



# Расчёт электрических цепей постоянного тока методом эквивалентных преобразований

# Законы Кирхгофа

**Первый закон Кирхгофа** вытекает из закона сохранения заряда. Он состоит в том, что **алгебраическая сумма токов, сходящихся в любом узле, равна нулю.**

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0$$

Где  $n$  – число токов, сходящихся в данном узле.

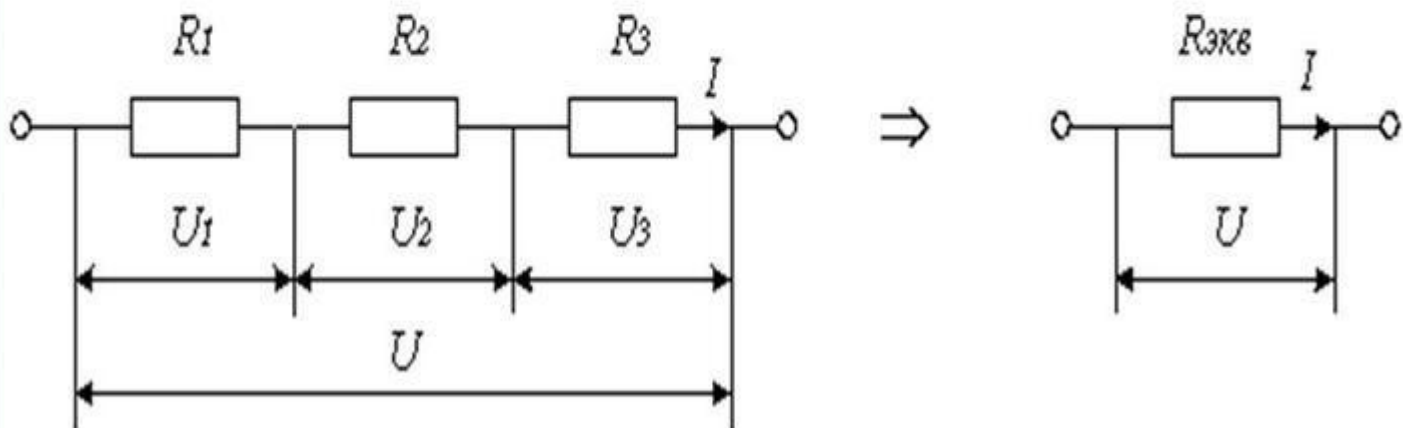
**Второй закон Кирхгофа:** алгебраическая сумма падений напряжений на отдельных участках замкнутого контура, произвольно выделенного в сложной разветвленной цепи, равна алгебраической сумме ЭДС в этом контуре

$$\sum_{i=1}^k E_i = \sum_{i=1}^m I_i R_i$$

где  $k$  – число источников ЭДС;  $m$  – число ветвей в замкнутом контуре;  $I_i$ ,  $R_i$  – ток и сопротивление  $i$ -й ветви.

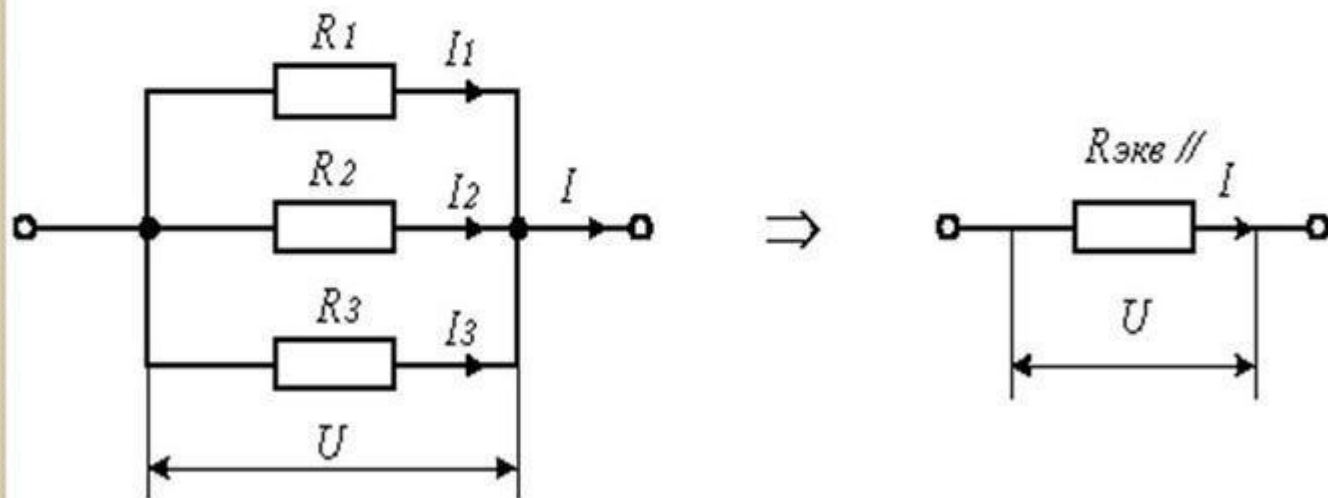
## Эквивалентные преобразования при последовательном соединении резисторов

$$R_{\text{ЭКВ}} = R_1 + R_2 + R_3$$



## Эквивалентные преобразования при параллельном соединении резисторов

$$1/R_{\text{экв}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$



## Эквивалентное преобразование схемы при смешанном соединении резисторов

- **Смешанным** соединением называют сочетание последовательного и параллельного соединений резисторов.

Большое разнообразие этих соединений не позволяет вывести общую формулу для определения эквивалентного сопротивления цепи. Поэтому в каждом конкретном случае правило расчета свое.

# Каков же алгоритм метода эквивалентных преобразований?

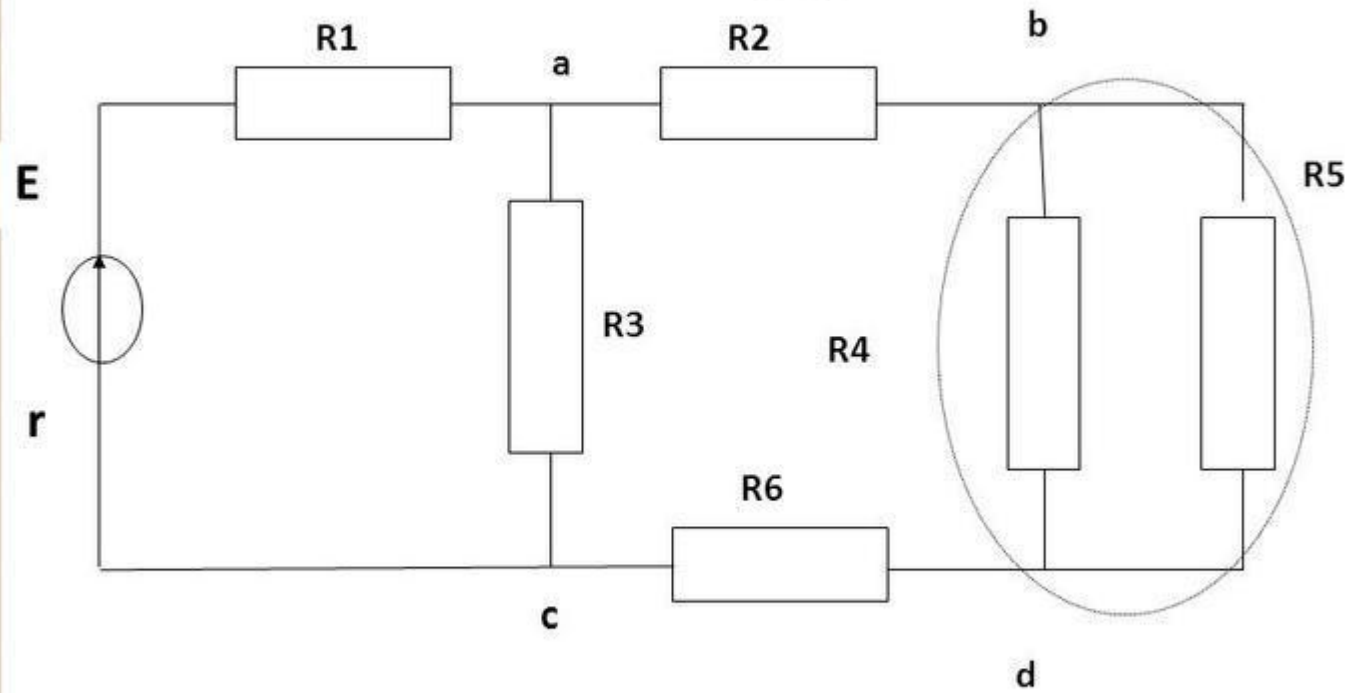
- 1. Находим в сложной цепи те элементы, которые соединены друг с другом либо параллельно, либо последовательно.
- 2. Заменяем их эквивалентным элементом. Получаем более простую схему.
- 3. В полученной схеме снова находим такие элементы, которые можно объединить, заменив эквивалентным. Еще раз упрощаем схему.
- 4. Этот процесс продолжаем до тех пор пока в схеме останется лишь один элемент.
- 5. Находим значение каждого из эквивалентных элементов, включая общее сопротивление всей цепи ( $R_{\text{экв}}$ ).
- 
- Расчет и анализ электрических цепей может быть произведен с помощью закона Ома.
- Закон Ома для участка не содержащего источник тока  $I=U/R$
- При наличии источника постоянного тока формула выглядит так

$$I = \frac{E}{R + r}$$

## **Применение эквивалентных преобразований для расчета электрических цепей постоянного тока с одним источником энергии.**

- Рассмотрим пример решения задачи.  
Электрическая цепь задана следующими параметрами элементов:
- $E=312\text{В}$ ,  $r=1\ \text{Ом}$ ,  $R_1=3\ \text{Ом}$ ,  $R_2=$ ,  $R_3=20\ \text{Ом}$ ,  $R_4=8\ \text{Ом}$ ,  $R_5=16\ \text{Ом}$ ,  $R_6=7\ \text{Ом}$ . Рассчитать токи во всех ветвях, падение напряжения на отдельных участках.

**Рис 1.** 1.Элементы (резисторы) R4 R5 соединены параллельно их  
общее сопротивление  
 $R_{45} = 5.33(\text{Ом})$





**Рис 2.** Резисторы R2 R45 R6 соединены последовательно. Найдем их эквивалентное сопротивление:

$$R_{4526} = R_{45} + R_2 + R_6 \quad R_{4526} = 5.33 + 6 + 7 = 18.33$$

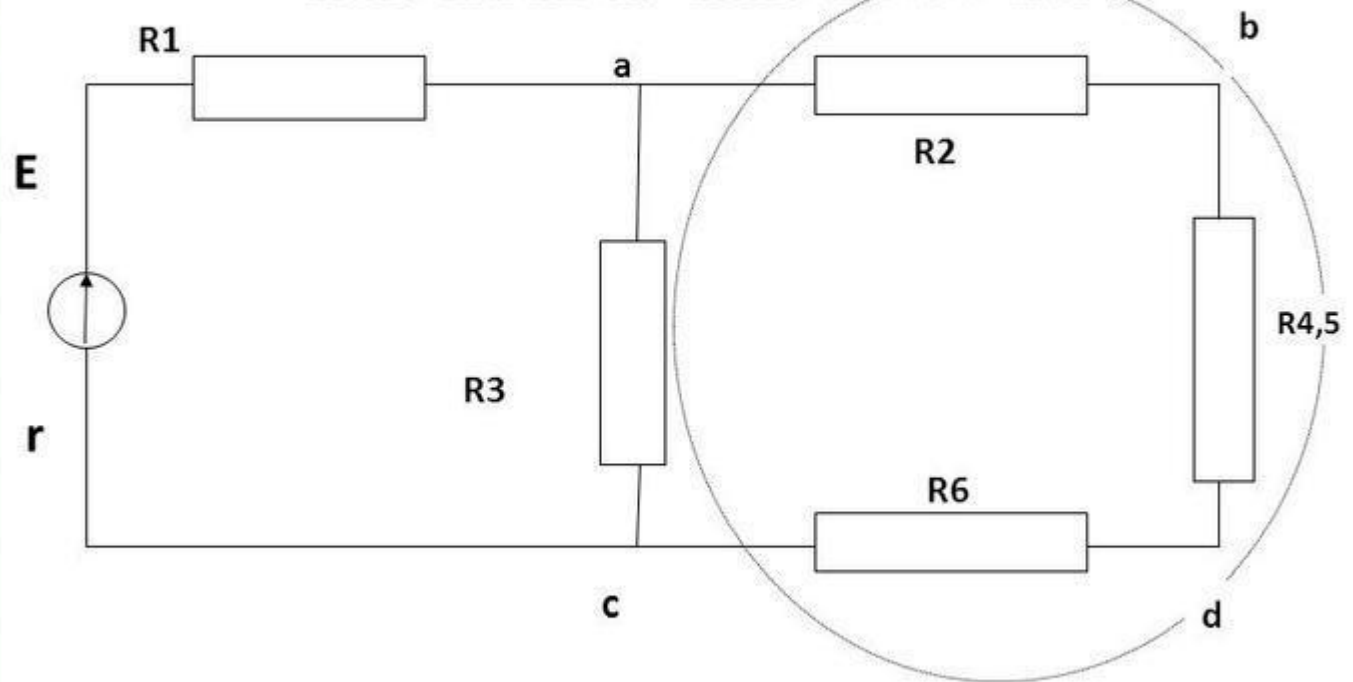
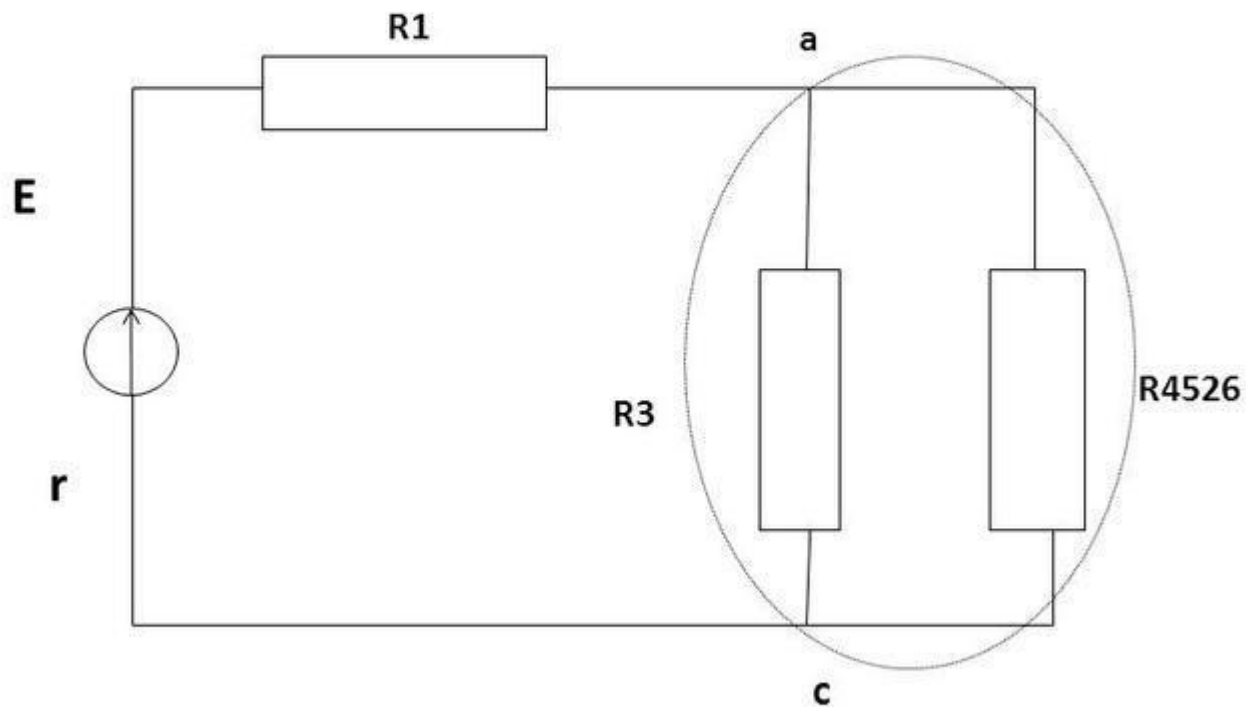


Рис 3

3. Резистор R3 подключен параллельно к R4526:

$$R_{45263} = \frac{R3 * R45263}{R3 + R45263} = 9.56(\text{Ом})$$



**Рис 4.** 4.Эквивалентное соединение внешней цепи состоит из соединенных последовательно R1 и R45263:  
 $R_{\text{экв}}=R1+R45263$   $R_{\text{экв}}=12.56$  (Ом)

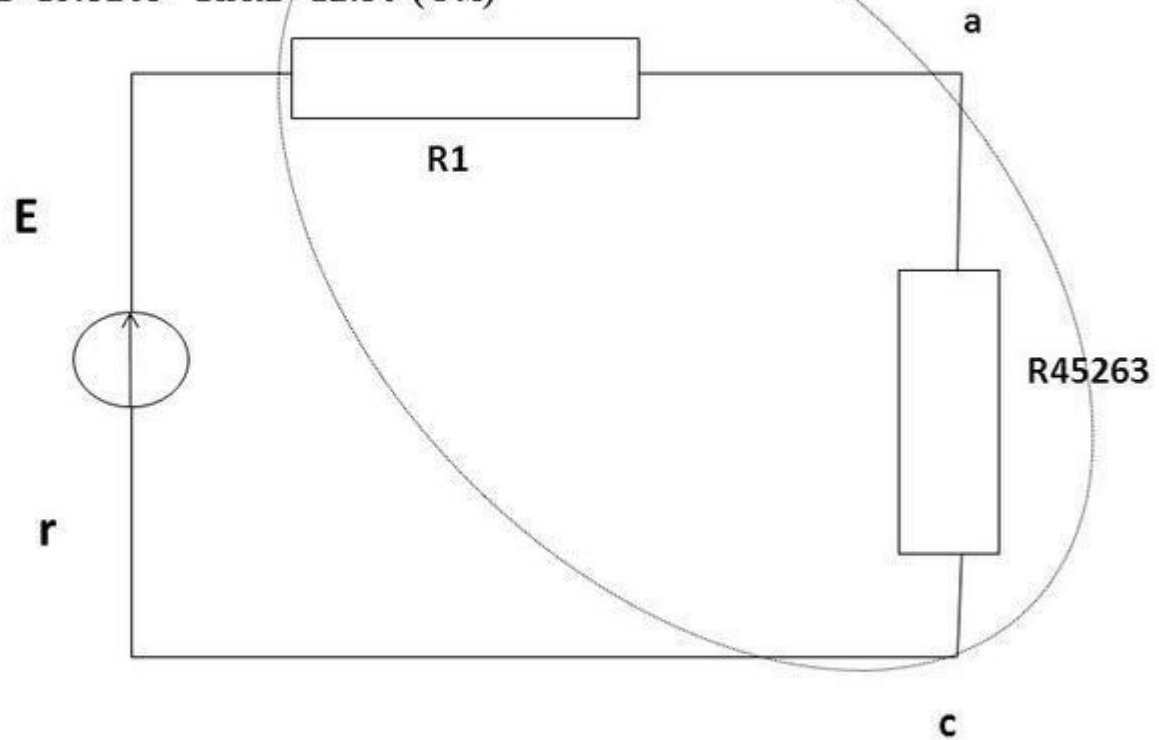
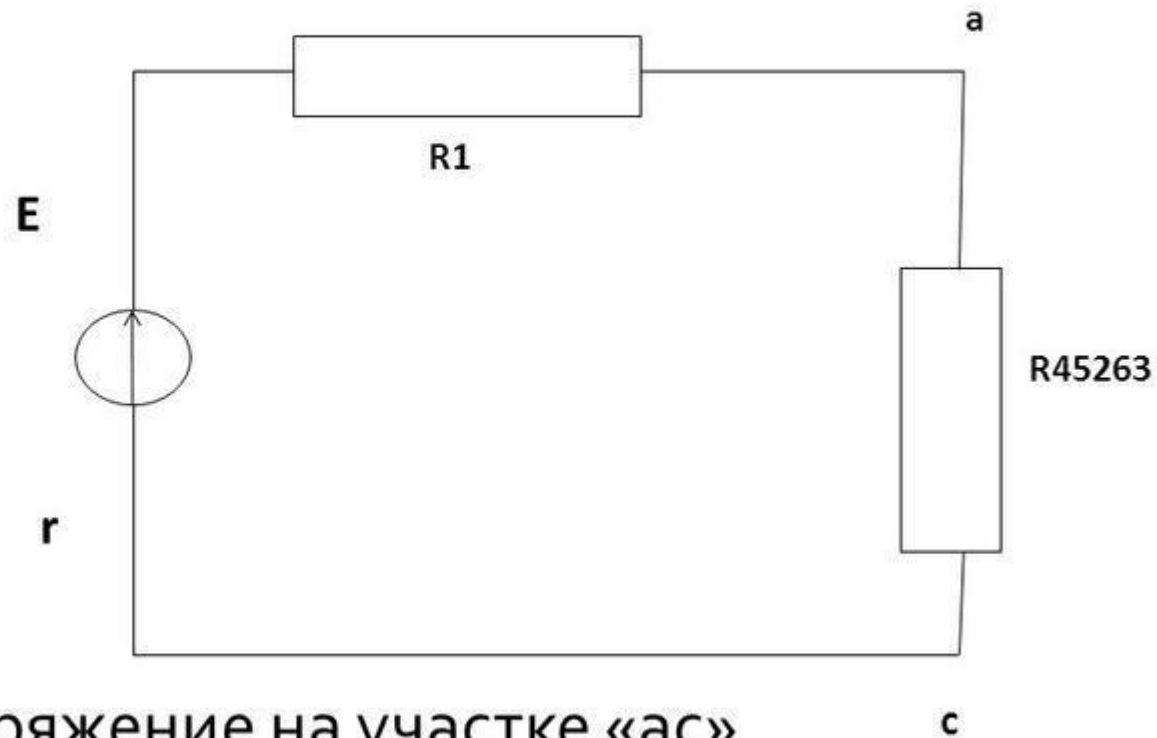


Рис 5



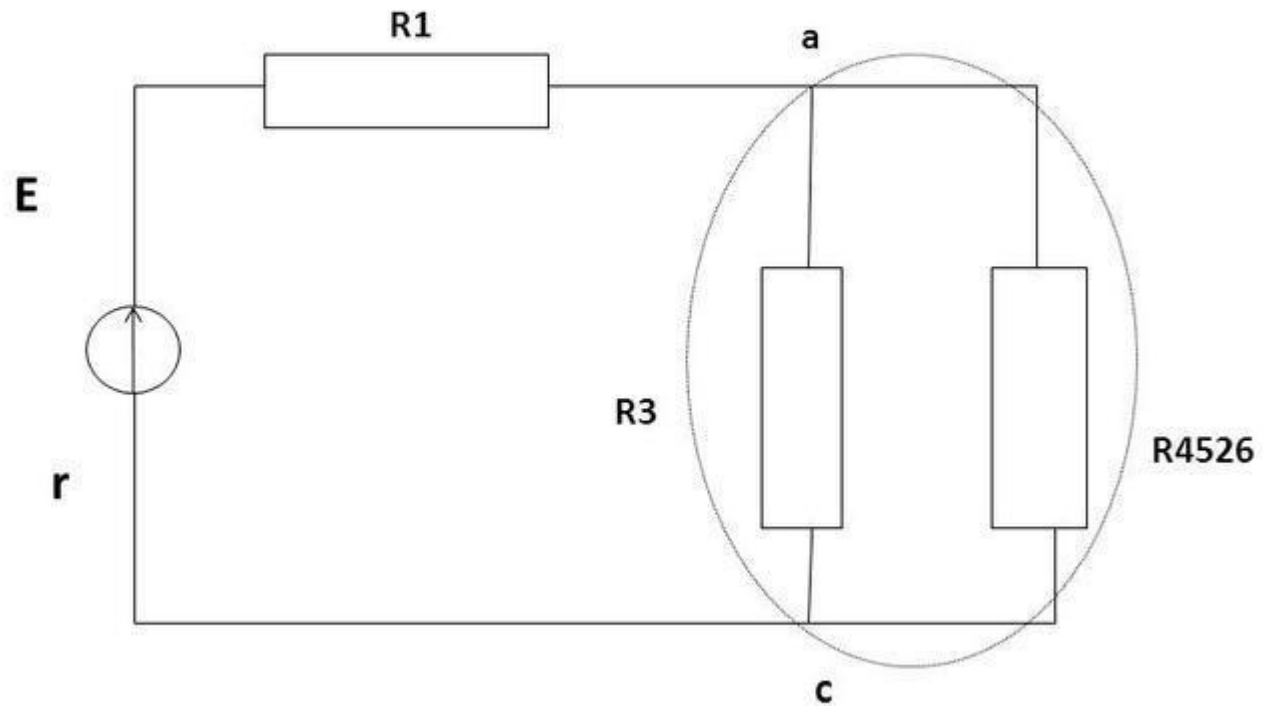
$$I = \frac{E}{R_{\text{экв}} + r} \quad I = 23 \text{ (A)} ; I_1 = I;$$



Напряжение на участке «ас»

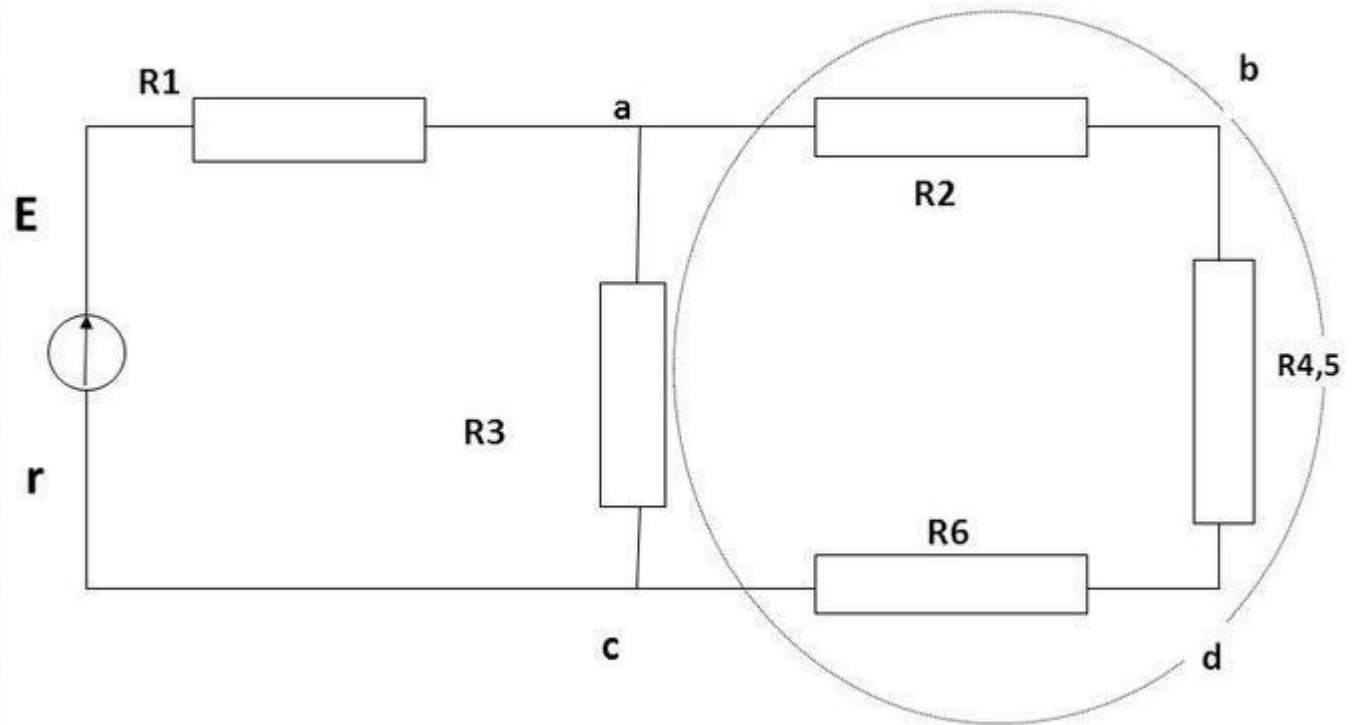
$$U_{ac} = I * R_{45263}. \quad U_{ac} = 23 * 9.56 = 220 \text{ (В)}$$

$$I_3 = \frac{U_{ac}}{R_3} \quad I_3 = 220/20 = 11 \text{ (A)} \quad I_2 = \frac{U_{ac}}{R_{4526}} \quad I_2 = 220/18.33 = 12 \text{ (A)}$$



Напряжение на участке «bd»

$$U_{bd} = I_2 * R_{4,5} \quad U_{bd} = 12 * 5.33 = 64 \text{ (В)}$$

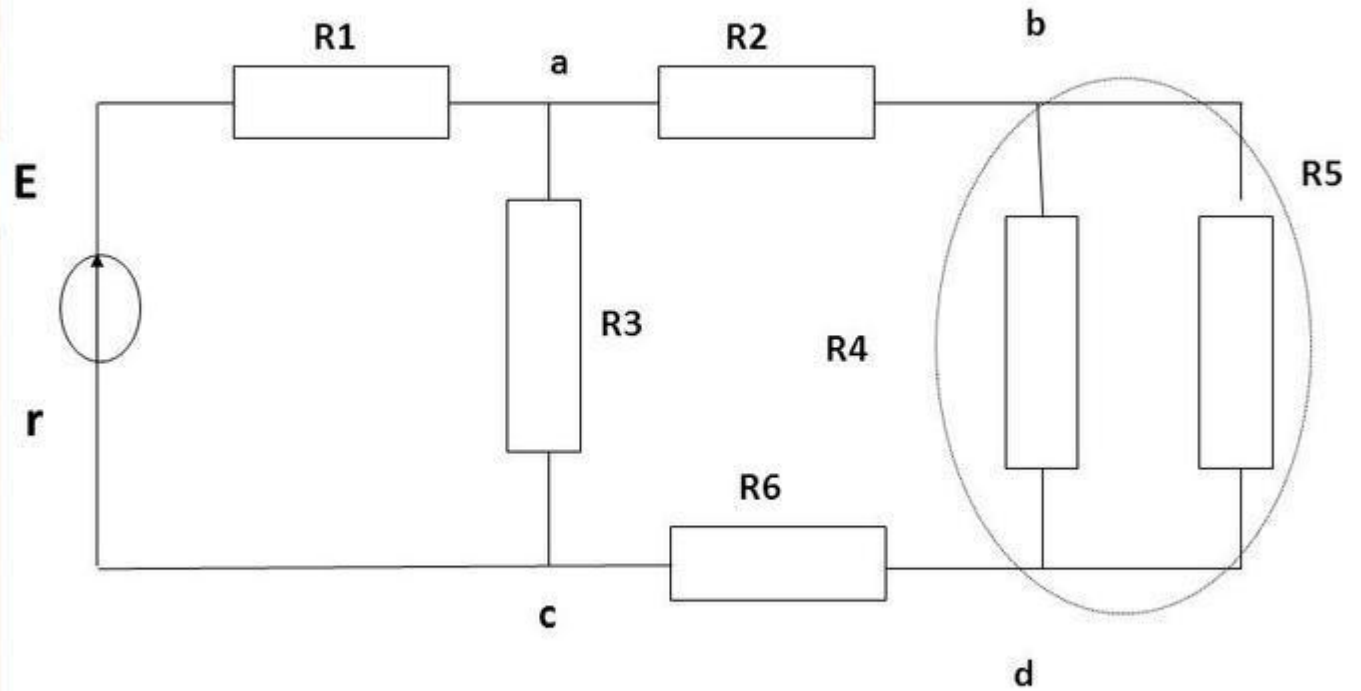


$$I_4 = \frac{Ubd}{R4}$$

$$I_5 = \frac{Ubd}{R5}$$

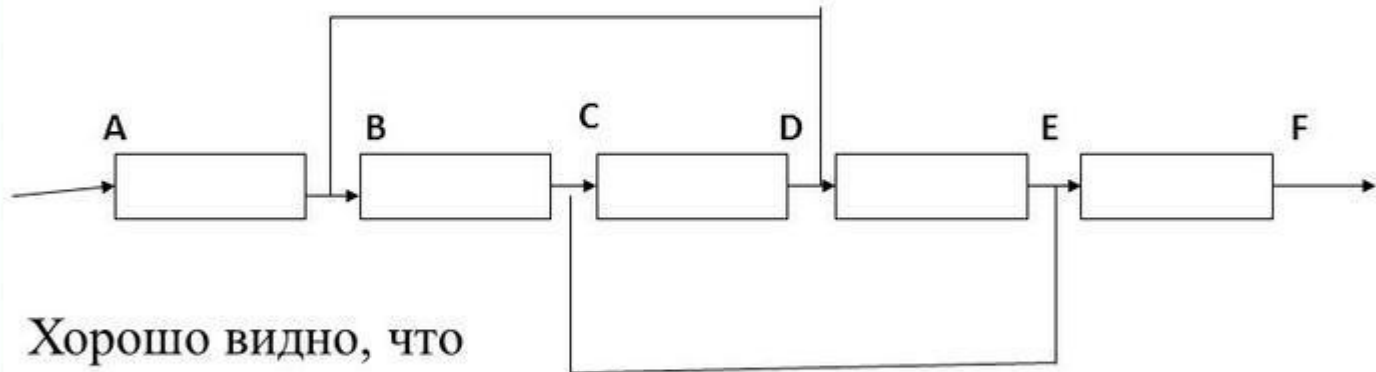
$$I_4 = 8(A)$$

$$I_5 = 4(A)$$





2. Определить сопротивление цепи изображенной на рис.8. Сопротивление каждого элемента равно  $r$



Хорошо видно, что есть точки равного потенциала. Это точки B, D, а также точки C, E

Рис.8

$$R = 7/3r$$

Три сопротивления (резистора) между точками В, Е соединены параллельно их эквивалентное сопротивление  $R_{\text{экв1}} = r/3$ . Далее имеем три последовательно, соединенных резистора.  $R = r + r/3 + r$ .

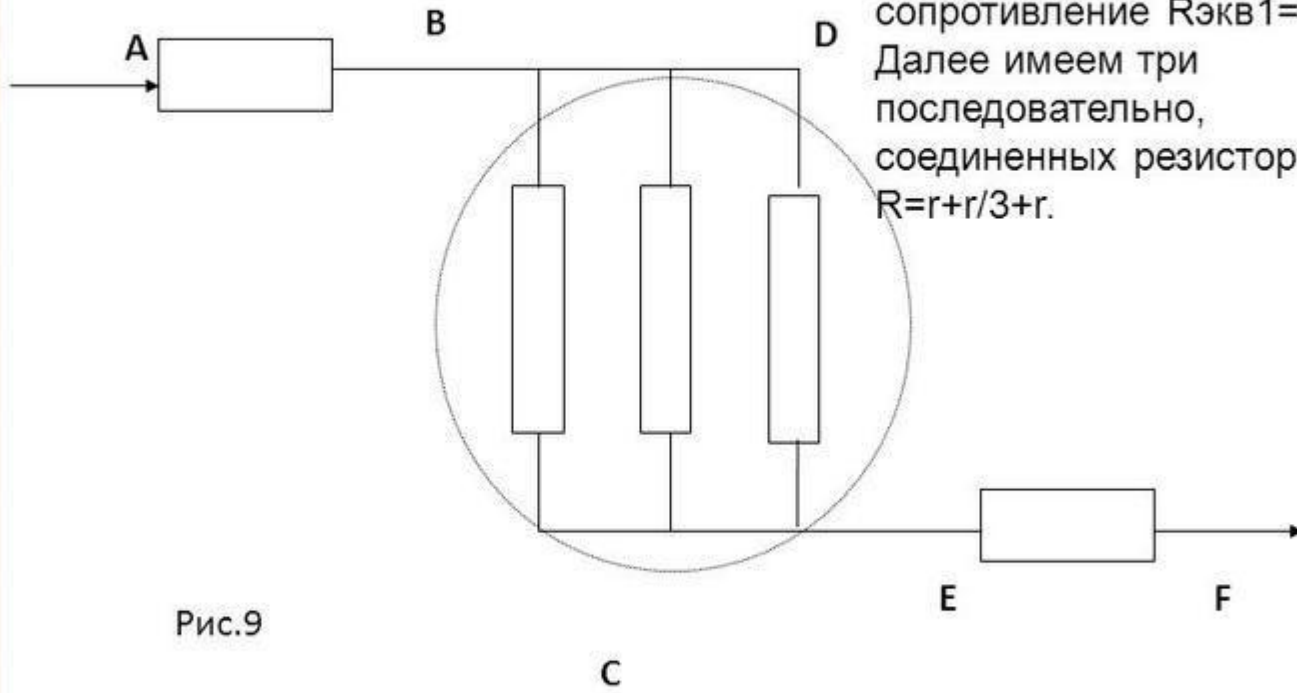


Рис.9