

Составные соединения конденсаторов.

Выполнил
В. А. Куликер

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Електроємкістю C любого конденсатора называється фізическа величина, численно равна отношению заряда q одной из обкладок Конденсатора к разности потенциалов U между обкладками.

$$C=q/U$$

При параллельном соединении конденсаторов их електроємкості складаються.

При последовательном соединении конденсаторов складаються величини, обратные електроємкостям

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Энергия W заряженного конденсатора в СИ выражается формулами

$$W = CU^2/2 \text{ или}$$

$$W = qU/2 \text{ или}$$

$$W = q^2/2C$$

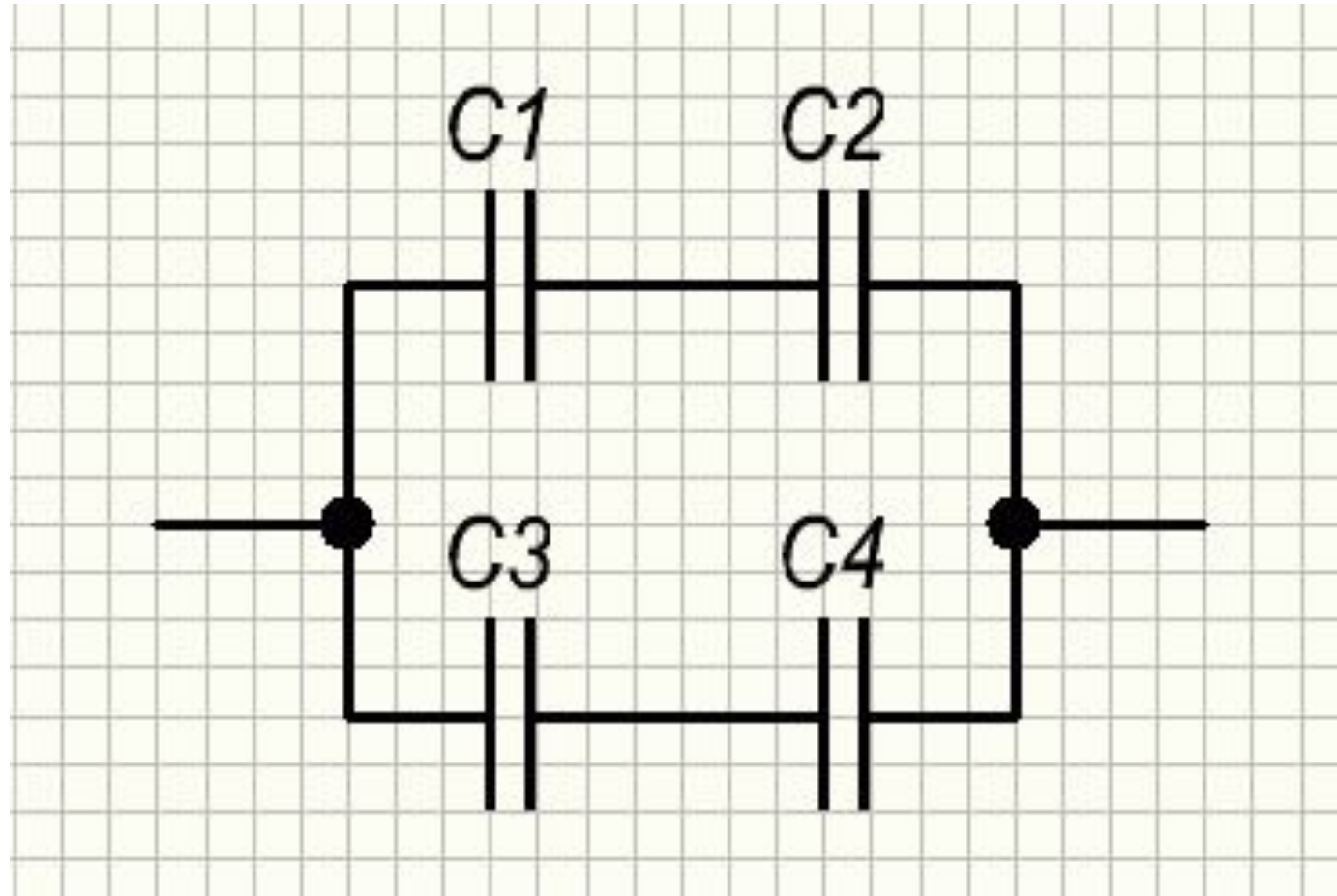
КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Смешанным соединением конденсаторов называется такое соединение их, при котором имеется и параллельное и последовательное соединение.

- При смешанном соединении конденсаторов для участков с параллельным соединением применяются свойства параллельного соединения конденсаторов, а для участков с последовательным соединением - все свойства последовательного соединения конденсаторов.
- *Всякое смешанное соединение конденсаторов путем упрощений может быть сведено либо к параллельному соединению, либо к последовательному.*

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

Пример1



ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

Эквивалентная емкость верхней ветви $C_{1,2} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$

Эквивалентная емкость нижней цепи $C_{3,4} = \frac{C_3 \cdot C_4}{C_3 + C_4}$

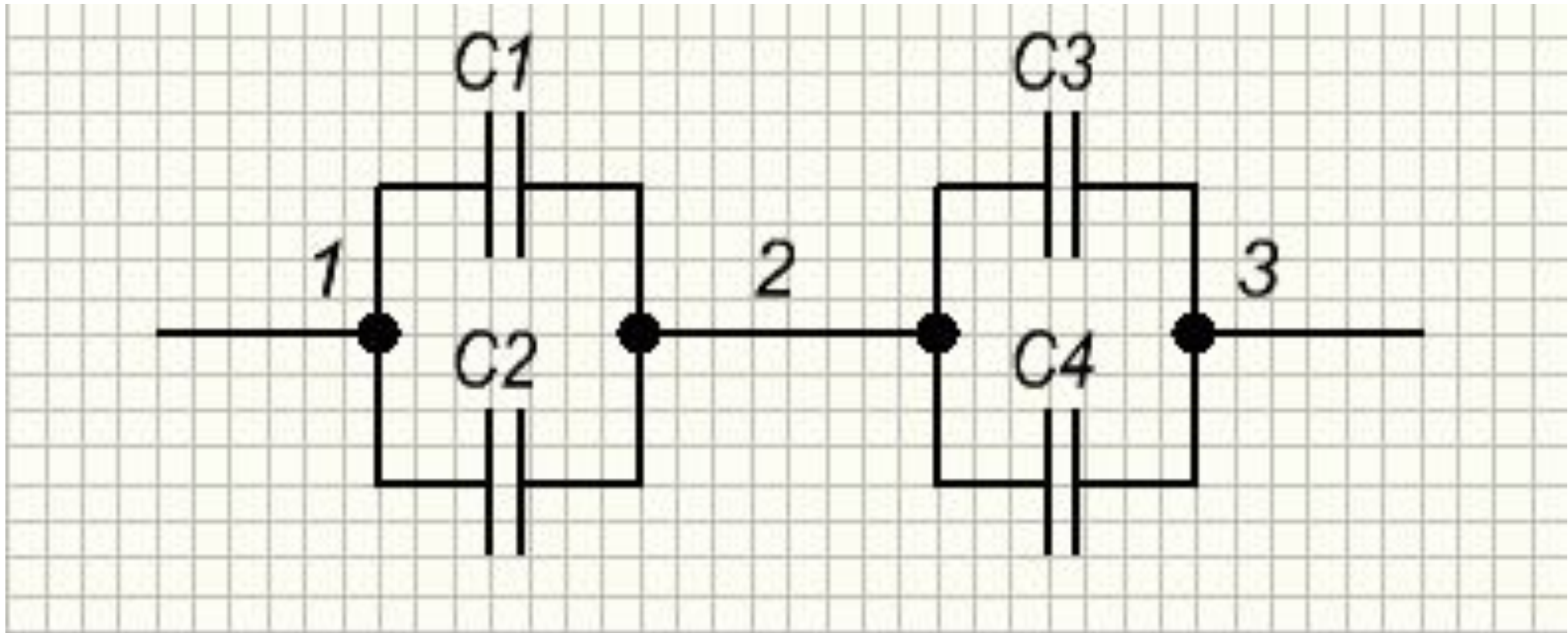
Теперь это смешанное соединение конденсаторов может быть приведено к параллельному соединению.

Эквивалентная емкость всей батареи конденсаторов

$$C = C_{1,2} + C_{3,4} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} + \frac{C_3 \cdot C_4}{C_3 + C_4}$$

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

Пример2



ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

Эквивалентная емкость между точками 1 и 2:

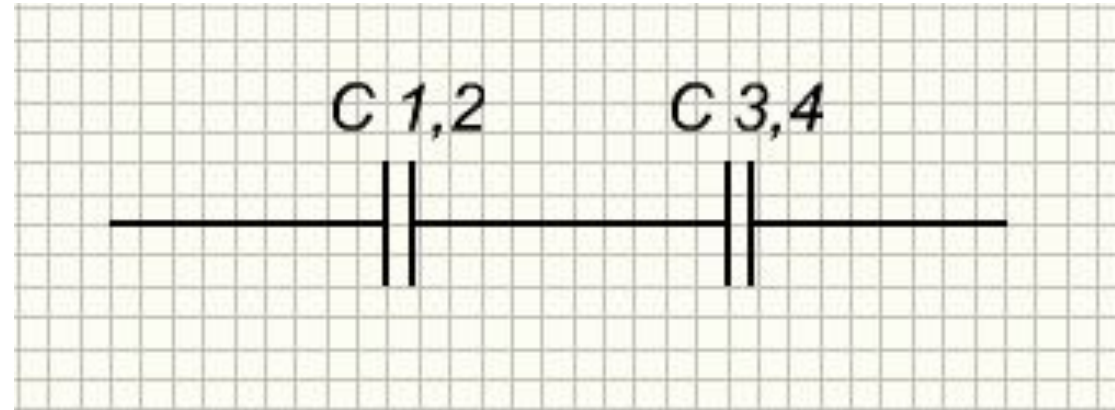
$$C_{1,2} = C_1 + C_2$$

Эквивалентная емкость между точками 2 и 3

$$C_{3,4} = C_3 + C_4$$

Теперь это смешанное соединение конденсаторов может быть приведено к последовательному соединению

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ



Эквивалентная емкость батареи конденсаторов

$$C = \frac{C_{1,2} \cdot C_{3,4}}{C_{1,2} + C_{3,4}}$$

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

Пример 3

Конденсатор емкостью $C=2$ мкф и номинальным рабочим напряжением $U_p=600$ в вышел из строя.

Составить схему замены его конденсаторами емкостью $C=1$ мкф и номинальным рабочим напряжением $U_p=200$ в

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

Р е ш е н и е .Конденсаторы с номинальным рабочим напряжением 200 в нельзя включать под напряжение 600в. Поэтому прежде всего необходимо обеспечить электрическую прочность батареи. Для этого конденсаторы надо соединить *последовательно*. Число последовательно соединенных конденсаторов

$$m = \frac{U}{U_p} = \frac{600}{200} = 3$$

Емкость такой ветви

$$C_{1,3} = \frac{C_1}{3} = \frac{1}{3}$$

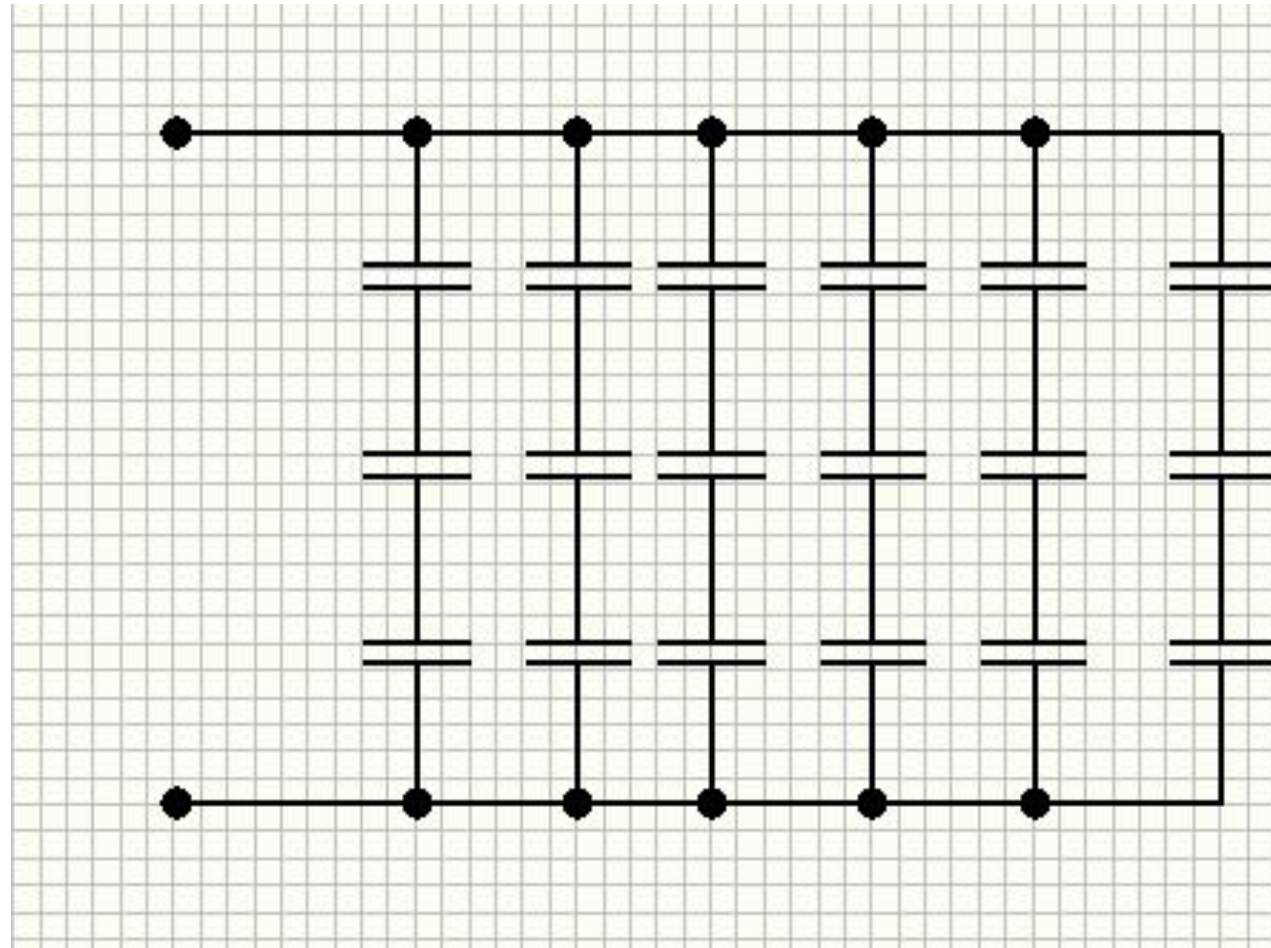
ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

Для обеспечения емкости батареи необходимо соединить несколько параллельных ветвей. Число параллельных ветвей

$$n = \frac{C}{C_{1,3}} = \frac{2}{\frac{1}{3}} = 6$$

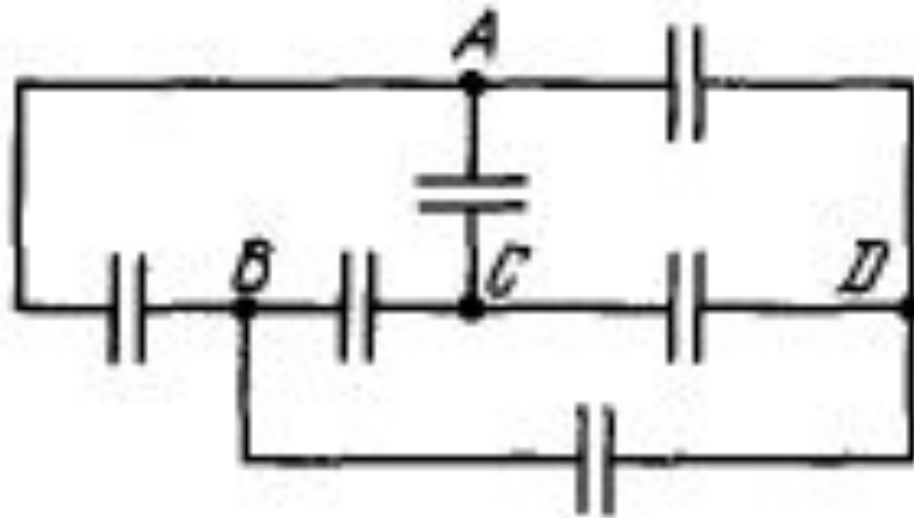
ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

Общая схема замены конденсатора



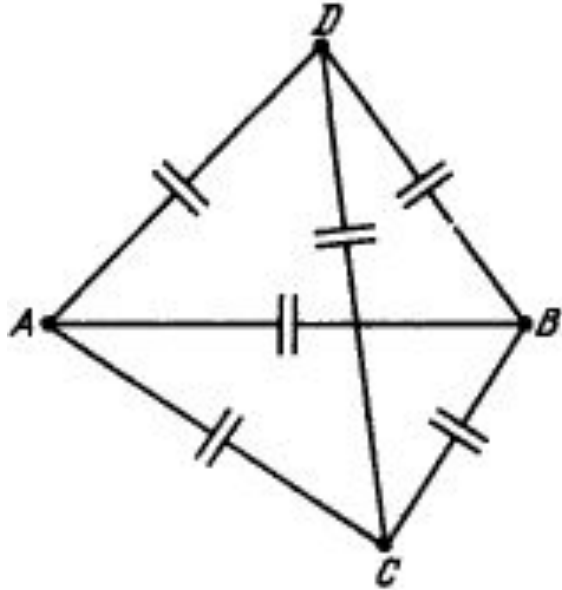
ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

К какой паре точек схемы, изображенной на рис., надо подключить источник тока, чтобы зарядить все шесть конденсаторов, емкости которых равны?



ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

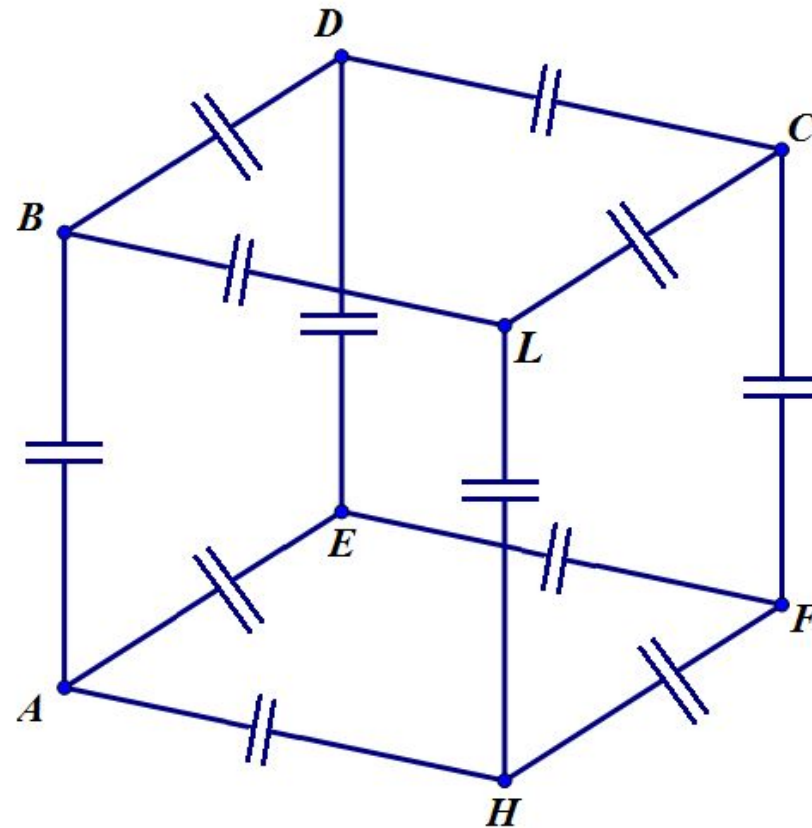
Решение: Нетрудно понять, что схема, предложенная в задаче, представляет собой «правильный» тетраэдр, в ребра которого «включены» шесть одинаковых



Поэтому из соображений симметрии и бы паре точек мы ни подключили конденсатор, который не (конденсатор ребра, скрещенного с подключения источника). Например, на рис. при чении источника к точкам A и B соединяющий точки C и D, не будет заряжен, потенциалы точек C и D равны.

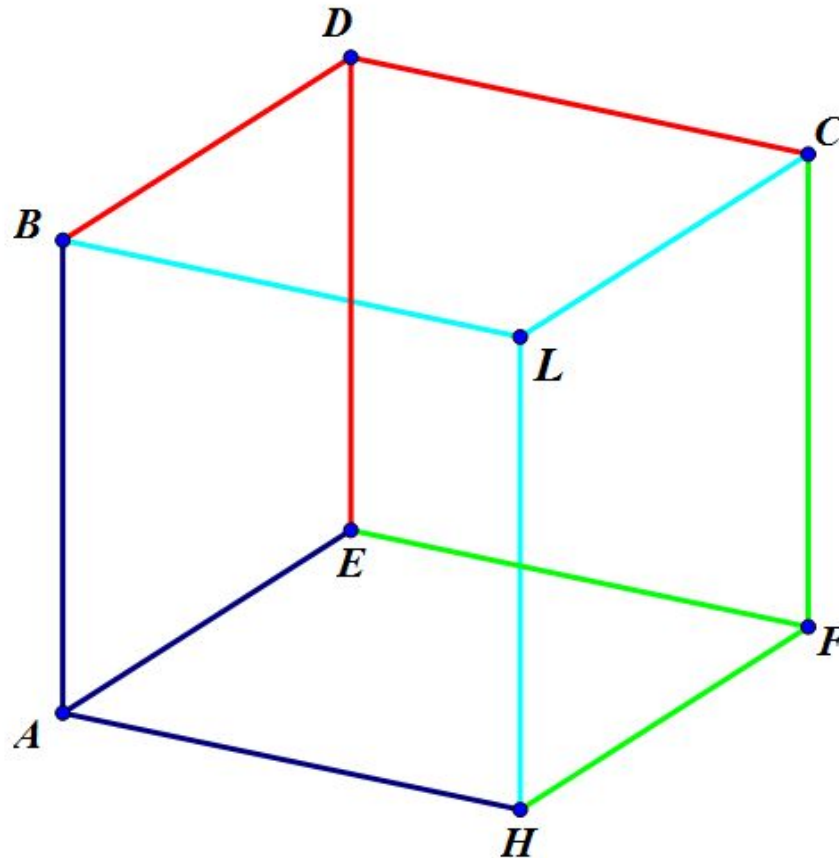
ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

Определить ёмкость получившейся батареи конденсаторов, если включить такой куб в цепь в точках A и C .



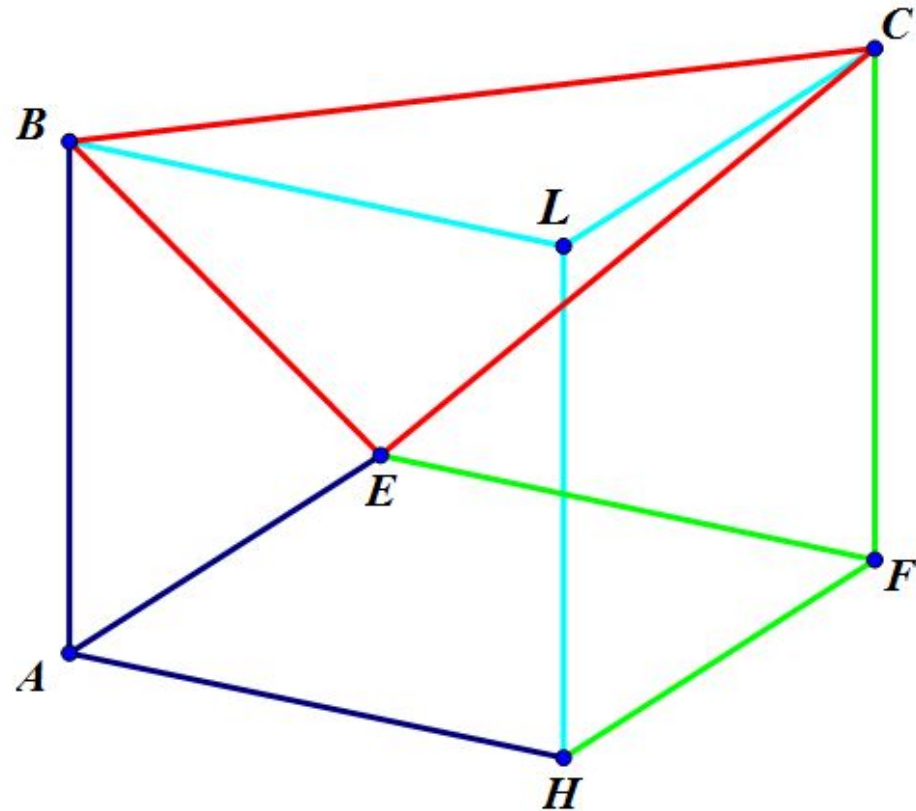
ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

Шаг 1. Сначала пересчитаем звезды из емкостей $BDCE$, $BLCH$ и $EFHC$ в треугольники



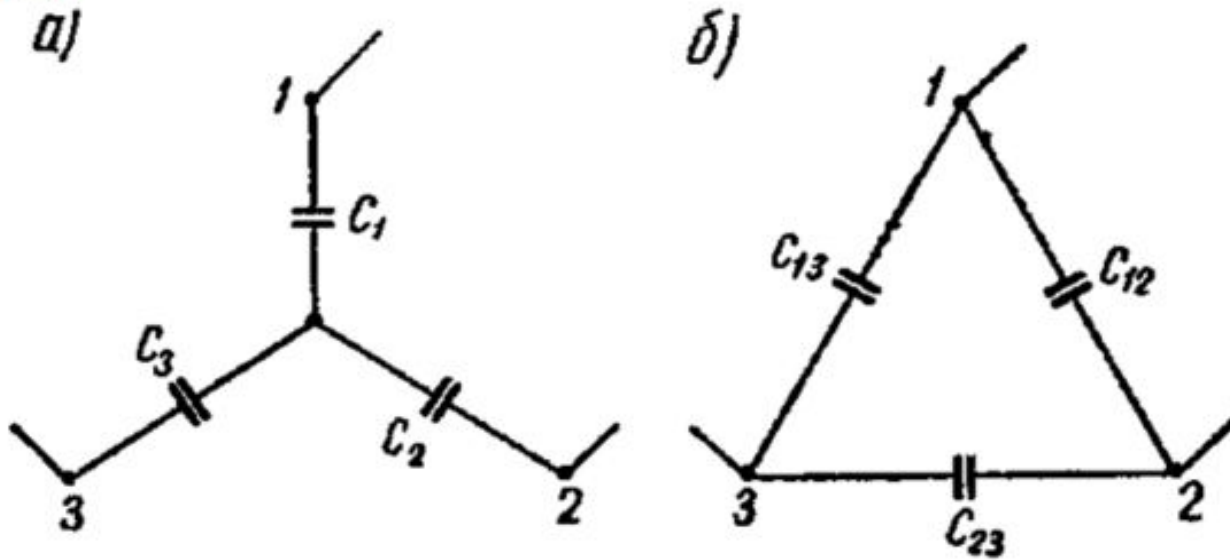
ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

Результат пересчета звезды BDCE с геометрических позиций таков:



ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

Преобразование звезды емкостей в эквивалентный треугольник емкостей или обратно (рис. а и б)



осуществляется по формулам:

$Y \rightarrow \Delta$

$$C_{12} = C_1 \cdot C_2 / \Sigma C$$

$$C_{13} = C_1 \cdot C_3 / \Sigma C$$

$$C_{23} = C_2 \cdot C_3 / \Sigma C, \text{ где } \Sigma C = C_1 + C_2 + C_3$$

$\Delta \rightarrow Y$

$$C_1 = C_{12} + C_{13} + C_{12} \cdot C_{13} / C_{23}$$

$$C_2 = C_{12} + C_{23} + C_{12} \cdot C_{23} / C_{13}$$

$$C_3 = C_{13} + C_{23} + C_{13} \cdot C_{23} / C_{12}$$

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

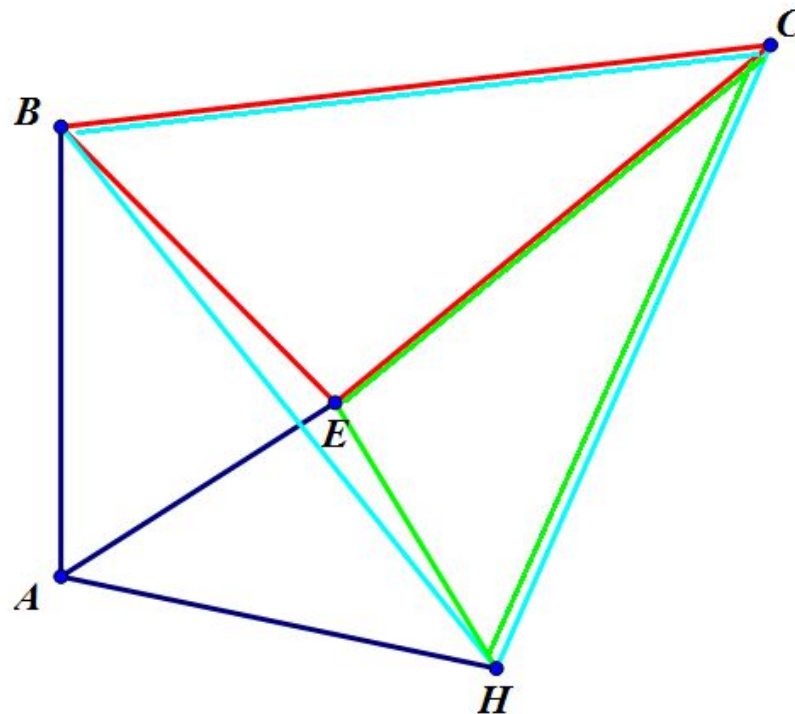
Тогда для нашего случая:

$$C_{BE} = C_{EC} = C_{BC} = \frac{C^2}{3C} = \frac{C}{3}$$

Аналогично будут пересчитаны и две другие звезды

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

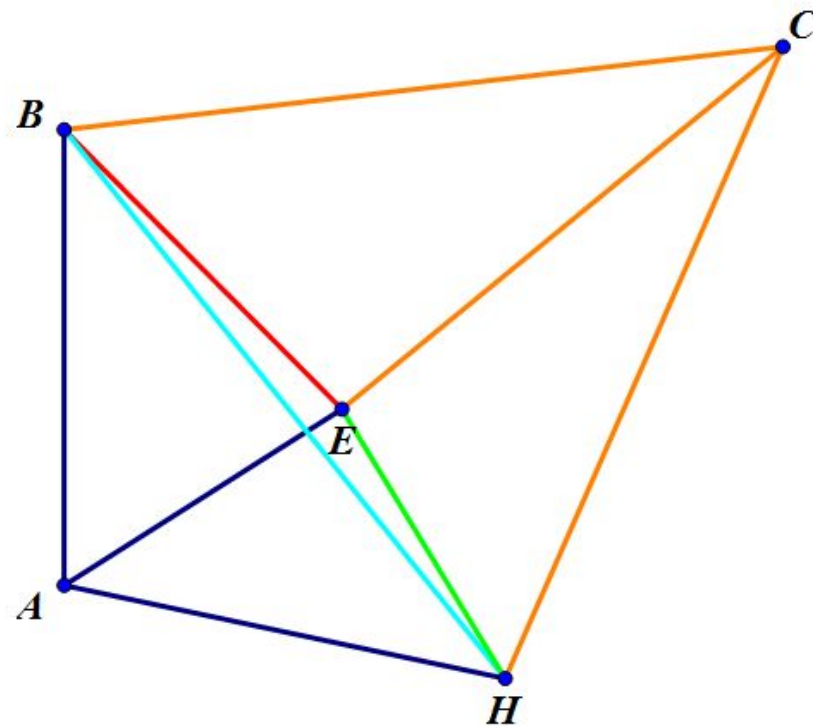
Шаг 2. Видим, что между точками В и С включены параллельно две емкости (красное и голубое ребро), аналогично – две такие же емкости включены между точками Е и С – красное и зеленое ребра, и между точками Н и С – зеленое и голубое ребра. Так как параллельно соединенные емкости складываются, то преобразуем пары этих ребер в единичные, сложив



ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

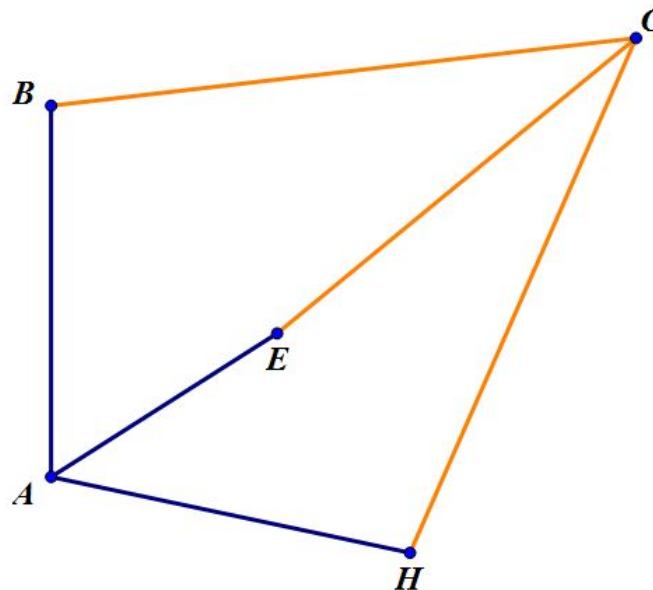
$$C_{BC1} = C_{HC1} = C_{EC1} = \frac{C}{3} + \frac{C}{3} = \frac{2C}{3}$$

Образовались рыжие ребра с емкостями по $2C/3$.



ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

Шаг 3. Посмотрим теперь на схему: видно, что потенциалы точек B , E , H равны. Таким образом, емкости, оказавшиеся включенными в голубое, красное и зеленое ребра окажутся незаряженными. Поэтому просто исключим их из схемы, получив при этом очень простую конструкцию:



ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

Рассчитаем емкость ребра ABC:

$$C_{ABC} = \frac{C_{AB} \cdot C_{BC}}{C_{AB} + C_{BC}} = \frac{C \cdot \frac{C}{3}}{C + \frac{C}{3}} = \frac{2C}{5}$$

Так как ребра ABC, AEC и AHC включены параллельно, их емкости можно сложить:

$$C_{ekv} = C_{ABC} + C_{AEC} + C_{AHC} = 3C_{ABC} = \frac{6C}{5}$$

Ответ: $C_{ekv} = \frac{6C}{5}$

