Составные соединения конденсаторов.

Выполнил

В. А. Куликер

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Электроемкостью С любого конденсатора называется физическая
величина, численно равна отношению заряда q одной из обкладок
Конденсатора к разности потенциалов U между обкладками.

$$C=q/U$$

При параллельном соединении конденсаторов их
электроемкости складываются.

При последовательном соединении конденсаторов
складываются величины, обратные электроемкостям

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Энергия **W** заряженного конденсатора в СИ выражается формулами

$$W=CU^2/2$$ или

$$W=qU/2$$ или

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

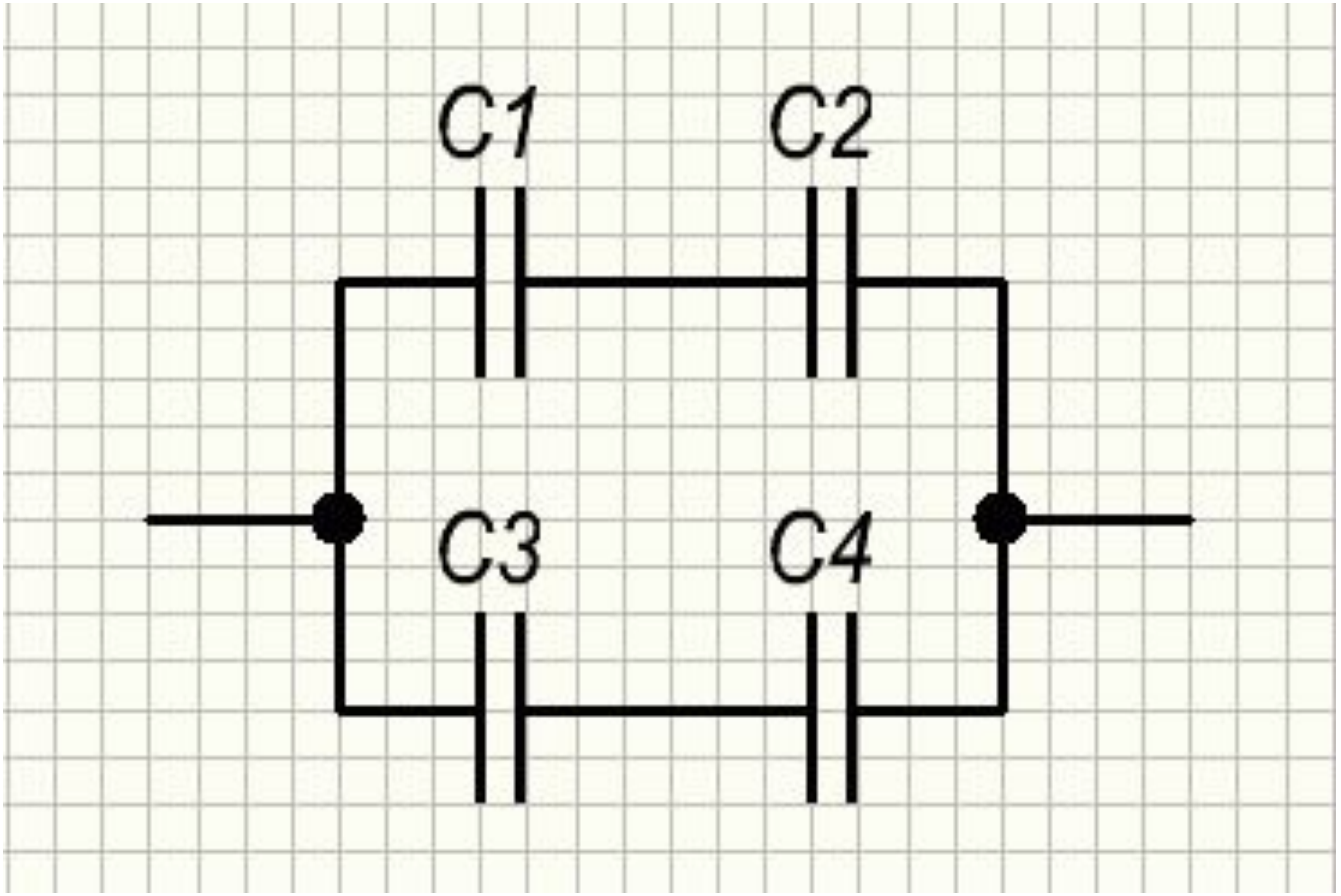
КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

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 $C_{1,2}=\frac{C_1 \cdot C_2}{C_1+C_2}$

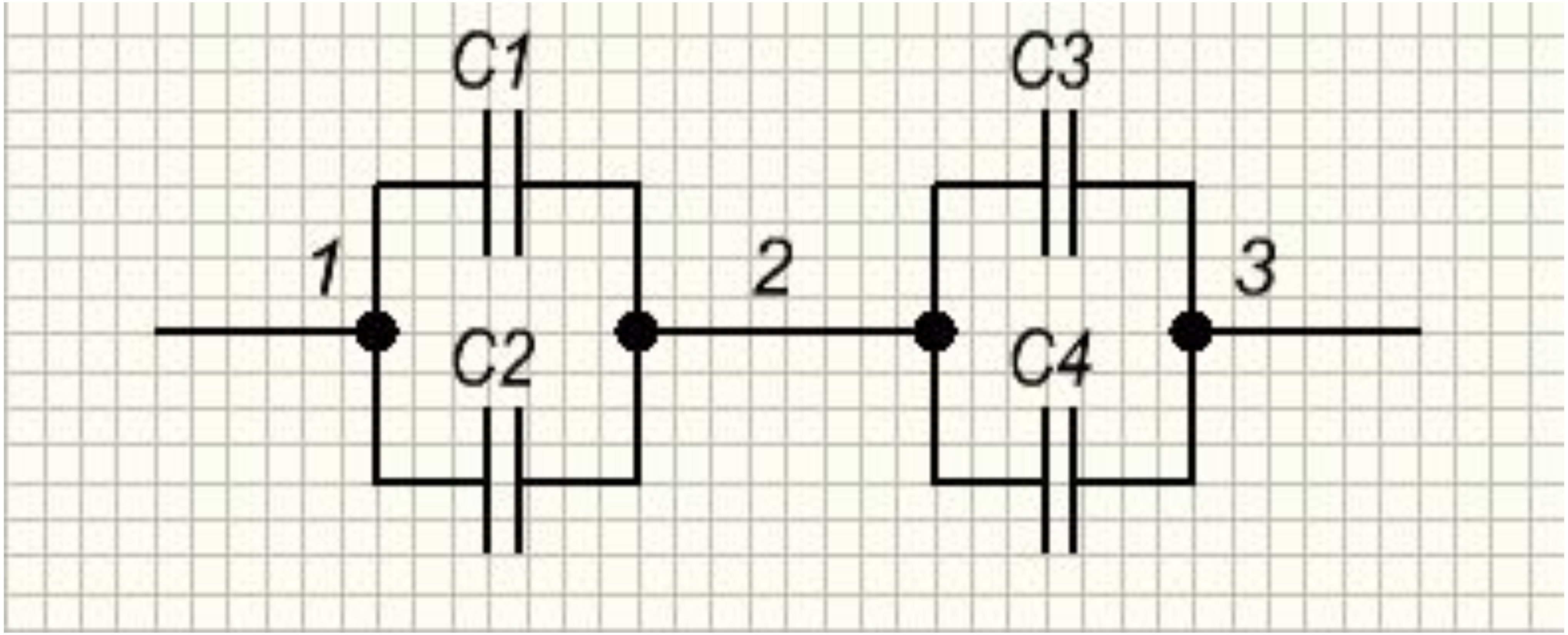
Эквивалентная емкость нижней цепи $C_{3,4}=\frac{C_3 \cdot C_4}{C_3+C_4}$

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:

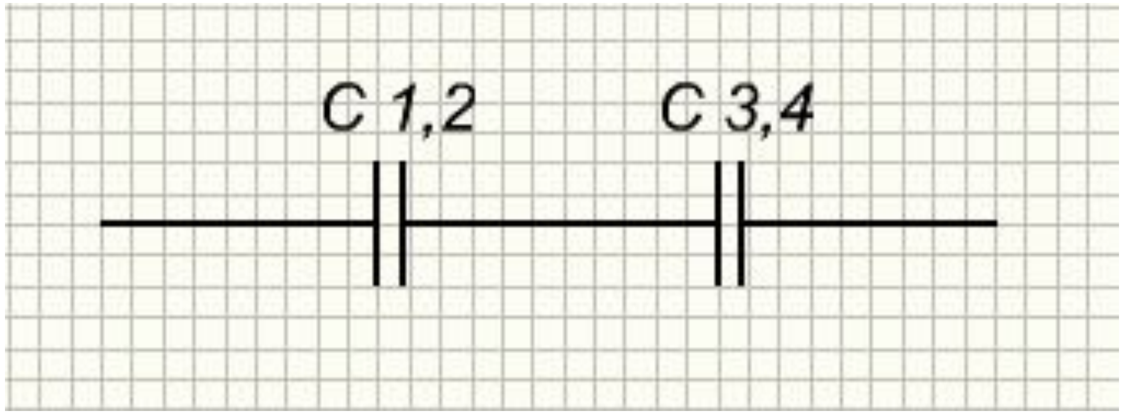
$$C_{1,2}=C_1+C_2$$

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 С=2 мкф и номинальным рабочим напряжением $U_р$=600 в вышел из строя.

Составить схему замены его конденсаторами емкостью С=1 мкф и номинальным рабочим напряжением $U_р$=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

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

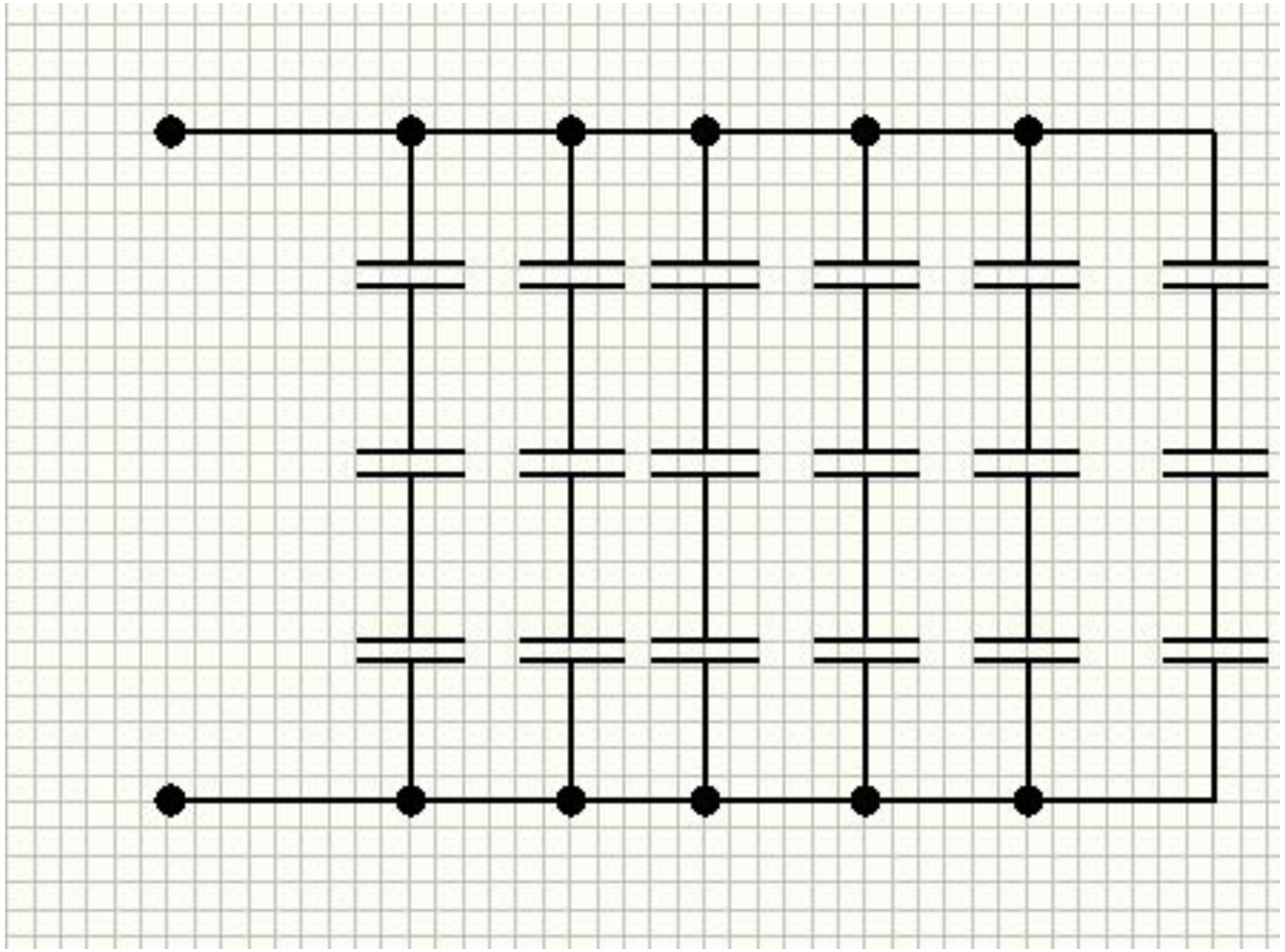
ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

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

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

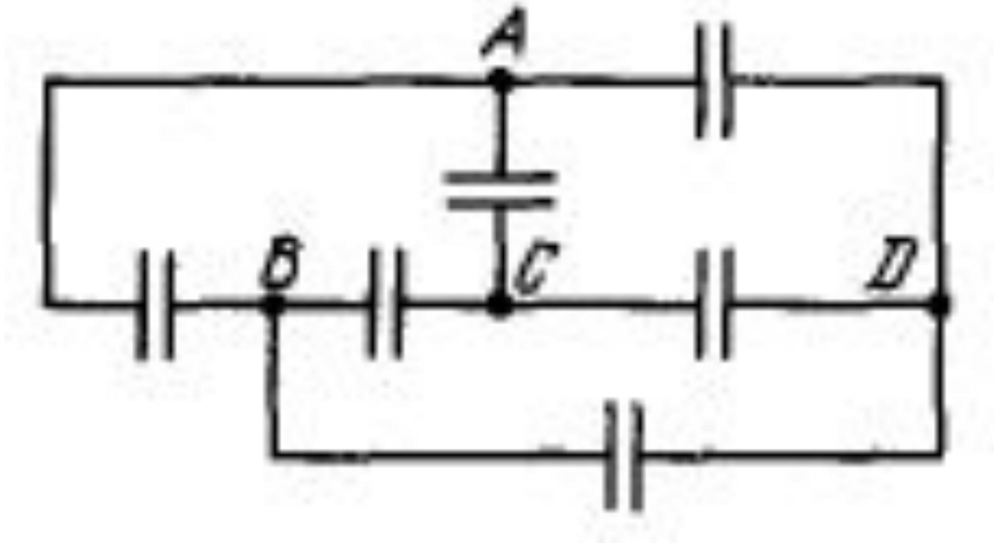
ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

Общая схема замены конденсатора



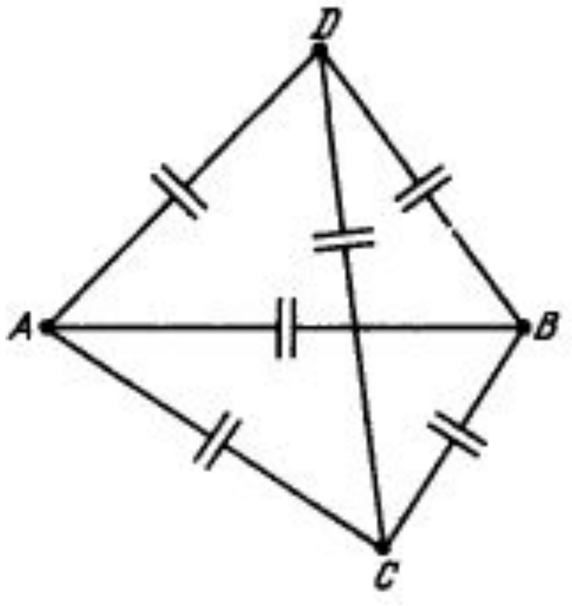
ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

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



ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

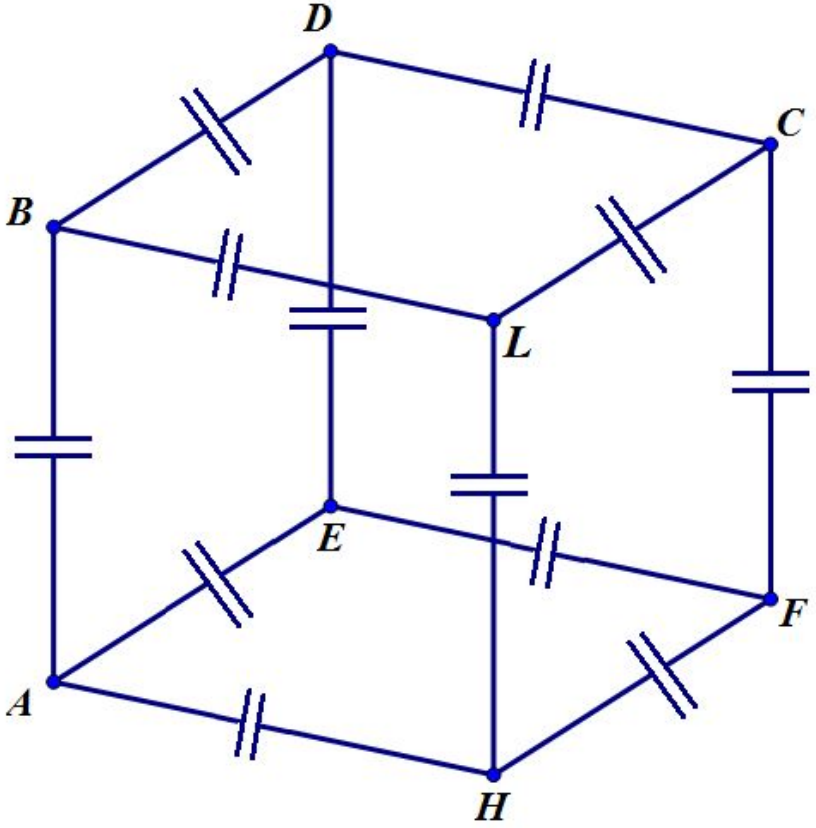
Решение: Нетрудно понять, что схема, предложенная в задаче, представляет собой «правильный» тетраэдр, в ребра которого «включены» шесть одинаковых



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

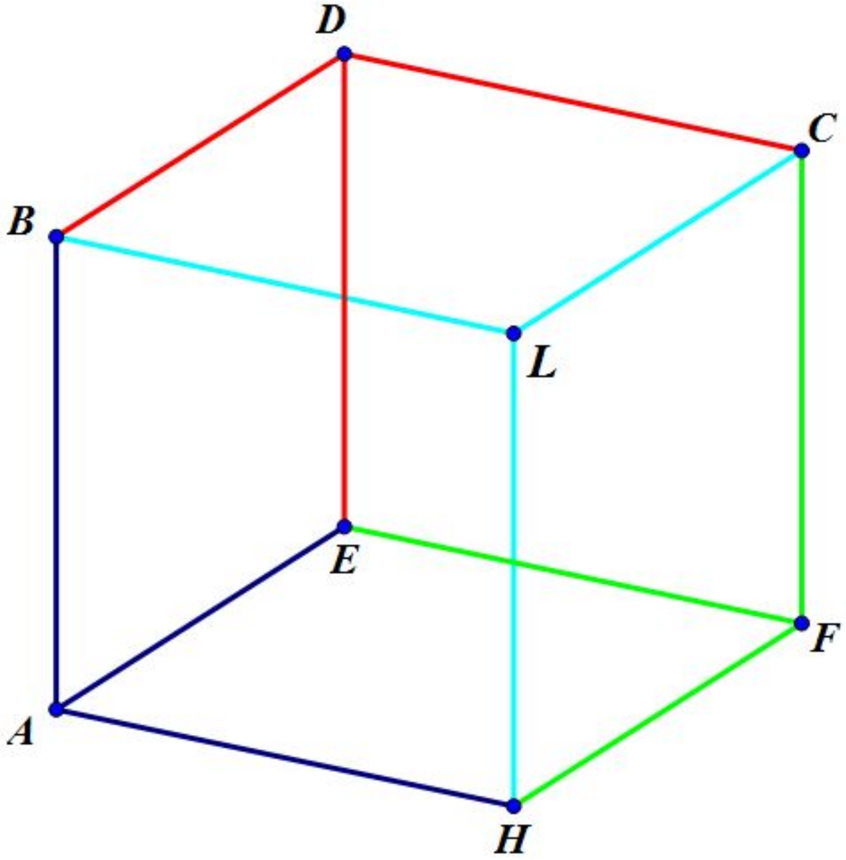
ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

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



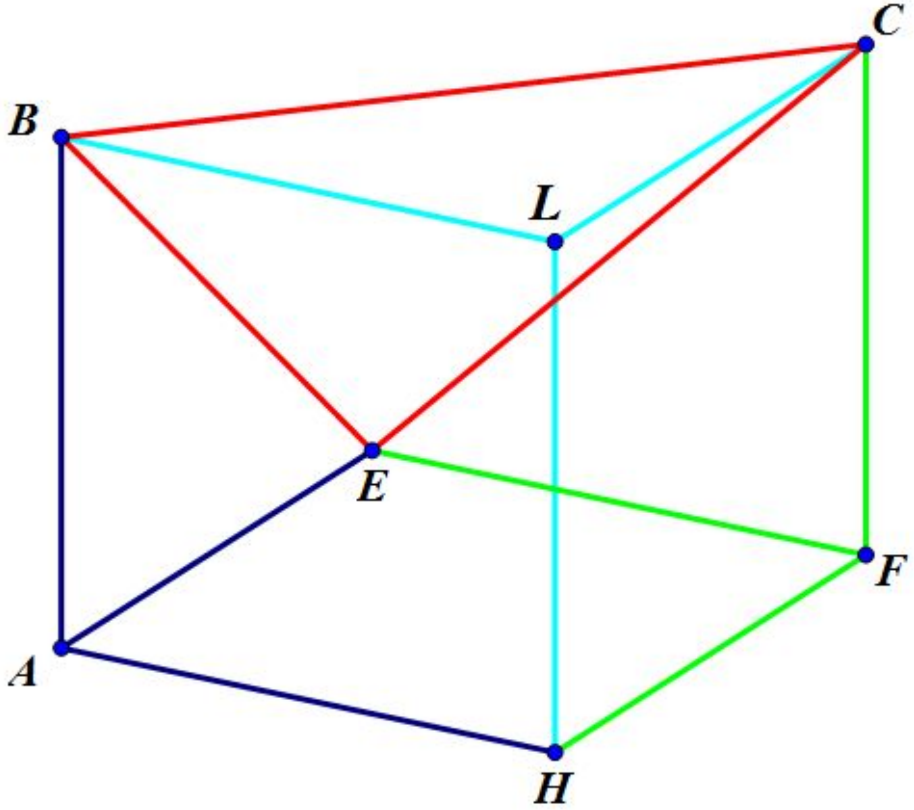
ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

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



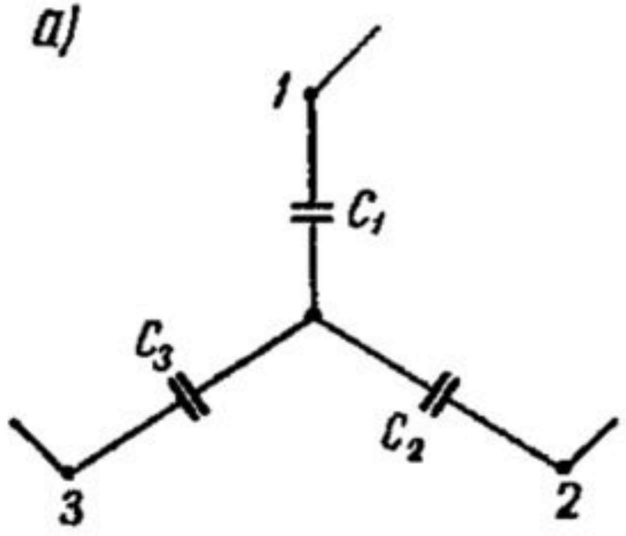
ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

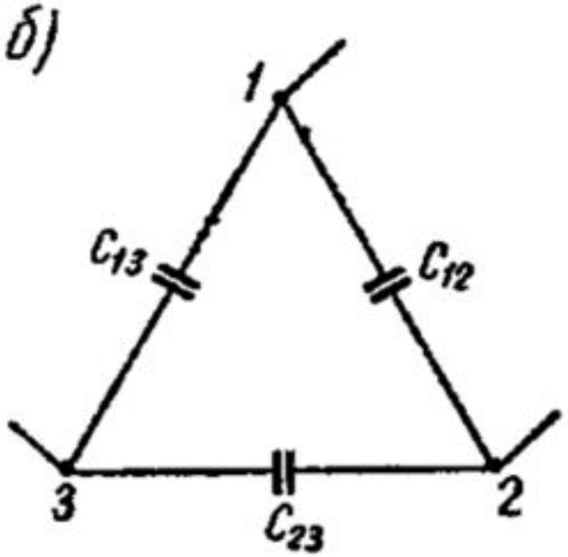
Результат пересчета звезды BDCE с геометрических позиций таков:



ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

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





осуществляется по формулам:

$Y \rightarrow \Delta$

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

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

$C_{23} = C_2 \cdot C_3 / \Sigma C$, 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

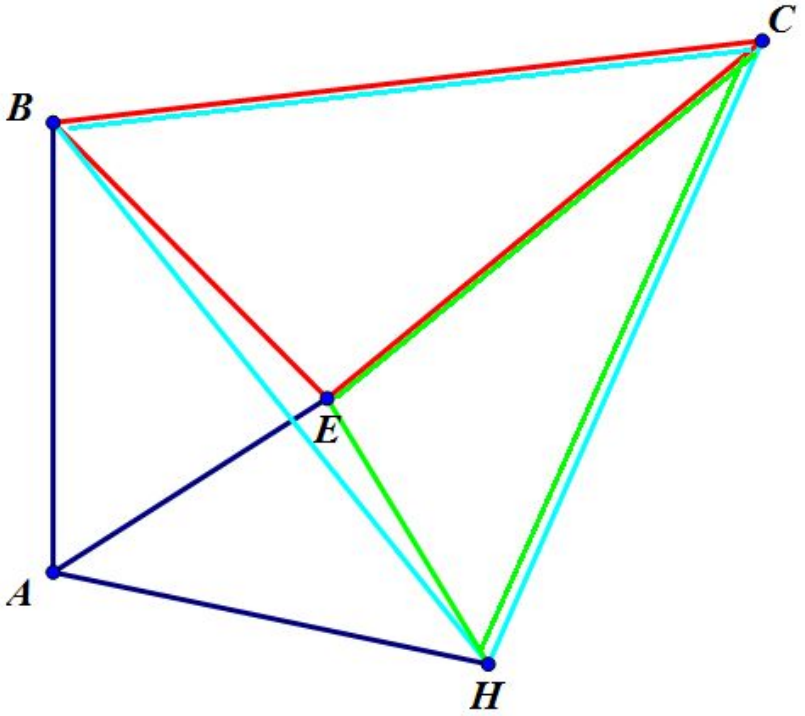
Тогда для нашего случая:

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

Аналогично будут пересчитаны и две другие звезды

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

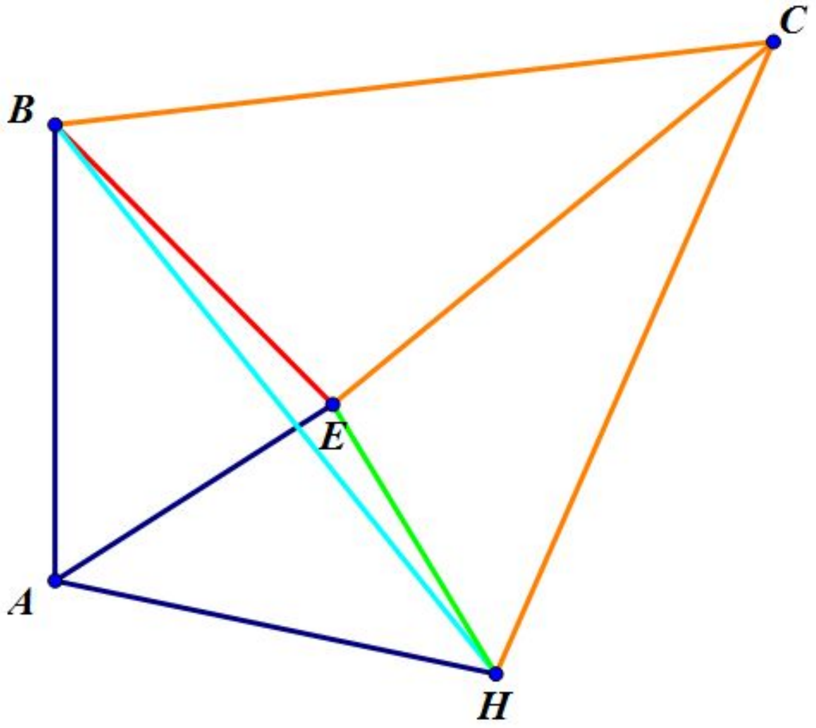
Шаг 2. Видим, что между точками B и C включены параллельно две емкости (красное и голубое ребро), аналогично – две такие же емкости включены между точками E и C – красное и зеленое ребра, и между точками H и C – зеленое и голубое ребра. Так как параллельно соединенные емкости складываются, то преобразуем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



ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

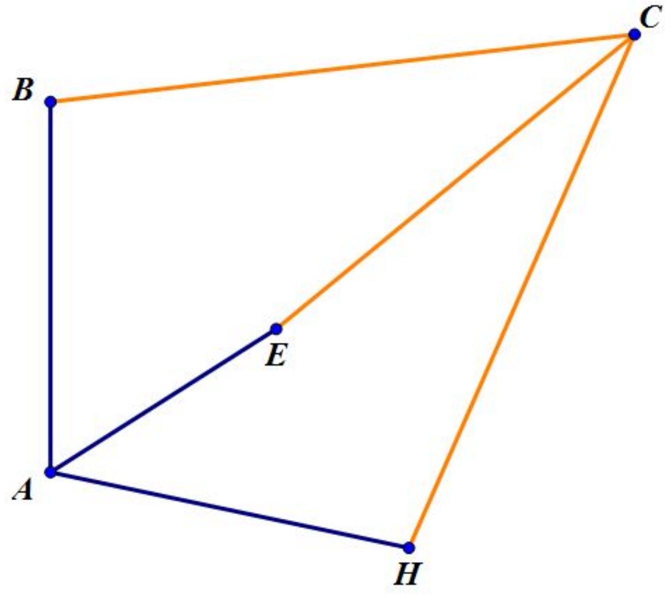
$$C_{BC1} = C_{HC1} = C_{EC1} = \frac{C}{3} + \frac{C}{3} = \frac{2C}{3}$$

Образовались рыжие ребра с емкостями по 2С\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:

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

Ответ: $C_{ekv} = \frac{6C}{5}$