

Соединение конденсаторов

Чтобы узнать, как подключить конденсатор правильно, нужно разобраться, к какому именно типу он относится. Данных электронных приборов существует огромное множество. **Все конденсаторы подразделяются на две группы:**

- **полярные** (электролитические) – подключая их, необходимо учитывать, где у детали плюсовой, а где минусовой контакт;
- **неполярные** (все остальные) – эти конденсаторы способны работать от переменного тока, у них не бывает положительных и отрицательных клемм.

Затем нужно учесть конструкцию электронного компонента. **С этой точки зрения конденсаторы могут быть:**

- **Выводными.** Подключаются к плате с помощью тонких медных ножек, покрытых (лужёных) для защиты слоем припоя.
- **Для поверхностного монтажа (SMD).** В основном применяются в компактной электронике. Очень миниатюрны, часто в поперечнике не превышают 1 мм.

Также важно принять во внимание рабочее напряжение конденсатора. Это особенно принципиально для электролитических приборов данного типа, ведь при превышении их номинального вольтажа они, вероятнее всего, взорвутся, разбрызгивая во все стороны кипящий электролит.

Важно! На крышке электролитического конденсатора имеются две насечки. Эти слабые места служат для мгновенной разгерметизации изделия в случае избыточного внутреннего давления. При ремонте и наладке оборудования следует избегать направленности насечек на лицо или одежду. При внештатной ситуации с их стороны может брызнуть горячий электролит.

Не менее критичен порог максимального напряжения и для прочих видов конденсаторов, особенно имеющих мелкие габариты и не способных длительно выдерживать перегрузки.

Последний, но не наименее важный фактор, который следует учесть при соединении конденсаторов, – это их ёмкость.

В других – недопустимо погрешность и на 1 %.

Соединение конденсаторов в батарее: способы выполнения

Существует 3 способа соединения, каждый из которых преследует свою определённую цель:

Параллельное – выполняется в случае необходимости увеличить ёмкость, оставив напряжение на прежнем уровне.

Последовательное – обратный эффект. Напряжение увеличивается, ёмкость уменьшается.

Смешанное – увеличивается как ёмкость, так и напряжение.

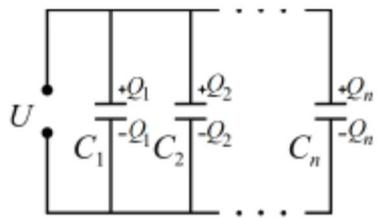
Теперь рассмотрим каждый из способов более подробно.

Параллельное соединение конденсаторов.

При параллельном соединении конденсаторов напряжение на всех конденсаторах одинаковое, а заряды в таком случае равны

$$Q_1 = C_1 * U; Q_2 = C_2 * U, \dots, Q_n = C_n * U.$$

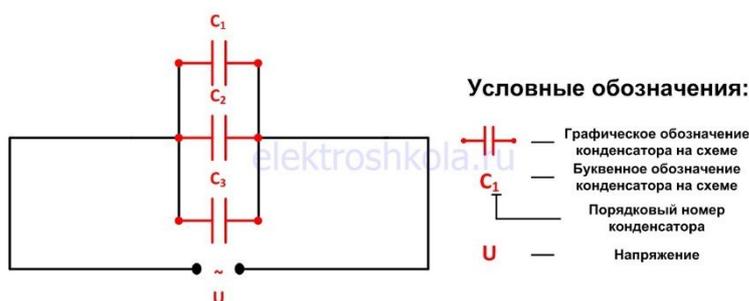
Заряд батареи равен сумме зарядов, накопленных на каждом конденсаторе:


$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = C_1 U + C_2 U + \dots + C_n U = U \sum_{i=1}^n C_i.$$

Ёмкость батареи:

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{U \sum_{i=1}^n C_i}{U} = \sum_{i=1}^n C_i.$$

Согласно последней формуле параллельное соединение применяется для увеличения ёмкости батареи.



подключение которой к электрической цепи производится через условные точки №1 и №2.

Если условно разделить выводы каждого из конденсаторов на первый и второй выводы параллельное соединение конденсаторов будет выполняться следующим образом: первые выводы всех конденсаторов соединяются в одну общую точку (условно - точка №1) вторые выводы всех конденсаторов соединяются в другую общую точку (условно - точка №2). В результате получается группа (блок) параллельно соединённых конденсаторов

При данной схеме напряжение на всех конденсаторах будет одинаково:

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

Заряд же на каждом из конденсаторов будет зависеть от его емкости:

$$Q_1 = U \cdot C_1; Q_2 = U \cdot C_2; Q_3 = U \cdot C_3$$

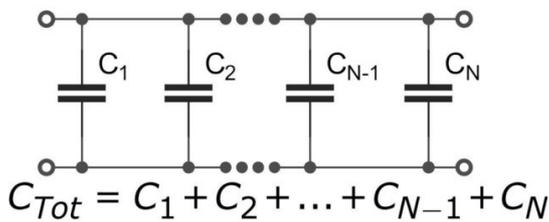
При этом общий заряд цепи будет равен сумме зарядов всех параллельно подключенных конденсаторов:

$$Q_{\text{общ}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$$

Рассчитать общую емкость конденсаторов при параллельном соединении можно по следующей формуле:

$$C_{\text{общ}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

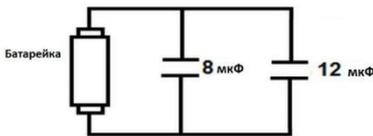
Расчёт ёмкости при параллельном подключении конденсаторов



При параллельном подключении конденсаторов их номинальная ёмкость складывается. Просто суммируете номиналы всех подключённых элементов, сколько бы их ни было. Два, три, пять, тридцать. Просто складываем. Но следите, чтобы размерность совпадала. Например, складывать будем в микрофарадах. Значит, все значения переводим в микрофарады и только после этого суммируем.

Когда на практике применяют параллельное соединение конденсаторов? Например, тогда, когда надо заменить «пересохший» или сгоревший, а нужного номинала нет и бежать в магазин некогда или нет возможности. В таком случае подбираем из имеющихся в наличии. В сумме они должны дать требуемое значение. Все их проверяем на работоспособность и соединяем по приведенному выше принципу.

Пример расчёта



Например,

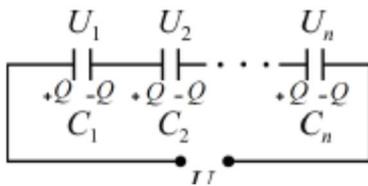
включили параллельно два конденсатора — 8 мкФ и 12 мкФ. Следуя формуле, их номиналы просто складываем.

Получаем 8 мкФ + 12 мкФ = 20 мкФ. Это и будет суммарная ёмкость в данном случае.

Последовательное соединение конденсаторов.

Последовательным называется соединение, когда выход одного элемента соединяется со входом другого. Сравнить можно с вагонами или цепочкой из лампочек. По такому же принципу последовательно соединяют и конденсаторы.

Последовательное соединение конденсаторов применяется тогда, когда во избежание пробоя большую разность потенциалов требуется распределить между несколькими конденсаторами.



При последовательном соединении на всех конденсаторах находится одинаковый заряд Q . Если на левую пластину первого конденсатора поместить заряд $+Q$, то вследствие электростатической индукции на его правой пластине появится заряд $-Q$, а на левой пластине второго конденсатора согласно закону сохранения заряда — заряд $+Q$. Наличие этого заряда снова вызовет появление на правой

пластине наведенного заряда. Процесс распространяется на все включенные в батарею конденсаторы. Тогда все конденсаторы будут обладать одинаковым зарядом Q . Более того, общий заряд батареи также равен Q .

Напряжение на каждом конденсаторе определяется его электроёмкостью:

$$U_1 = \frac{Q}{C_1}, U_2 = \frac{Q}{C_2}, \dots, U_n = \frac{Q}{C_n}$$

Напряжение батареи

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n = \sum_{i=1}^n U_i = Q \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

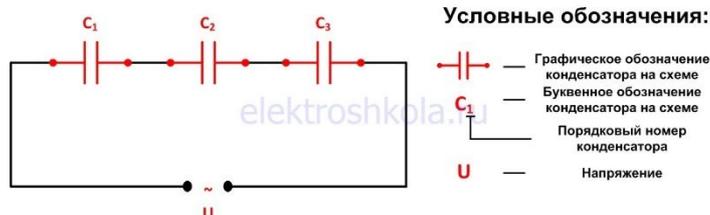
Электроёмкость батареи определяется выражением

$$\tilde{N} = \frac{Q}{U}$$

Сравнивая последние два выражения, получим формулу для расчета электроёмкости батареи из последовательно соединенных конденсаторов:

$$\frac{1}{\tilde{N}} = \frac{1}{\tilde{N}_1} + \frac{1}{\tilde{N}_2} + \dots + \frac{1}{\tilde{N}_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

Из последней формулы следует, что **ёмкость батареи, составленной из группы последовательно соединенных конденсаторов, всегда меньше ёмкости любого из этих конденсаторов.**



Если условно разделить выводы каждого из конденсаторов на первый и второй выводы последовательное соединение конденсаторов будет выполняться следующим образом: второй вывод первого конденсатора соединяется с первым выводом второго конденсатора, второй вывод второго конденсатора, соединяется с первым выводом третьего

и так далее. Таким образом мы получим группу (блок) последовательно соединенных конденсаторов с двумя свободными выводами — первым выводом первого конденсатора в блоке и вторым выводом последнего конденсатора, через которые данный конденсаторный блок и подключается в электрическую цепь.

При данной схеме соединения заряды на конденсаторах будут одинаковы:

$$Q_{\text{общ}} = Q_1 = Q_2 = Q_3,$$

где: Q_1, Q_2, Q_3 — соответственно заряд на первом, втором, третьем и т.д. конденсаторах

Напряжение на каждом конденсаторе при такой схеме зависит от его ёмкости:

$$U_1 = Q/C_1; U_2 = Q/C_2; U_3 = Q/C_3, \text{ где:}$$

- U_1, U_2, U_3 — соответственно напряжение на первом, втором, третьем конденсаторах
- C_1, C_2, C_3 — соответственно ёмкости первого, второго, третьего конденсаторов

При этом общее напряжение составит:

$$U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$$

Рассчитать общую ёмкость конденсаторов при последовательном соединении можно по следующим формулам:

- При последовательном соединении двух конденсаторов:

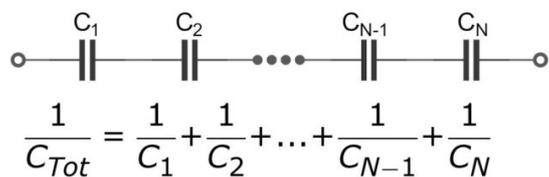
$$C_{\text{общ}} = C_1 * C_2 / C_1 + C_2$$
- При последовательном соединении трех и более конденсаторов:

$$1/C_{\text{общ}} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + \dots + 1/C_n$$

При подключении полярных электролитических «конденсаторов» надо следить за соблюдением полярности. Плюс первого конденсатора подаете на минус второго и так далее. Выстраиваете цепочку.

Существуют неполярные (биполярные) электролитические конденсаторы. При их соединении нет необходимости соблюдать полярность.

Как определить ёмкость последовательно соединенных конденсаторов



При последовательном соединении конденсаторов суммарная ёмкость элементов будет меньше самого маленького номинала в цепочке. То есть, ёмкость последовательно соединённых конденсаторов уменьшается. Это также может пригодиться при ремонте техники — замена конденсатора требуется часто.

Использовать формулу расчёта приведённую выше не очень удобно, поэтому её обычно используют в преобразованном виде:

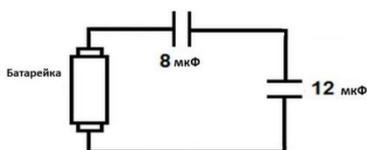
$$C_{\text{Tot}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

Формула расчёта ёмкости при последовательном соединении

Это формула для двух элементов. При увеличении их количества она становится значительно сложнее.

Хотя, редко можно встретить больше двух последовательных конденсаторов.

Пример расчёта



Какая суммарная ёмкость будет если конденсаторы на 12 мкФ и 8 мкФ соединить последовательно? Считаем: $12 * 8 / (12 + 8) = 96 / 20 = 4,8$ мкФ.

То есть, такая цепочка соответствует номиналу 4,8 мкФ.

Как видите, значение меньше чем самый маленький номинал в последовательности. А если подключить таким образом два одинаковых

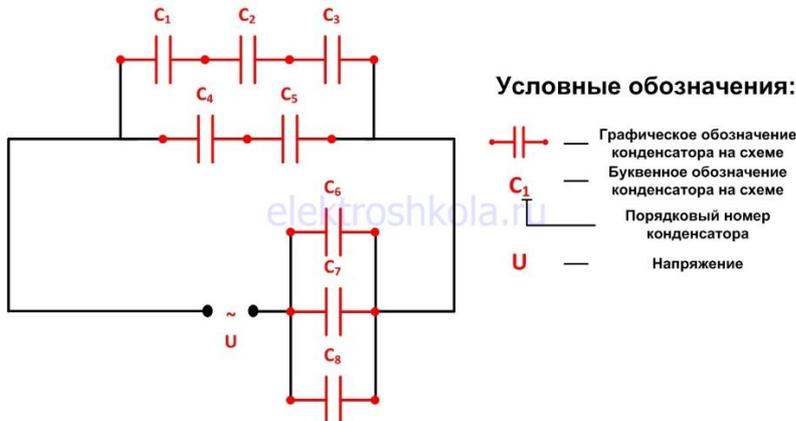
конденсатора, то результат будет вполтину меньше номинала. Например, рассчитаем для двух ёмкостей по 12 мкФ. Получим: $12 \cdot 12 / (12 + 12) = 144 / 24 = 6$ мкФ. Проверим для 8 мкФ.

Считаем: $8 \cdot 8 / (8 + 8) = 64 / 16 = 4$ мкФ. Закономерность подтвердилась. Это правило можно использовать при подборе номинала.

Смешанное соединение конденсаторов

Схема в которой присутствует две и более группы (блока) конденсаторов с различными схемами соединения называется схемой смешанного соединения конденсаторов.

Приведем пример такой схемы:

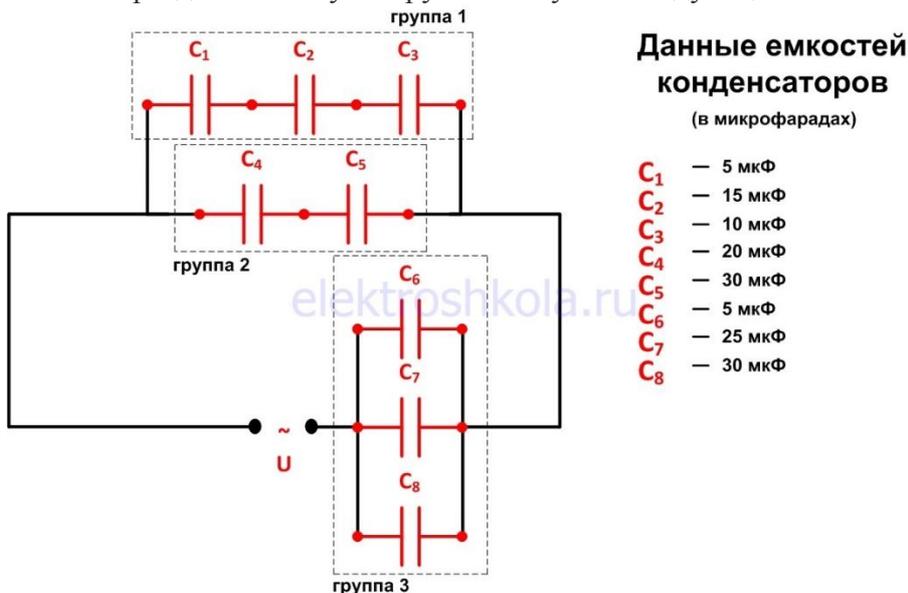


Для расчетов такие схемы условно разделяются на группы одинаково соединенных конденсаторов, после чего расчеты ведутся для каждой группы по формулам приведенным выше.

Для наглядности приведем пример расчета общей емкости данной схемы.

Пример расчета

Условно разделив схему на группы получим следующее:



Как видно из схемы на первом этапе мы выделили 3 группы (блока) конденсаторов, при этом конденсаторы в первой и второй группе соединены последовательно, а конденсаторы в третьей группе — параллельно.

Произведем расчет каждой группы:

• Группа 1 — последовательное соединение трех конденсаторов:

$$1/C_{1,2,3} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 = 1/5 + 1/15 + 1/10 = 0,2 + 0,067 + 0,1 = 0,367 \rightarrow C_{1,2,3} = 1/0,367 = \mathbf{2,72 \text{ мкФ}}$$

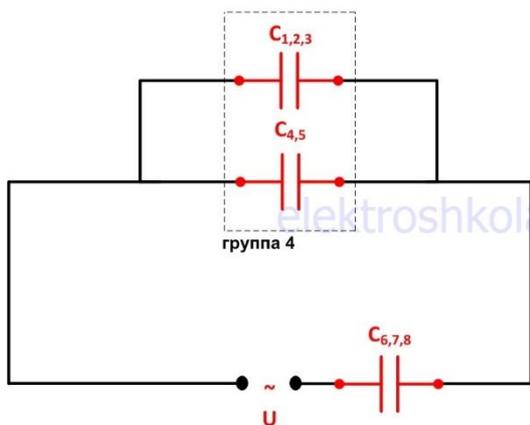
• Группа 2 — последовательное соединение двух конденсаторов:

$$C_{4,5} = C_4 \cdot C_5 / C_4 + C_5 = 20 \cdot 30 / 20 + 30 = 600 / 50 = \mathbf{12 \text{ мкФ}}$$

• Группа 3 — параллельное соединение трех конденсаторов:

$$C_{6,7,8} = C_6 + C_7 + C_8 = 5 + 25 + 30 = \mathbf{60 \text{ мкФ}}$$

В результате расчета схема упрощается:



Данные емкостей конденсаторов

(в микрофарадах)

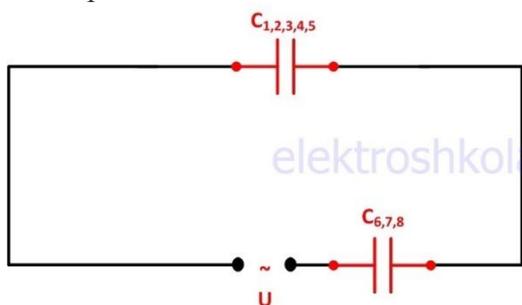
- $C_{1,2,3}$ — 2,72 мкФ
- $C_{4,5}$ — 12 мкФ
- $C_{6,7,8}$ — 60 мкФ

Как видно в упрощенной схеме осталась еще одна группа из двух параллельно соединенных конденсаторов, произведем расчет ее емкости:

- Группа 4 — параллельное соединение двух групп конденсаторов:

$$C_{1,2,3,4,5} = C_{1,2,3} + C_{4,5} = 2,72 + 12 = \mathbf{14,72 \text{ мкФ}}$$

В конечном итоге получаем простую схему из двух последовательно соединенных групп конденсаторов:



Данные емкостей конденсаторов

(в микрофарадах)

- $C_{1,2,3,4,5}$ — 14,72 мкФ
- $C_{6,7,8}$ — 60 мкФ

Теперь можно определить общую емкость схемы:

$$C_{\text{общ}} = C_{1,2,3,4,5} * C_{6,7,8} / C_{1,2,3,4,5} + C_{6,7,8} = 14,72 * 60 / 14,72 + 60 = 883,2 / 74,72 = \mathbf{11,8 \text{ мкФ}}$$

Смешанное, параллельное и последовательное соединение конденсаторов: на что обратить внимание при его выполнении

Соединяя конденсаторы, в особенности электролитические, обратите внимание на строгое соблюдение полярности.

Параллельное присоединение подразумевает подключение «минус/минус», а последовательное — «плюс/минус».

Все элементы должны быть однотипны — плёночные, керамические, слюдяные либо металлобумажные.