно производиться за крепежные устройства (фланцы, резьбовые соединения) с помощью скоб, хомутов, заклепок или посредством приклейки, заливки и пайки за выводы. Крепежные приспособления не должны повреждать корпус и защитные покрытия конденсаторов, а также мешать отводу теплоты от них. Запрещается использовать лепестковые выводы конденсаторов для припайки к ним других деталей.

Крепления вакуумных конденсаторов, являющиеся одновременно контактными устройствами, должны выполняться из материалов с высокой теплопроводностью и обеспечивать хороший тепловой и электрический контакт с выводами конденсаторов. Поверхности креплений, сопрягаемые с выводами конденсаторов, должны иметь серебряное покрытие. Крепление конденсаторов при установке в аппаратуру должно осуществляться без перекосов, так как они способствуют появлению механического напряжения в баллоне и могут привести к нарушению герметичности и выходу конденсатора из строя.

Выводы наружных электродов конденсаторов следует подсоединять к низкопотенциальной точке устройства или заземлять. Вывод подвижного электрода конденсаторов переменной емкости рекомендуется заземлять. При сопряжении регулировочного винта конденсатора переменной емкости с выводом привода должна обеспечиваться их соосность. При необходимости следует использовать их гибкое соединение.

Контакт выводов конденсаторов с другими элементами осуществляется обычно пайкой или сваркой. Пайка должна производиться бескислотными флюсами, при этом не должен происходить опасный перегрев выводных узлов конденсатора. Допускается пайка выводов на меньших расстояниях от корпуса,

чем указано в нормативной документации, при условии защиты контактного узла от перегрева и повреждений с помощью термоэкранов и теплоотводов. Разрешается также одноразовый изгиб проволочных и лепестковых выводов конденсаторов при наличии защиты контактного узла от повреждений в момент изгиба. Радиус изгиба выводов должен составлять не менее 1,5 диаметра проволочного вывода или 1,5 толщины ленточного вывода.

При монтаже неполярных конденсаторов с оксидным диэлектриком должна быть обеспечена изоляция их корпуса от других элементов и шасси, а также изоляция элементов друг от друга.

При плотном монтаже конденсаторов для обеспечения изоляции корпусов допускается надевать на них изолирующие трубки. При этом изолирующие трубки (кольца, прокладки) не должны нарушать покрытия конденсаторов, ухудшать электрические характеристики и вызывать перегрев конденсаторов сверх допустимой нормы.

Допускается вертикальная установка малогабаритных конденсаторов на печатных платах, при этом оксидные конденсаторы с разнонаправленными выводами должны устанавливаться на плату отрицательным выводом вниз. При толщине печатной платы не менее от 2,5 мм до 3 мм возможна установка на нее конденсаторов без зазора. В случае воздействия механических нагрузок при вертикальном монтаже после пайки должна производиться заливка конденсатора компаундом на высоту не менее 3 мм от его нижнего основания.

Следует соблюдать особую осторожность при установке конденсаторов в микросхемы, микросборки и на малогабаритные печатные платы.

Для работы в составе гибридных интегральных микросхем предназначены специальные типы безвыводных конденсаторов (КМ, К10-9, К10-9М, К10-17, К10-27, К10-28, К10-42, К10-43, К10-45, К10-47, К10-49, К10-50, К10-52, К21-5, К21-8, К21-9, К22У-1, К22-4, КТ4-27, К53-15, К53-15А, К52-16А, К53-22, К53-25, К53-26). Кроме того, для работы совместно с микросхемами и микросборками могут быть использованы и другие типы конденсаторов, соизмеримые с ними по габаритным размерам.

Монтаж конденсаторов безвыводного типа осуществляется пайкой к плате за контактные площадки или с помощью проволочных выводов диаметром не более 0,15 мм. В последнем случае конденсаторы должны приклеиваться к плате или заливаться эпоксидным компаундом. Перед пайкой безвыводные конденсаторы следует нагревать. При монтаже на плате распайкой за контактные поверхности необходимо использовать жесткую плату, чтобы исключить коробление при сборке к эксплуатации. Расстояние между контактными площадками на плате должно быть таким, чтобы нижние поверхности конденсатора лежали на контактных площадках платы. При установке конденсаторов на плату перекосы не допускаются. Для пайки следует использовать паяльник мощностью не более 25 Вт. Время пайки не должно превышать 3 с.

При установке подстроечных конденсаторов на металлическую плату или шасси следует заземлять, если это возможно, роторную обкладку, связанную с регулировочным винтом, или соединять с такой точкой схемы,

чтобы исключалось влияние паразитной емкости при регулировке.

Клеи, компаунды, лаки и другие материалы, используемые для приклеивания, заливки и дополнительной защиты конденсаторов от влаги, должны обеспечивать хорошую теплопроводность, адгезию, высокую электрическую прочность, а также не должны нарушать защитных покрытий конденсаторов и ухудшать их характеристики.

Погружение подстроечных конденсаторов в моечные составы, а также покрытие их защитными компаундами, лаками и другими материалами без дополнительной защиты от попадания указанных составов и материалов внутрь конденсаторов не допускается.

1.6 Неисправности конденсаторов

Конденсаторы, как и резисторы, являются массовыми пассивными электрорадиоэлементами в схемах РЭА. На долю конденсаторов приходится значительное число неисправностей, причем их нахождение бывает достаточно сложным. Основными неисправностями конденсаторов постоянной емкости являются пробой (обрыв) и снижение емкости.

Значительное снижение сопротивления утечки оксидных конденсаторов приводит к нарушению режимов работы транзисторов и микросхем, к которым они подключены. Сложность обнаружения этой неисправности состоит в том, что она может проявляться под напряжением при работающем устройстве.

Снижение емкости конденсаторов в сглаживающих фильтрах приводит к увеличению пульсации выпрямленного напряжения. Изменение емкости конденсаторов в контурах неизбежно приводит к изменению АЧХ, а иногда и к самовозбуждению каскадов. Обрывы в разделительных конденсаторах вообще приводят к потере электрического сигнала.

Обрыв в конденсаторе постоянной емкости можно определить с помощью осциллографа. Если сигнальный и заземляющий щуп осциллографа соединить через работоспособный конденсатор, наводка должна либо уменьшиться, либо вообще исчезнуть. Обрыв можно также определить, если подключить генератор к осциллографу через проверяемый конденсатор. Отсутствие электрического сигнала на экране электронно-лучевой трубке, указывает на то, что конденсатор неисправен.

Электролитические конденсаторы на отсутствие обрыва можно проверить следующим способом. Соблюдая полярность омметра, подключить его к проверяемому конденсатору. При исправном элементе в первый момент стрелка должна быстро отклониться вправо (в сторону малых сопротивлений), а затем медленно возвратиться влево (в сторону больших сопротивлений).

Обрыв в конденсаторе можно определить также, если подключить его к источнику постоянного напряжения. При этом должен раздаться характерный щелчок, а у его выводов проскочить небольшая искра.

Дополнительными признаками неисправности оксидных конденсаторов является вздутие корпуса, вытекание электролита, нагрев при работе и т.п.

1.7 Контрольные вопросы

- 1) Какие виды конденсаторов выпускаются промышленностью?
- 2) Достоинства и недостатки электролитических конденсаторов?
- 3) Допускается ли изгиб выводов конденсаторов непосредственно вблизи корпуса прибора?
- 4) Назовите основные параметры конденсаторов.
- 5) Условные обозначения конденсаторов?
- 6) Соединения конденсаторов?
- 7) Достоинства и недостатки различных типов конденсаторов?

2 Практическая часть работы

Тема работы: Конденсаторы

Цель работы: Ознакомиться с классификацией, основными параметрами, обозначением, маркировкой, видами соединения и возможными неисправностями конденсаторов

2.1 Оборудование:

- 1) набор постоянных конденсаторов;
- 2) набор переменных конденсаторов;
- 3) справочные пособия.
- 4) измерительные приборы

2.2 Содержание отчёта:

- 1) тема работы;
- 2) цель работы;
- 3) оборудование;
- 4) эскизы постоянных и переменных конденсаторов;
- 5) ответы на контрольные вопросы.

2.3 Порядок выполнения работы:

- 1) ознакомиться с теоретическим материалом о конденсаторах;
- 2) зарисовать различные виды конденсаторов из набора;
- 3) научиться с помощью справочников определять по маркировке виды и параметры конденсаторов;
- 4) научиться с помощью измерительных приборов определять исправность элементов
- 5) оформить отчет и защитить работу.

Список использованных источников

- 1 **Аксёнов, А.И.** Элементы схем бытовой радиоаппаратуры. Конденсаторы. Резисторы: справочник / А.И.Аксёнов, А.В.Нефёдов -- М.: Радио и связь, 2005.-240 с.
- 2 **Аксёнов, А.И.** Резисторы. Конденсаторы: справочное пособие./ А.И.Аксёнов, А.В. Нефёдов - М.: Солон-Р, 2003.- 240 с.
- 3 **Миссюль, П.И.** Техническое обслуживание и ремонт бытовой радиоаппаратуры. / П.И. Миссюль-Минск.: Выш.шк., 2003. - 320с: ил.
- 4 **Хабаров, Б.П.** Техническая диагностика и ремонт бытовой радиоэлектронной аппаратуры: учебное пособие / Б.П. Хабаров, Г.В.Куликов, А.А. Парамонов, под общей редакцией Г.В. Куликова. - М.-Горячая линия-Телеком, 2004 - 376 с: ил
- 5 **Ярочкина, Г.В.** Радиоэлектронная аппаратура и приборы. Монтаж и регулировка. / Г.В. Ярочкина- М.: Издательский центр «Академия», 2004. -240с.