

# **Расчет электрических цепей с несколькими источниками ЭДС методом наложения**

# Основные понятия

*Метод наложения* основан на свойстве линейности электрических цепей.

*Метод наложения* справедлив только для линейных цепей.

*Метод наложения* применяется для определения токов в ветвях схемы с несколькими источниками.

# Алгоритм расчета

1 – Составление частных схем, с одним источником ЭДС, остальные источники исключаются, от них остаются только их внутренние сопротивления.

2 – Определение частичных токов в частных схемах, обычно это несложно, так как цепь получается простой.

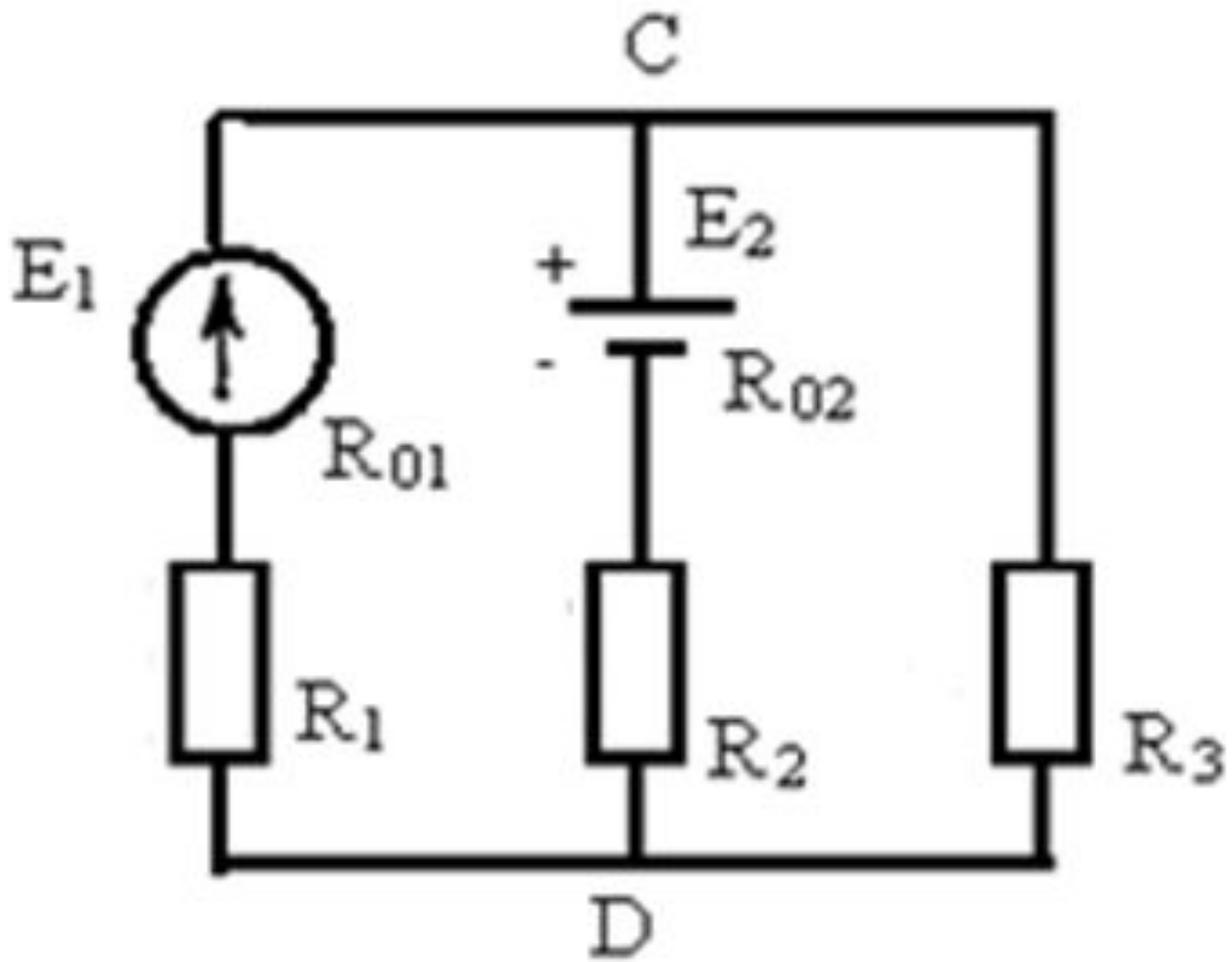
3 – Алгебраическое суммирование всех частичных токов, для нахождения токов в исходной цепи.

# Пример расчета

Определить токи во всех ветвях цепи (рисунок ), если ЭДС источников энергии  $E_1 = 150\text{В}$ ,  $E_2 = 80\text{В}$ , их внутренние сопротивления  $R_{01} = 1\ \text{Ом}$ ,  $R_{02} = 0,5\ \text{Ом}$ ; сопротивления резисторов  $R_1 = 9\ \text{Ом}$ ,  $R_2 = 19,5\ \text{Ом}$ ,  $R_3 = 25\ \text{Ом}$ .

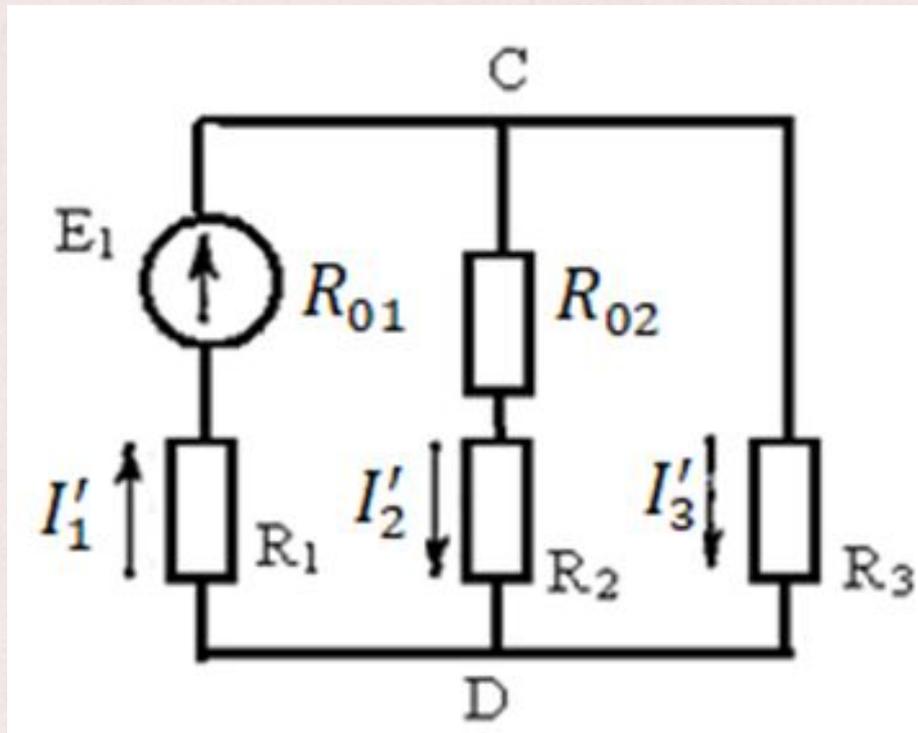
Задачу решить методом наложения.

Составить уравнение баланса мощностей.



# Решение

I. Составим частную схему с первым источником ЭДС и рассчитаем частные токи в ней, убрав второй источник. Для удобства частичные токи будем обозначать штрихами.



Рассчитывая получившуюся простую схему со смешанным соединением резисторов, находим токи ветвей схемы, создаваемые источником с ЭДС  $E_1$ .

1. Эквивалентное сопротивление цепи:

$$R' = R_1 + R_{01} + \frac{(R_2 + R_{02}) \cdot R_3}{R_2 + R_{02} + R_3}$$

$$R' = 9 + 1 + \frac{(19,5 + 0,5) \cdot 25}{19,5 + 0,5 + 25} = 21,1 \text{ Ом}$$

2. Ток первой ветви

$$I'_1 = \frac{E_1}{R'} = \frac{150}{21,1} = 7,11 \text{ А}$$

3. Напряжение между точками  $C$  и  $D$  в схеме 2:

$$U'_{CD} = E_1 - I'_1 \cdot (R_1 + R_{01}) = 150 - 7,11 \cdot (9 + 1) = 78,9 \text{ В}$$

4. Ток второй и третьей ветви:

$$I'_2 = \frac{U'_{CD}}{R_2 + R_{02}} = \frac{78,9}{19,5 + 0,5} = 3,95 \text{ А}$$

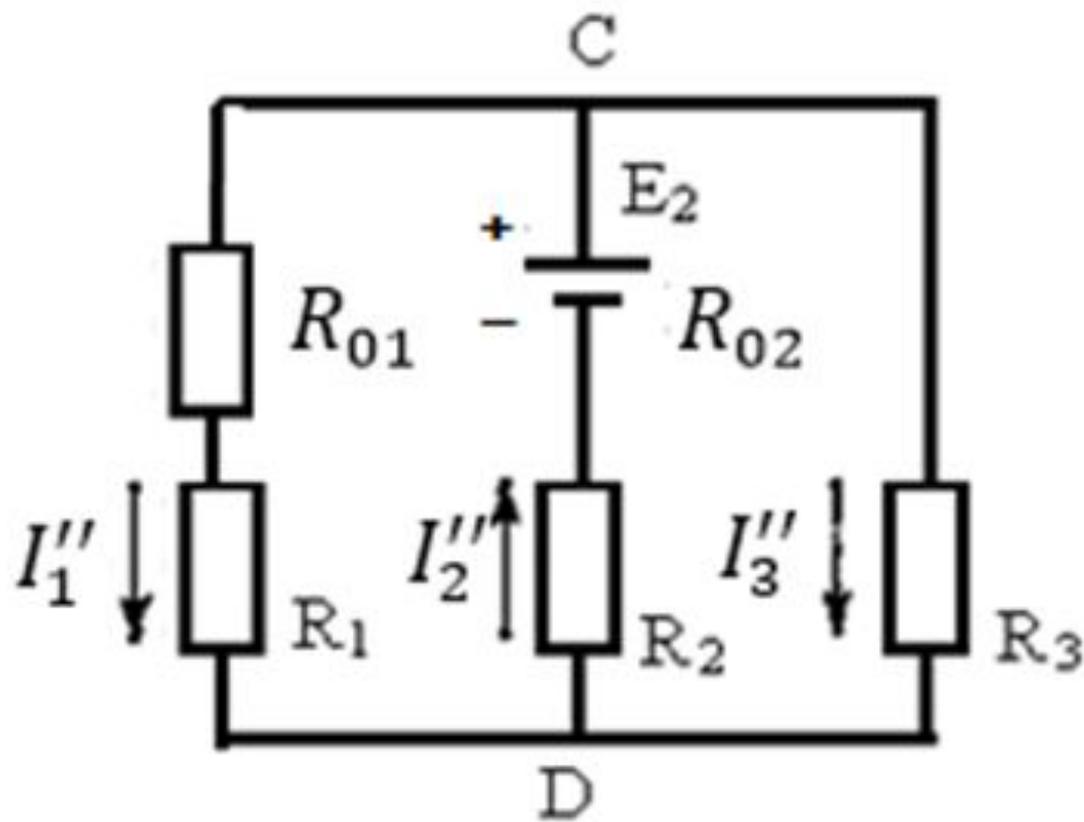
$$I'_3 = \frac{U'_{CD}}{R_3} = \frac{78,9}{25} = 3,16 \text{ А}$$

5. Показываем на схеме 2, направление полученных токов. Проверяем по первому закону Кирхгофа:

$$I'_1 = I'_2 + I'_3; \quad 7,11 = 3,95 + 3,16 \quad 7,11 \text{ A} = 7,11 \text{ A}$$

II. Составим частную схему со вторым источником ЭДС и рассчитаем частные токи в ней, убрав второй источник.

Для удобства частичные токи будем обозначать штрихами.



1. Рассчитывая получившуюся простую схему со смешанным соединением резисторов, находим токи ветвей схемы, создаваемые источником с ЭДС  $E_2$ .  
Эквивалентное сопротивление цепи:

$$R'' = R_2 + R_{02} + \frac{(R_1 + R_{01}) \cdot R_3}{R_1 + R_{01} + R_3}$$

$$R'' = 19,5 + 0,5 + \frac{(9 + 1) \cdot 25}{9 + 1 + 25} = 27,14 \text{ Ом}$$

2. Ток второй ветви:

$$I_2'' = \frac{E_2}{R''} = \frac{80}{27,14} = 2,95 \text{ A}$$

3. Напряжение между точками  $C$  и  $D$  в схеме 3:

$$U_{CD}'' = E_2 - I_2'' \cdot (R_2 + R_{02}) = 80 - 2,95 \cdot (19,5 + 0,5) = 21 \text{ В}$$

4. Ток первой и третьей ветви:

$$I_1'' = \frac{U_{CD}''}{R_1 + R_{01}} = \frac{21}{9 + 1} = 2,10 \text{ A}$$

$$I_3'' = \frac{U_{CD}''}{R_3} = \frac{21}{25} = 0,84 \text{ A}$$

5. Показываем на схеме 3, направление полученных токов. Проверяем по первому закону Кирхгофа:

$$I_2'' = I_1'' + I_3''; \quad 2,95 = 2,10 + 0,84 \quad 2,95 \text{ A} \approx 2,94 \text{ A}$$

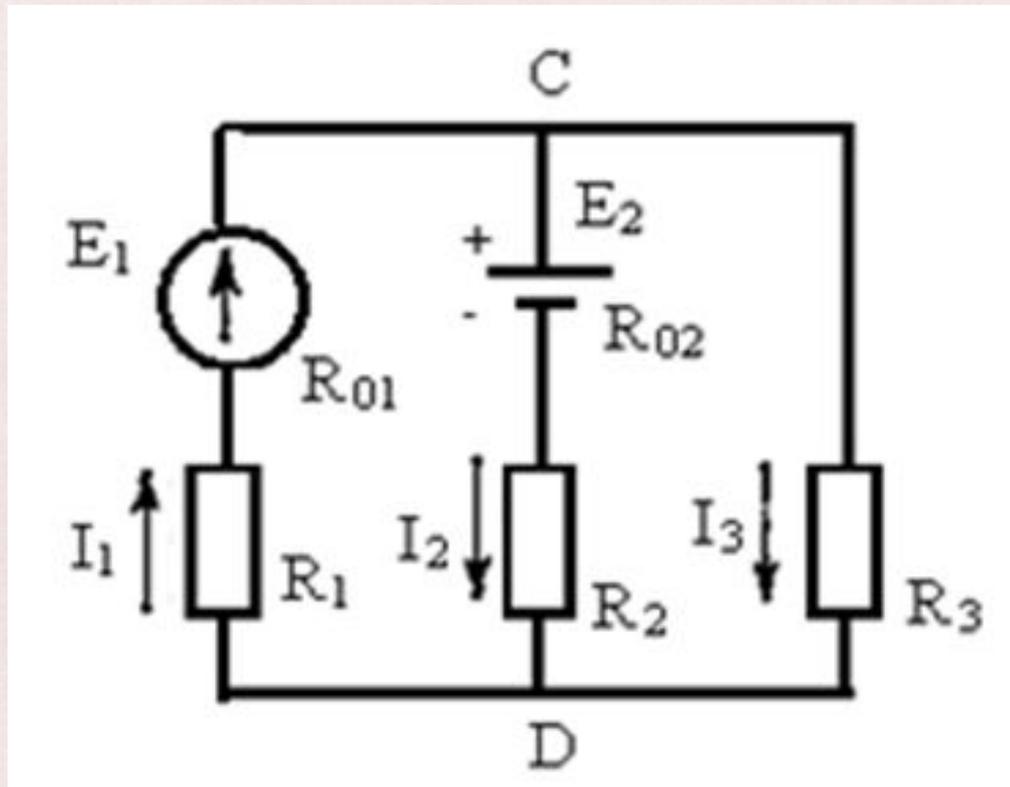
III. Для получения действительных токов в заданной цепи, наложим друг на друга токи, создаваемыми отдельными источниками с ЭДС  $E_1$  и  $E_2$  (схемы 2 и 3) и учитывая их направления получим:

$$I_1 = I_1' - I_1'' = 7,11 - 2,10 \approx 5 \text{ A}$$

Направление тока  $I_1$  совпадает с направлением тока  $I_1'$ , т.е. от узла  $D$  к узлу  $C$ :

$$I_2 = I_2' - I_2'' = 3,95 - 2,95 = 1 \text{ A}$$

Направление тока  $I_3$  совпадает с направлением тока  $I'_3$  и  $I''_3$  т.е. от узла C к узлу D.



Проверка по первому закону Кирхгофа:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \quad 5 - 1 - 4 = 0$$

Составим уравнение баланса мощностей цепи.

$$\sum P_{\text{ист}} = \sum P_{\text{потр}}$$

$$|E_1 I_1 + E_2 I_2 = I_1^2 (R_1 + R_{01}) + I_2^2 (R_2 + R_{02}) + I_3^2 R_3$$

$$150 \cdot 5 + 80 \cdot (-1) = 5^2 (9 + 1) + (-1)^2 (19.5 + 0.5) + 4^2 \cdot 25$$

$$670 \text{ Вт} = 670 \text{ Вт}$$

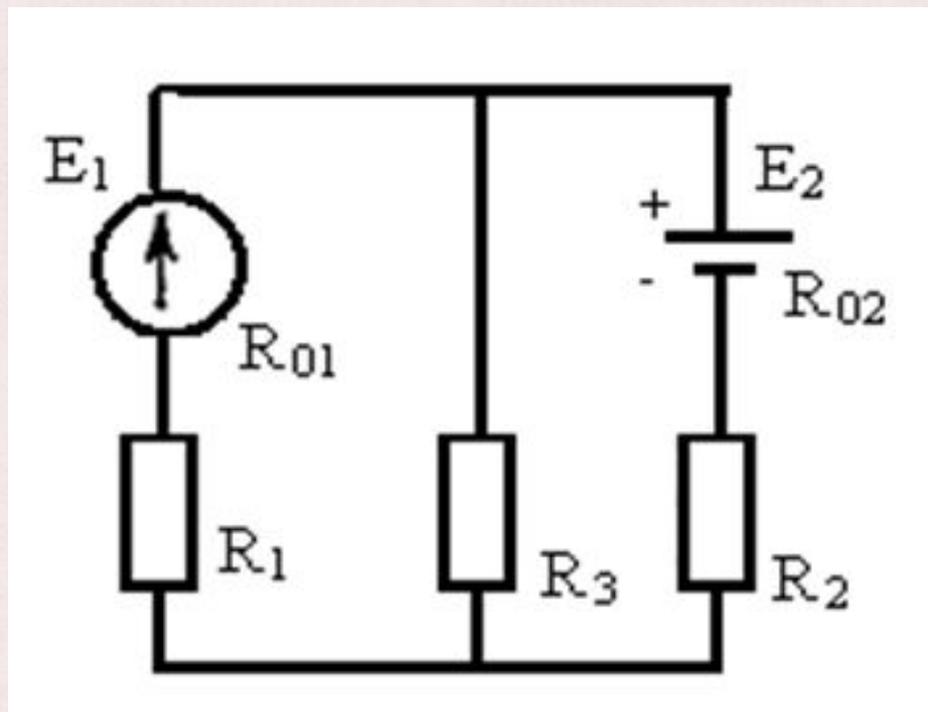
## Домашняя работа:

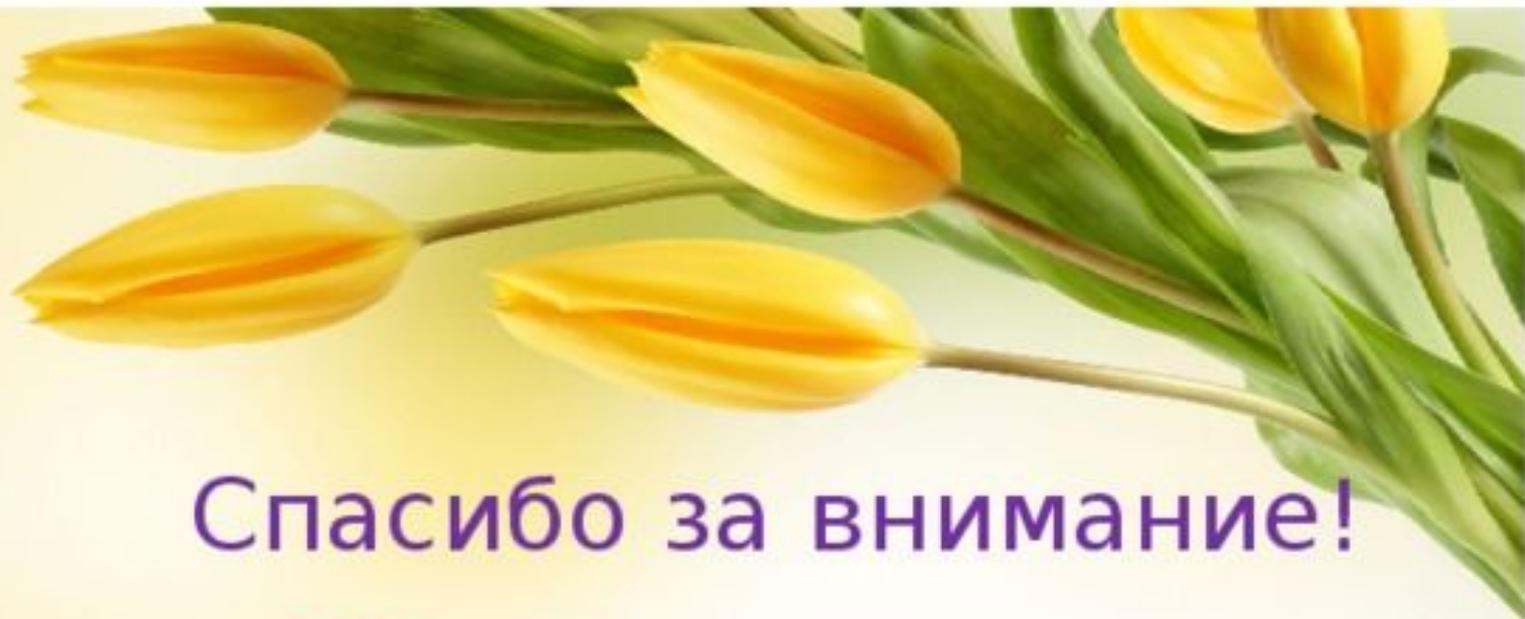
1. Изучить презентацию по данной теме, записать алгоритм и пример решения задач методом наложения.
2. Попробовать решить следующую задачу.  
На сложной схеме электрической цепи:  $E_1$ ,  $E_2$  – ЭДС источников энергии;  $R_{01}$ ,  $R_{02}$  – их внутренние сопротивления;  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  – сопротивления резисторов.  
Начертить схему цепи; показать направление токов в ветвях. Определить токи ветвей  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  методом наложения.  
Составить уравнение баланса мощностей.

# Домашняя работа:

## Данные задачи

$E_1, \text{В}$	$E_2, \text{В}$	$R_{01}, \text{Ом}$	$R_{02}, \text{Ом}$	$R_1, \text{Ом}$	$R_2, \text{Ом}$	$R_3, \text{Ом}$
85	200	0,3	2,0	12,0	1,7	12,0





**Спасибо за внимание!**

**Желаю**

**всем**

**удачи!**

