

# Конденсаторы

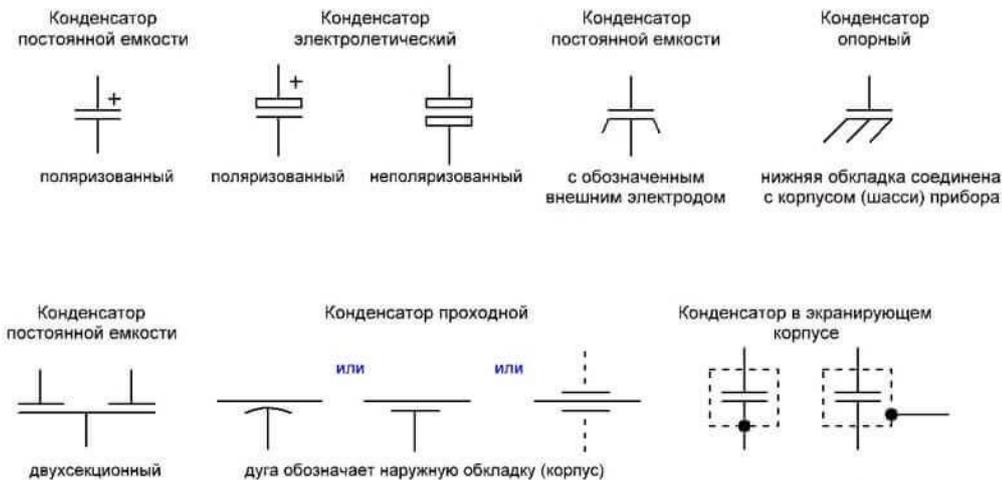
В электротехнике и электронике кроме [резистора](#) есть ряд других пассивных компонентов. Один из них – конденсатор. Его используют в фильтрах, как накопитель энергии в источниках питания, как компенсатор реактивной мощности, а также в других сферах. В этой статье мы рассмотрим, как работает конденсатор и что это такое вообще.

## Определение

Слово конденсатор происходит от латинского «condensatio», что переводится как «накопление». В физике этот термин употребляется для описания целой ниши электротехнических изделий, назначение которых работать как накопитель энергии. Количество накопленной энергии зависит от ёмкости и квадрата напряжения на его обкладках, поделенное на 2. При этом ток через него протекает только в процессе заряда. Но обо всем по порядку.

$$E=(CU^2)/2$$

Если сказать по-простому, то конденсатор – это устройство способное накапливать энергию в [электрическом поле](#). В простейшем варианте состоит из двух проводников (обкладок), разделённых диэлектриком. На рисунке ниже вы видите упрощённую схему внешнего устройства плоского конденсатора. Условное обозначение на схеме представляет собой 2 черты высотой в 8 мм, на расстоянии в 1,5 мм друг от друга.



## Принцип работы

Теперь, когда мы знаем, как обозначается данный элемент на схемах, нужно рассмотреть принцип работы конденсатора. Когда обкладки конденсатора подключают к источнику питания, электрические заряды от положительного и отрицательного зажима ИП устремляются к обкладкам, скапливаясь на них.

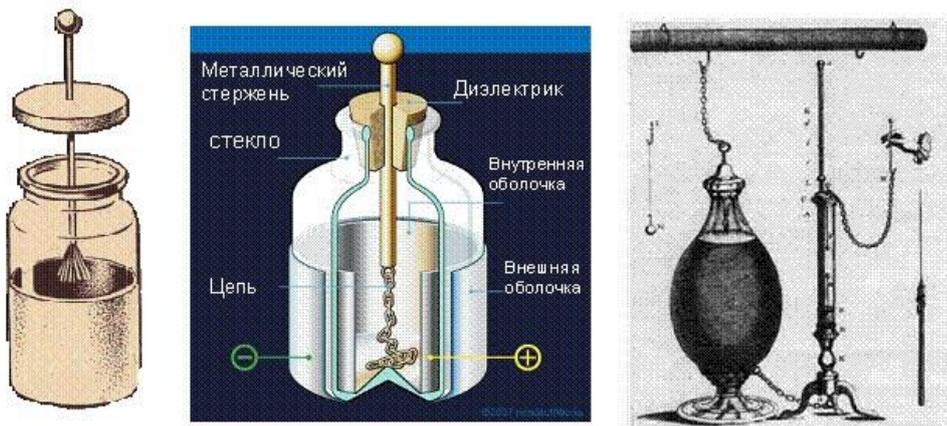
Электрический ток прерывается после заряда конденсатора до номинальной ёмкости, так как между обкладками находится слой диэлектрика он не может протекать постоянно. Когда источник питания отключат, на конденсаторе останутся заряды, а значит и останется напряжение на его выводах.

Заряды, скопившиеся на каждой из обкладок, противоположны. Соответственно та обкладка, что была подключена к плюсовому выводу источника питания – заряжена положительно, а та, что к

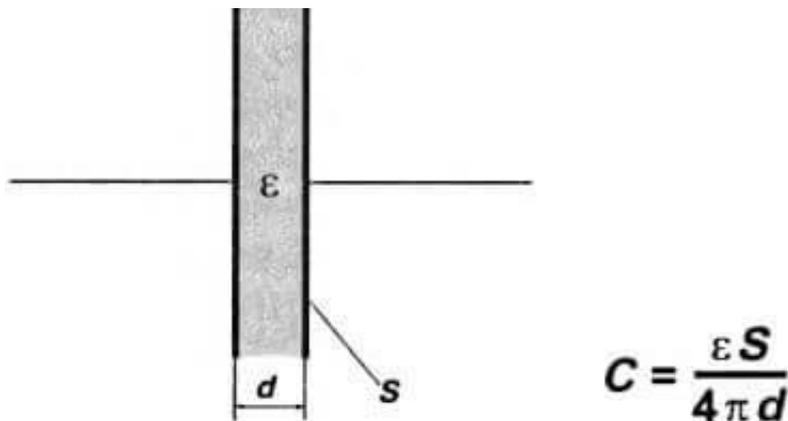
минусовому – отрицательно. Принцип работы этого изделия основан на притяжении разноименных зарядов в электрической цепи.

Простыми словами конденсатор сохранит ту энергию, которая была передана от источника питания – в этом и кроется его назначение. Однако на практике есть разнообразные потери и утечки.

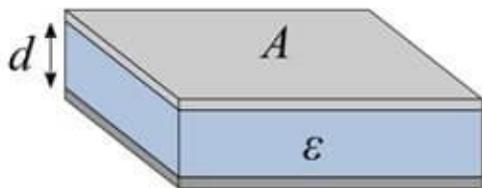
**Интересно!** Лейденская банка – это прообраз современных конденсаторов, родившийся на свет в 1745 году. Это устройство было способно накапливать энергию и извлекать искры при замыкании его обкладок. Внешний вид и конструкцию вы видите ниже.



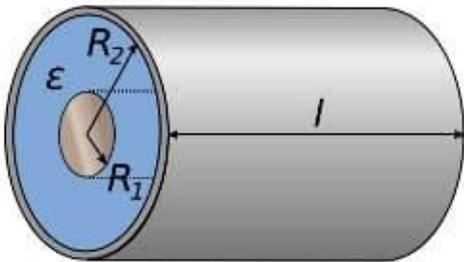
А на рисунке ниже вы видите конструкцию простейшего плоского конденсатора – две обкладки, разделенные диэлектриком:



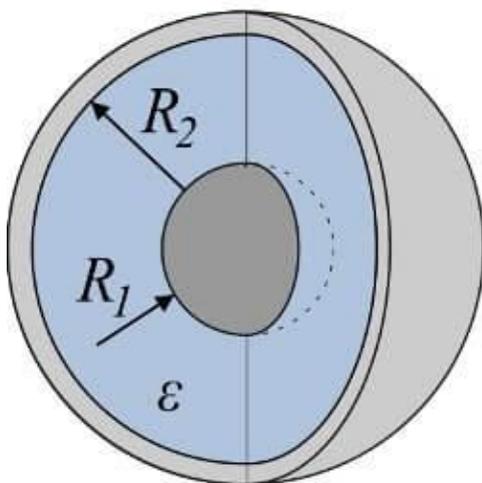
Так как ёмкость прямо пропорциональна площади обкладок и обратно пропорциональна расстоянию между ними – то чтобы увеличить ёмкость, инженеры разработали ряд других форм конденсаторов. Например, свёрнутые в спираль обкладки – так их площадь становилась во много раз больше при тех же габаритных размерах, а также цилиндрические и сферические решения.



Плоский конденсатор

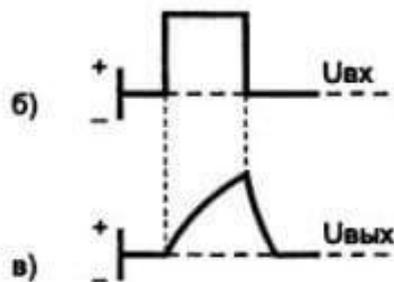
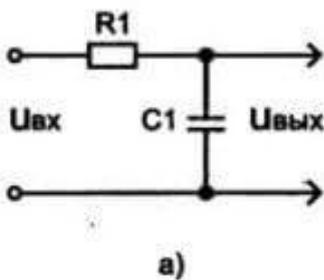


Цилиндрический конденсатор



Сферический конденсатор

Один из законов коммутации гласит, что напряжение на обкладках конденсатора не может измениться скачком, что и иллюстрирует следующая миниатюра.



### Виды

Классификация конденсаторов может происходить по различным критериям.

По постоянству ёмкости:

- Постоянные.
- Переменные. Их ёмкость может изменяться либо вручную оператором (пользователем) устройства, либо под воздействием напряжения (как в варикапах и варикондах).

По полярности прикладываемого напряжения:

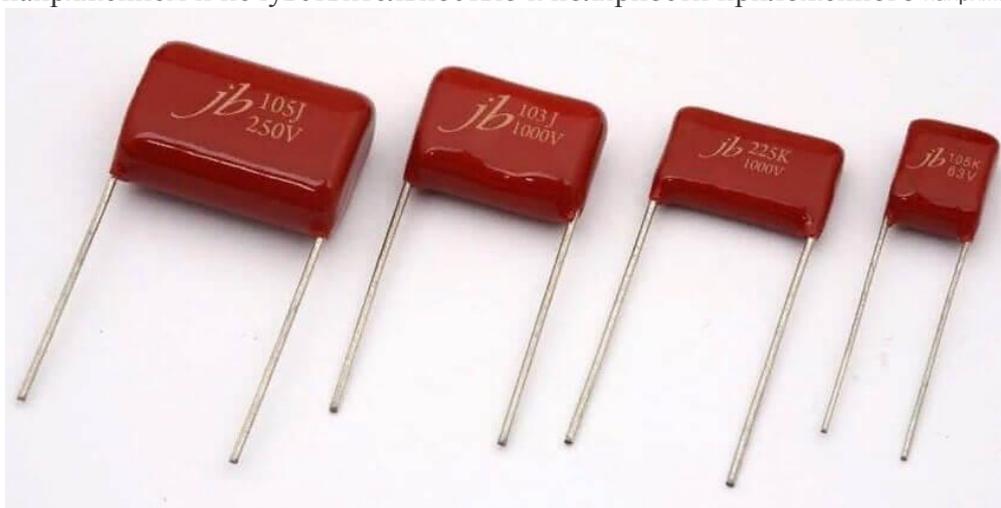
- **Неполярные** – могут работать в цепях переменного тока.
- **Полярные** – при подключении напряжения неправильной полярности выходят из строя.

В зависимости от того, где используются эти компоненты, различают разные варианты по материалу:

- Бумажные и металлобумажные – это привычные многим, распространённые в советское время конденсаторы в виде прямоугольных кирпичиков с маркировкой наподобие «МБГЧ». Внешний вид этого вида конденсаторов вы видите ниже. Они неполярные.



- **Керамические** – ими часто фильтруют высокочастотные помехи, а относительная диэлектрическая проницаемость позволяет делать многослойные компоненты с ёмкостью сопоставимой электролитам (дорого), не чувствительны к полярности.
- **Плёночные** – распространены в виде коричневых подушечек, недорогие, используются повсеместно. Характерны малым током утечки, небольшой ёмкостью, высоким рабочим напряжением и нечувствительностью к полярности приложенного напряжения.



- С воздушным диэлектриком. Лучший пример такого элемента – подстроечный конденсатор резонансного контура из радиоприёмника, ёмкость таких элементов невелика, но удобно

реализовать её изменение.



- **Электролитические** – это элементы в виде бочонков, их устанавливают чаще всего в качестве фильтра сетевых пульсаций в БП. Конструкция и принцип действия позволяют получить большую ёмкость при небольших размерах, но со временем могут высыхать, терять ёмкость или вздуться. Как выглядят в исправном состоянии эти изделия вы видите ниже. В качестве диэлектрика используют тонкий слой оксида металла. Если в БП используют конденсаторы с диэлектриком из  $Al_2O_3$  – т.н. «алюминиевые электролиты», то для работы в высокочастотных цепях – используют танталовые ( $Ta_2O_5$  — они также относятся к электролитам) конденсаторы, потому что у них меньший ток утечки, большая устойчивость к внешним воздействиям в отличие от предыдущих, алюминиевых.



- **Полимерные** – способны выдерживать большие импульсные токи, работать при низких температурах

### Основные технические характеристики

Если вы ремонтируете или разрабатываете электронное устройство, вам понадобится подбирать подходящий конденсатор для замены вышедшего из строя. А для этого нужно ознакомиться с

основными техническими характеристиками конденсатора, от которых зависит его работа в электрической цепи.

Номинальная емкость. Характеризует основное назначение компонента — какой заряд он может запасать. Основная характеристика измеряется в фарадах [Ф]. Однако такая единица измерения слишком большая, поэтому используют доли:

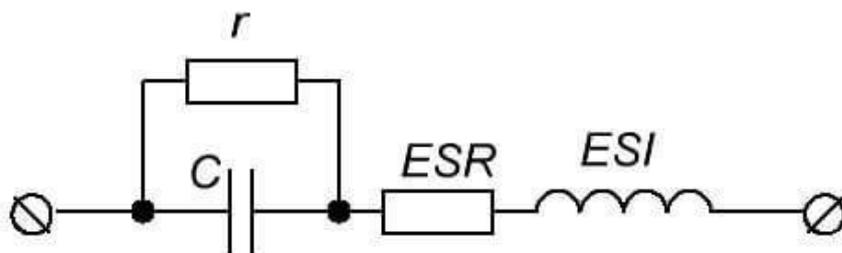
- Миллифарады, мФ – 0,001 Ф ( $10^{-3}$ );
- Микрофарады, мкФ – 0,000 001 Ф ( $10^{-6}$ );
- Нанофарады, нФ – 0,000 000 001 Ф ( $10^{-9}$ );
- Пикофарады, пФ – 0,000 000 000 001 Ф ( $10^{-12}$ ).

Номинальное напряжение — это такое напряжение, до которого конденсатор может гарантировано работать в нормальном режиме. При превышении этого значения с большой долей вероятности происходит пробой диэлектрика. Может быть от единиц вольт (для электролитов) и до тысяч вольт (плёнка и керамика). При ремонте эта величина должна быть не ниже, чем у вышедшего из строя, выше – можно!

Допуск отклонения — насколько реальная ёмкость может отличаться от заявленной номинальной. Может достигать 20-30%, но есть и высокоточные модели с допуском до 1% — для применения в цепях, где требуется особая точность.

Температурный коэффициент емкости — этот параметр важен для электролитов. У алюминиевых конденсаторов при понижении температуры понижается ёмкость и увеличивается удельное электрическое сопротивление (в англ. ESR)

**ESR** – эквивалентное последовательное сопротивление, также важен для электролитов. Простым языком – чем он больше, тем хуже. У вздувшихся кондёров ESR повышается.



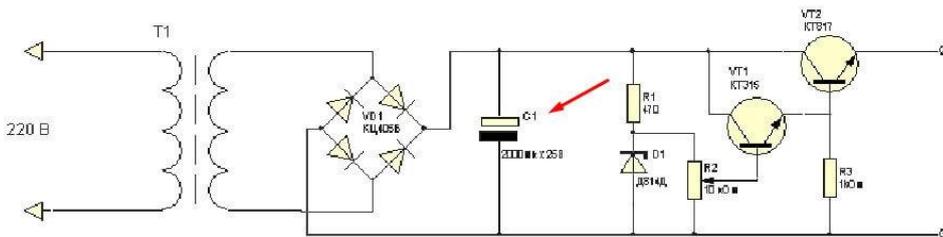
В таблице ниже вы видите допустимые значения ESR для различных номинальных емкостей и напряжений.

Номинал, мкФ	Напряжение, В						
	10	16	25	35	63	100	250
1 мкФ				14	16	18	20
2,2 мкФ			6	8	10	10	10
4,7 мкФ			15	7,5	4,2	2,3	5
10 мкФ		8	5,3	3,2	2,4	3,0	2,5
22 мкФ	5,4	3,6	2,1	1,5	1,5	1,5	1
47 мкФ	2,2	1,6	1,2	0,68	0,56	0,7	0,8
100 мкФ	1,2	0,7	0,32	0,32	0,3	0,15	0,8
220 мкФ	0,6	0,33	0,23	0,17	0,16	0,09	0,5
470 мкФ	0,24	0,18	0,12	0,09	0,09	0,05	0,3
1000 мкФ	0,12	0,09	0,08	0,07	0,05	0,05	
4700 мкФ	0,23	0,2	0,12	0,08	0,04		
10000 мкФ	0,12	0,08	0,06	0,04			

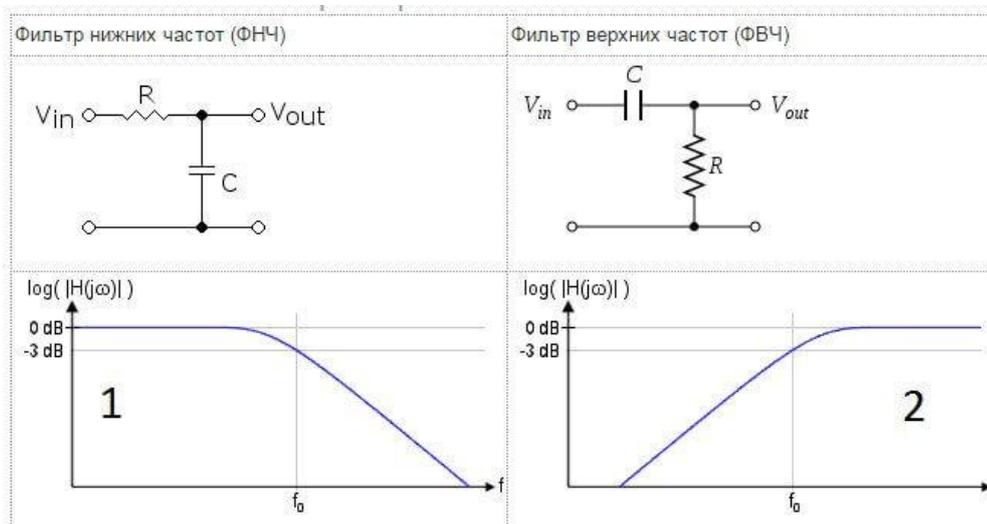
### Где и для чего применяются

Всё же ответим на вопрос «для чего предназначен конденсатор?» с практической точки зрения. Для этого рассмотрим несколько схем.

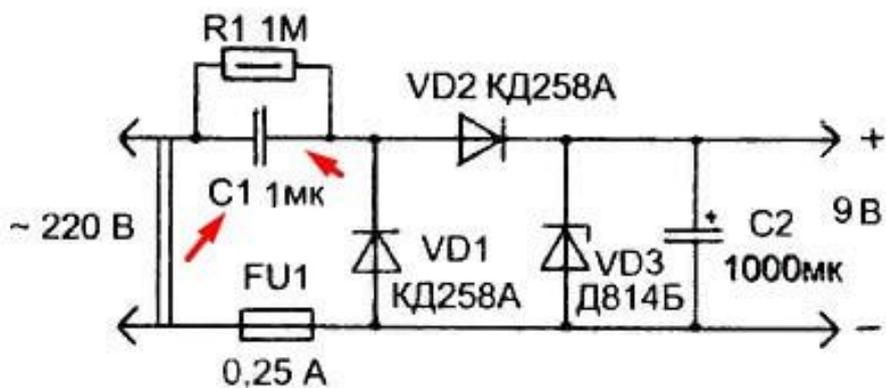
Самое широкое применение электролитические конденсаторы нашли в качестве уже не раз упомянутого фильтра сетевых пульсаций в блоках питания. На схеме ниже изображено, где именно устанавливается электролит. Чем больше нагрузка – тем большая ёмкость электролита нужна для сглаживания пульсаций.



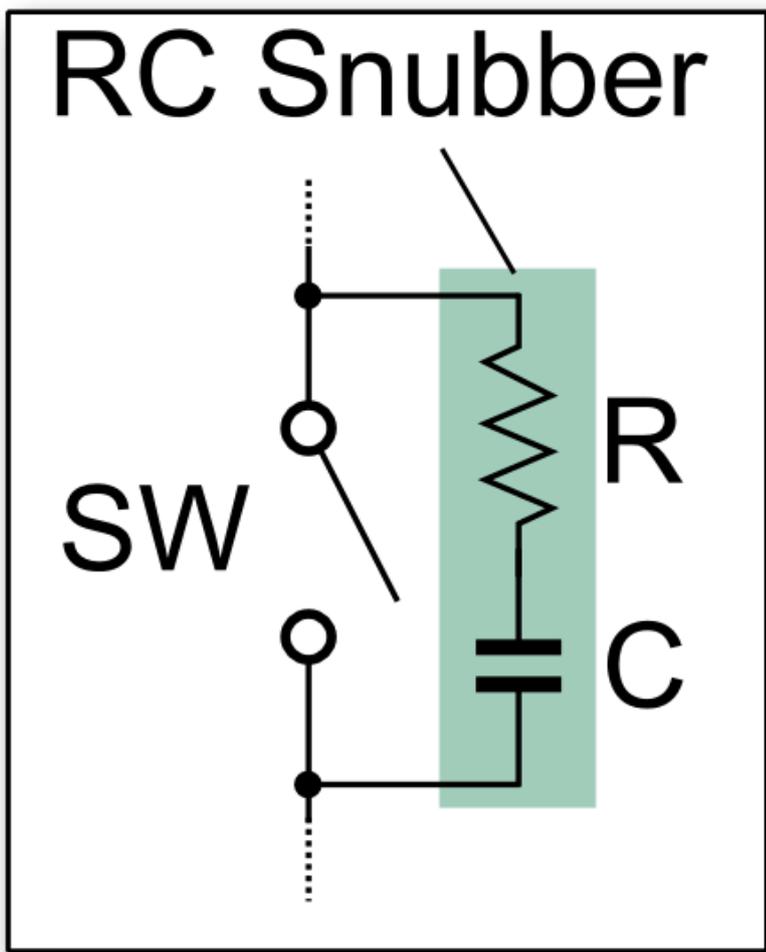
Следующее место, где применяются конденсаторы – это фильтры высоких и низких частот. Ниже на схеме приведены типовые включения. Таким образом в акустических системах разводят басы, средние и высокие частоты по динамикам без применения активных компонентов.



Балластные блоки питания часто используются для зарядки небольших аккумуляторов и питания маломощных устройств, таких как дешевые светодиодные лампочки, радиоприёмники и прочие. Плёночный конденсатор устанавливается последовательно с питающим устройством, ограничивая ток за счёт своего реактивного сопротивления – в этом и заключается принцип работы такой простой схемы.



Снабберы – это устройства, предназначенные для защиты полупроводниковых ключей и контактов реле от нагрузок, возникающих при коммутации. В современных импульсных высокочастотных БП нашли применение снабберы из резистора и конденсатора, таким образом улучшаются основные параметры в цепи и снижаются нагрузки на ключи, как и потери мощности на его нагрев. Принцип действия снаббера состоит в замедлении фронтов роста и спада напряжения на ключе за счет использования постоянной времени заряда ёмкости.



## **Заключение**

Мы рассмотрели, что такое конденсатор, как он устроен и какую функцию выполняет. Для более глубокого изучения вам нужно плотно ознакомиться с тем, какие бывают виды конденсаторов и их практических особенностях работы в различных цепях и применениях. Так, например, в случаях, когда требуется особая точность в работе и надежность применяют low-ESR электролиты или танталовые, тогда как в фильтр на выпрямителе особой разницы нет, что ставить.