

*Теоретические основы
электротехники*

Прокубовская А.О.

Координаты

- E-mail:
 - alla.prokubovskaya@rsvpu.ru
 - proku-alla@yandex.ru
 - proku.alla@gmail.com
- Телефон: (343)2214632
- Аудитория: 0-111

Структура дисциплины

ТОЭ, ч. 1

- Лекции 16 часов;
- Лабораторные работы 16 часов;
- Зачет

ТОЭ, ч. 2

- Лекции 16 часов;
- Лабораторные работы 16 часов;
- Экзамен

Тематический план

1. Электрические цепи постоянного тока.
2. Электрические цепи однофазного синусоидального тока.
3. Электрические цепи однофазного периодического несинусоидального тока.
4. Трехфазные электрические цепи.
5. Переходные процессы в электрических цепях постоянного тока.
6. Нелинейные электрические цепи постоянного тока

1. Электрические цепи постоянного тока

1. Основные понятия и определения
2. Основные законы цепей постоянного тока
3. Методы расчета электрических цепей постоянного тока

Основные понятия и определения

- Электрическая цепь – совокупность устройств и объектов, электромагнитные процессы в которых могут быть описаны с помощью таких понятий, как электродвижущая сила (ЭДС), ток, напряжение, сопротивление.

Основные понятия и определения

- Элемент электрической цепи – отдельное устройство, входящее в состав электрической цепи и выполняющее в ней определенную функцию.
- Основные элементы электрической цепи – источники и приемники электроэнергии.

Основные понятия и определения

- **Источники** электроэнергии:
различные виды энергии (химическая – в гальванических элементах;
механическая – в генераторах;
световая; тепловая) преобразуются в электромагнитную или электрическую

Основные понятия и определения

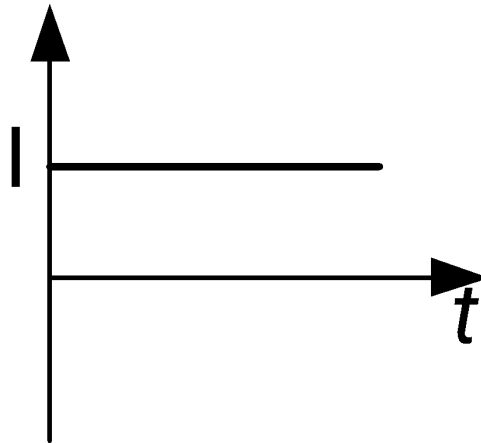
- **Приемники** электроэнергии:
электромагнитная энергия преобразуется в другие виды энергии (химическую – гальванические ванны; тепловую – нагревательные приборы; механическую – электрические двигатели)

Классификация электрических цепей

1. По виду тока
2. По характеру параметров элементов
3. В зависимости от наличия или отсутствия источника электроэнергии (активные и пассивные)

Классификация электрических цепей: по виду тока

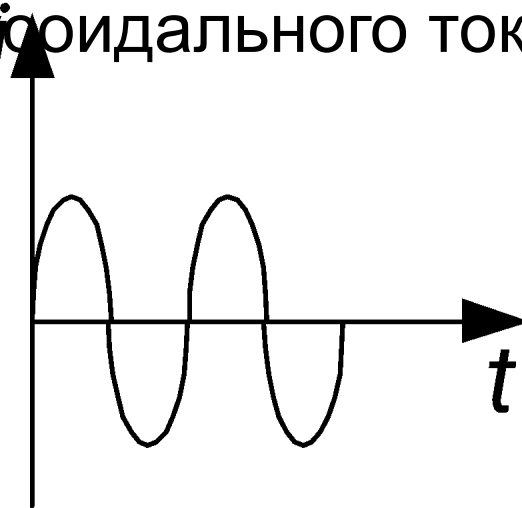
- цепи постоянного тока – электрический ток не изменяется во времени



Классификация электрических цепей по виду тока

□ цепи переменного тока

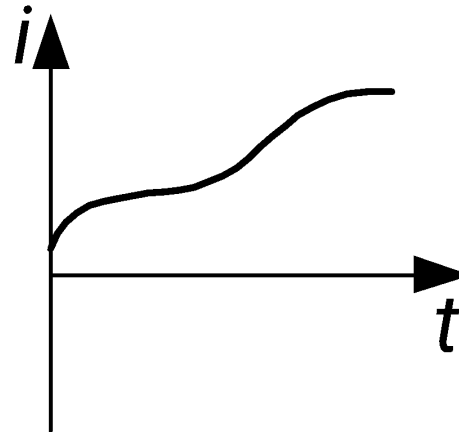
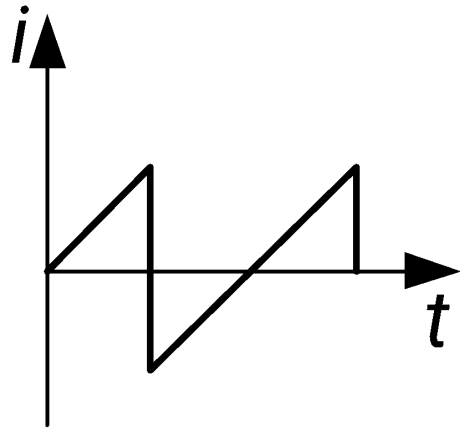
- цепи синусоидального тока



Классификация электрических цепей по виду тока

□ цепи переменного тока

- цепи несинусоидального тока

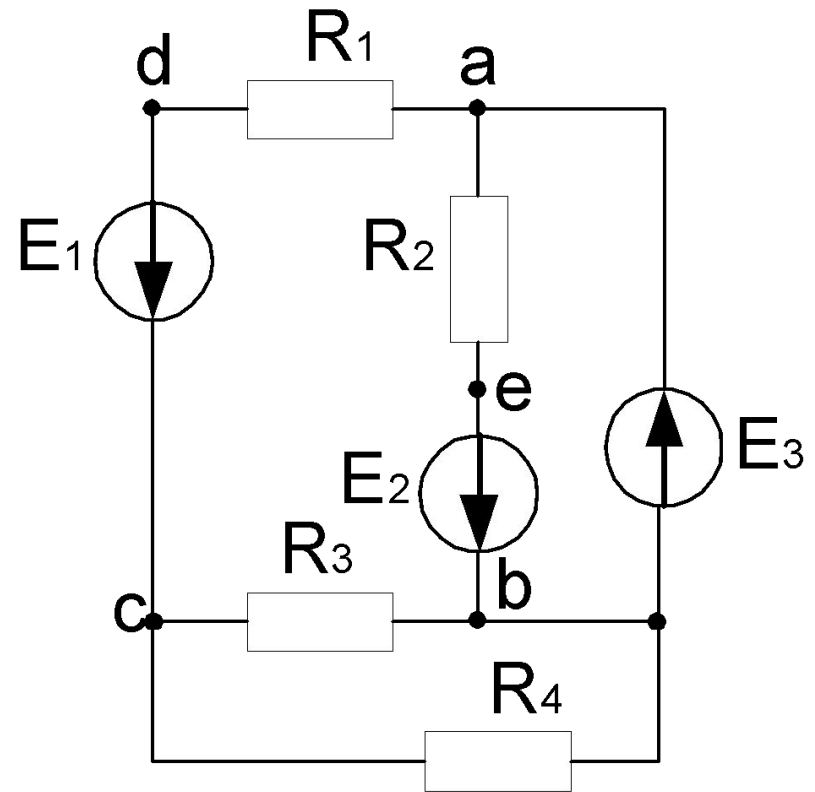


Классификация электрических цепей: по характеру параметров элементов

- линейные цепи – цепи, сопротивления которых не зависят от значений и направлений токов;
- нелинейные

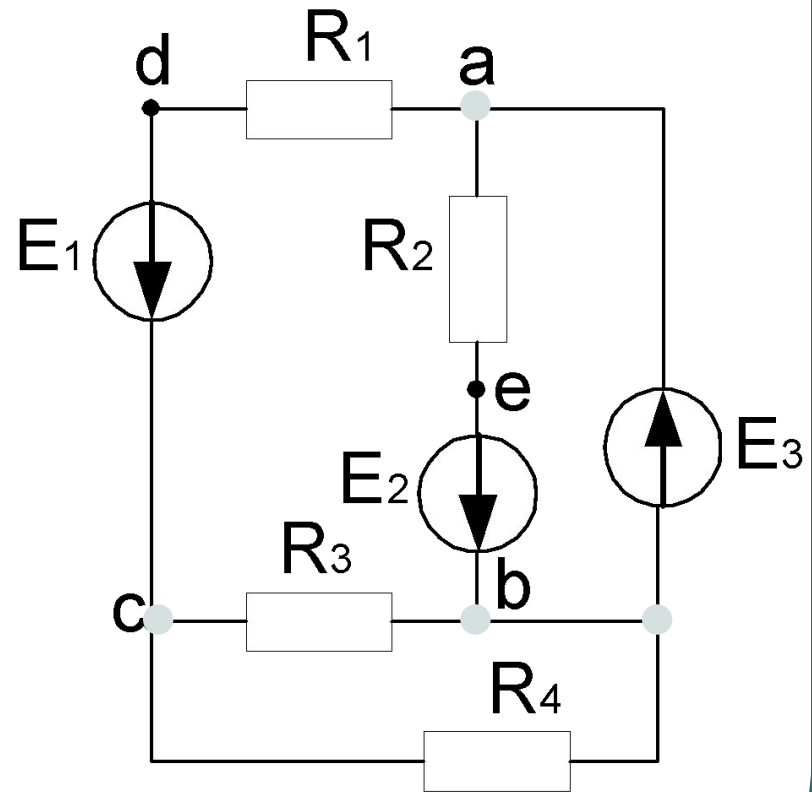
Топологические понятия теории электрических цепей

Ветвь электрической цепи – участок, элементы которого соединены друг за другом, т.е. последовательно. Ток в элементах ветви один и тот же



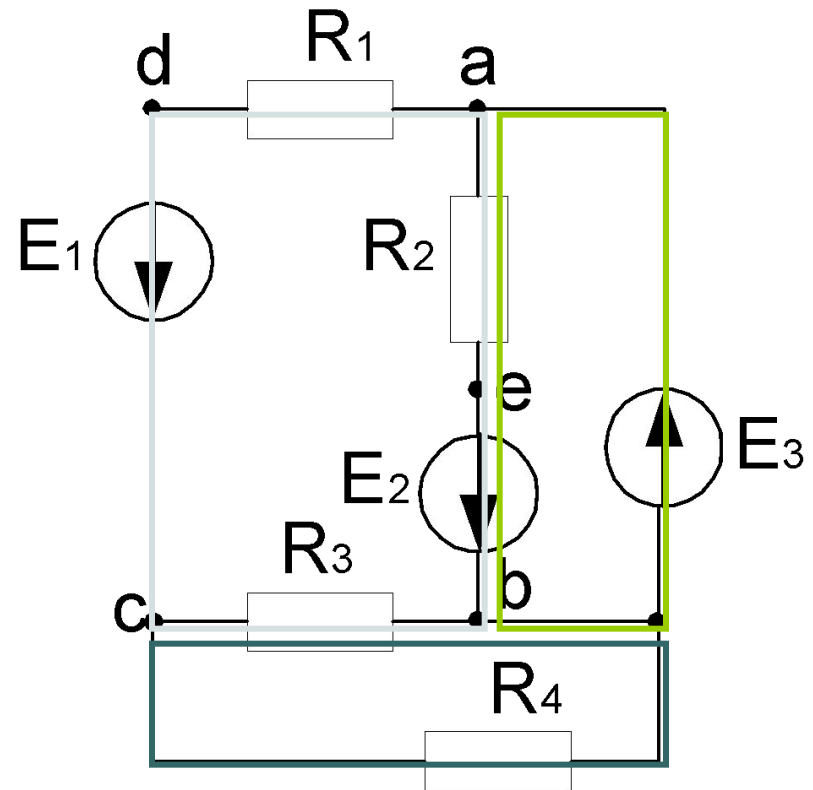
Топологические понятия теории электрических цепей

Узел электрической цепи
– место соединения ветвей



Топологические понятия теории электрических цепей

Контур – любой замкнутый путь вдоль ветвей электрической цепи

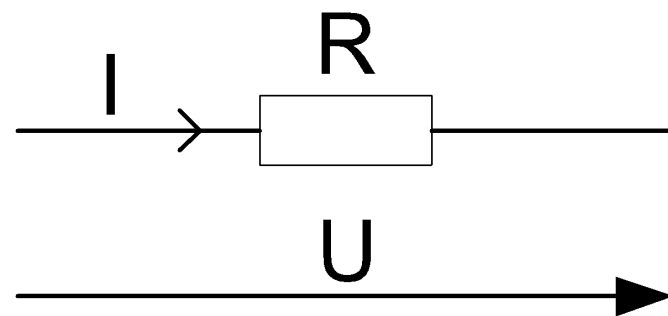


Основные законы цепей постоянного тока

- Закон Ома
 - для участка цепи без источника ЭДС
 - обобщенный закон Ома (для участка цепи с ЭДС)
- I закон Кирхгофа
- II закон Кирхгофа

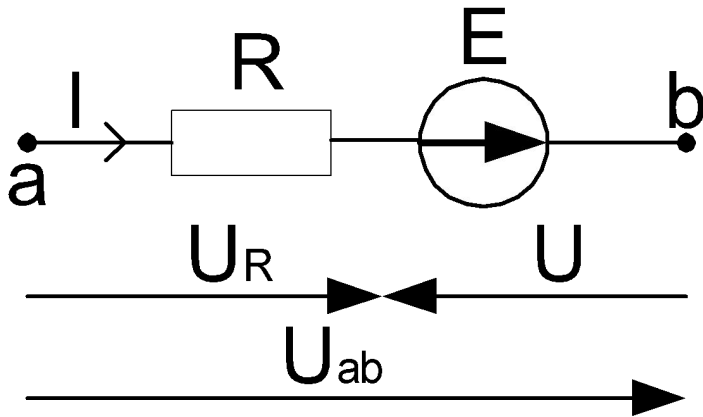
Закон Ома для участка цепи без источника

Сила тока на участке электрической цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна сопротивлению этого участка

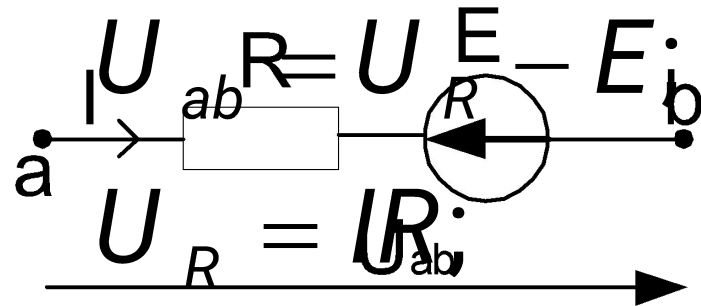


$$I = \frac{U}{R}$$

Обобщенный закон Ома (для участка цепи с ЭДС)



$$I = \frac{U_{ab} + E}{R}$$



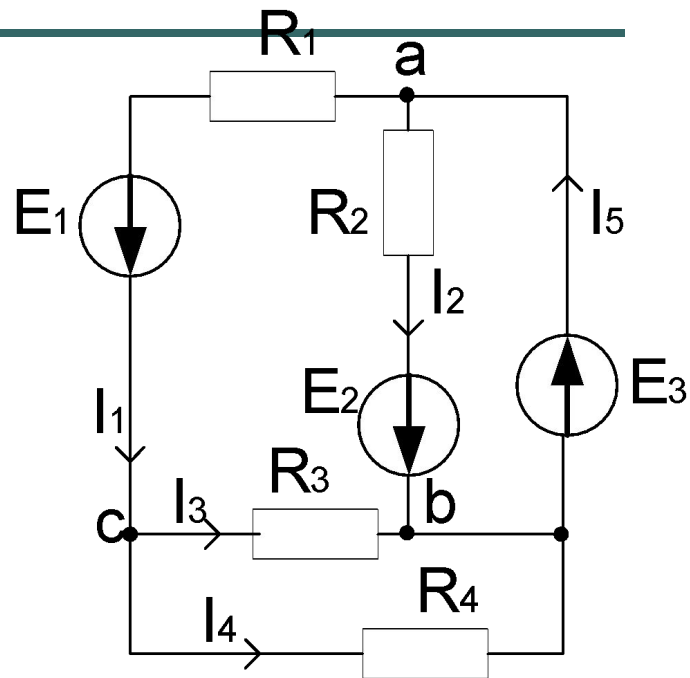
$$U_{ab} = IR - E;$$

$$I = \frac{U_{ab} - E}{R}$$

закон Кирхгофа

Алгебраическая сумма токов в узле электрической цепи равна нулю.

Токи, одинаково направленные относительно узла, записываются с одинаковым знаком



Для узла а:

$$I_1 + I_2 - I_5 = 0$$

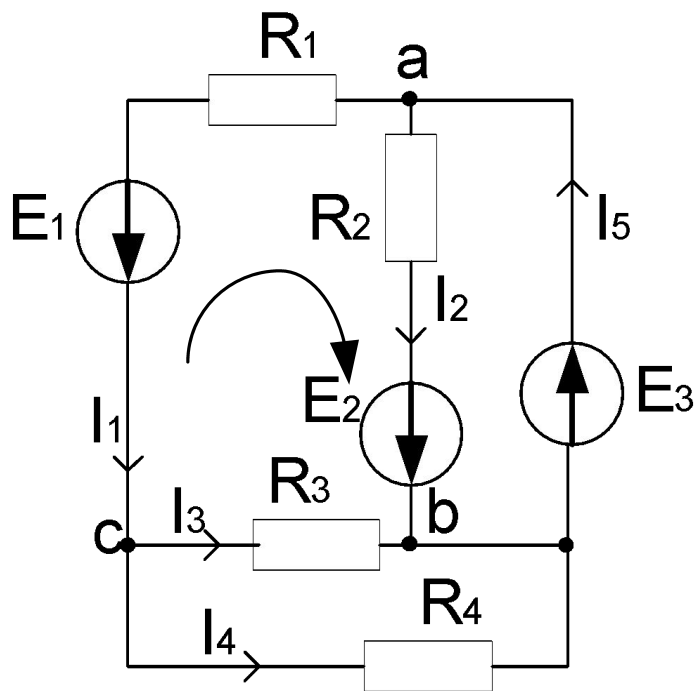
|| закон Кирхгофа

Алгебраическая сумма падений напряжений любого контура равна алгебраической сумме ЭДС этого контура

Падения напряжения: знак «+», если направления тока совпадает с направлением обхода контура;

ЭДС: знак «+», если направления ЭДС и обхода контура совпадают

II закон Кирхгофа



контур abca

$$-E_1 + E_2 = I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_1 R_1$$

контур aba

$$E_3 + E_2 = I_2 R_2$$

контур bcb

$$0 = I_3 R_3 - I_4 R_4$$

Баланс мощности

На основании закона сохранения энергии мощность, развиваемая источниками электроэнергии, равна сумме мощностей всех приемников и потерь в источниках из-за внутренних сопротивлений.

Если направление ЭДС и тока совпадают, то EI в сумме записываются со знаком «+»

Баланс мощности

Для цепи постоянного тока:

МОЩНОСТЬ ИСТОЧНИКОВ

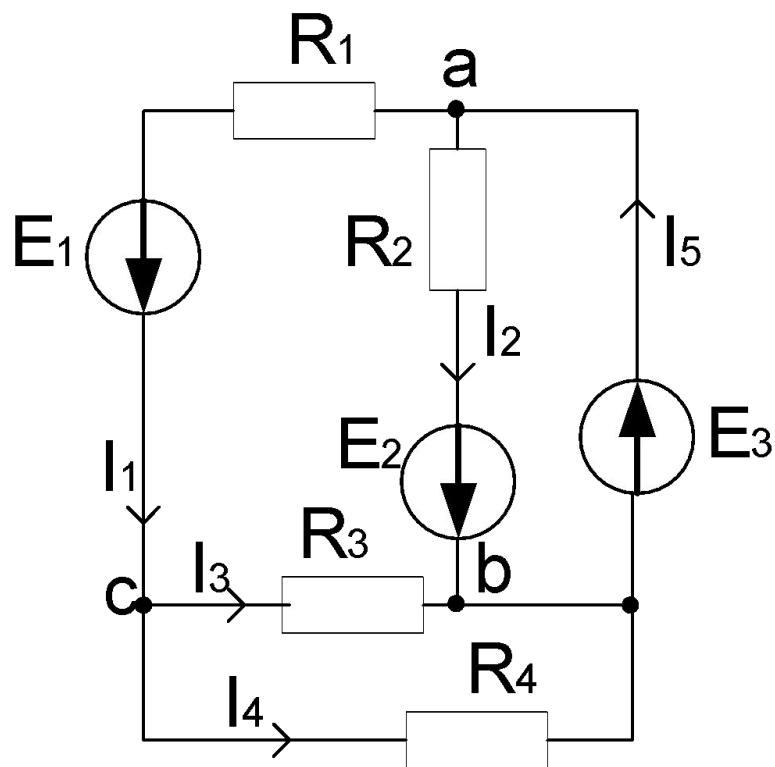
$$P_{ист} = EI$$

МОЩНОСТЬ ПРИЕМНИКОВ

$$P_{пр} = I^2 R$$

$$[P] = Вт$$

Баланс мощности



$$\begin{aligned} E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_5 &= \\ &= I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 \end{aligned}$$

Методы расчета электрических цепей

Постановка задачи:

в известной схеме цепи с заданными параметрами необходимо рассчитать токи, напряжения, мощности на отдельных участках

Методы расчета электрических цепей

- преобразования цепи;
- непосредственного применения законов Кирхгофа;
- контурных токов;
- узловых потенциалов;
- наложения;
- эквивалентного генератора

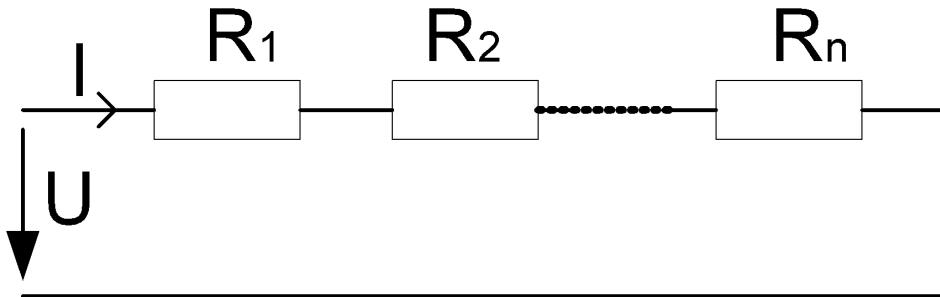
Метод преобразования цепи

Суть метода:

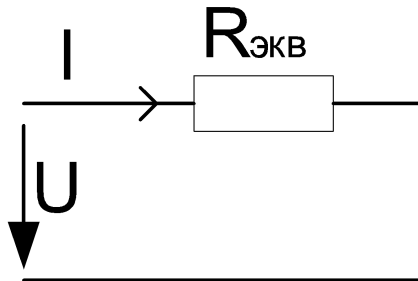
если несколько последовательно или (и) параллельно включенных сопротивлений заменить одним, то распределение токов в электрической цепи не изменится.

Метод преобразования цепи

Последовательное соединение резисторов



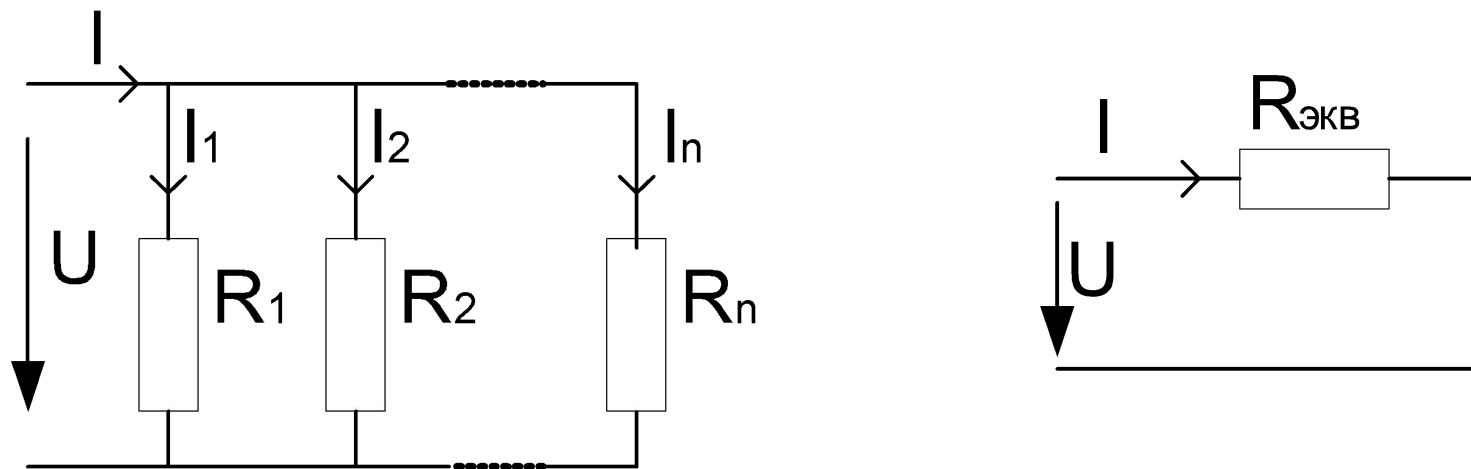
Ток во всех последовательно соединенных элементах одинаков



$$R_1 + R_2 + \dots + R_n = R_{\text{ЭКВ.}}$$

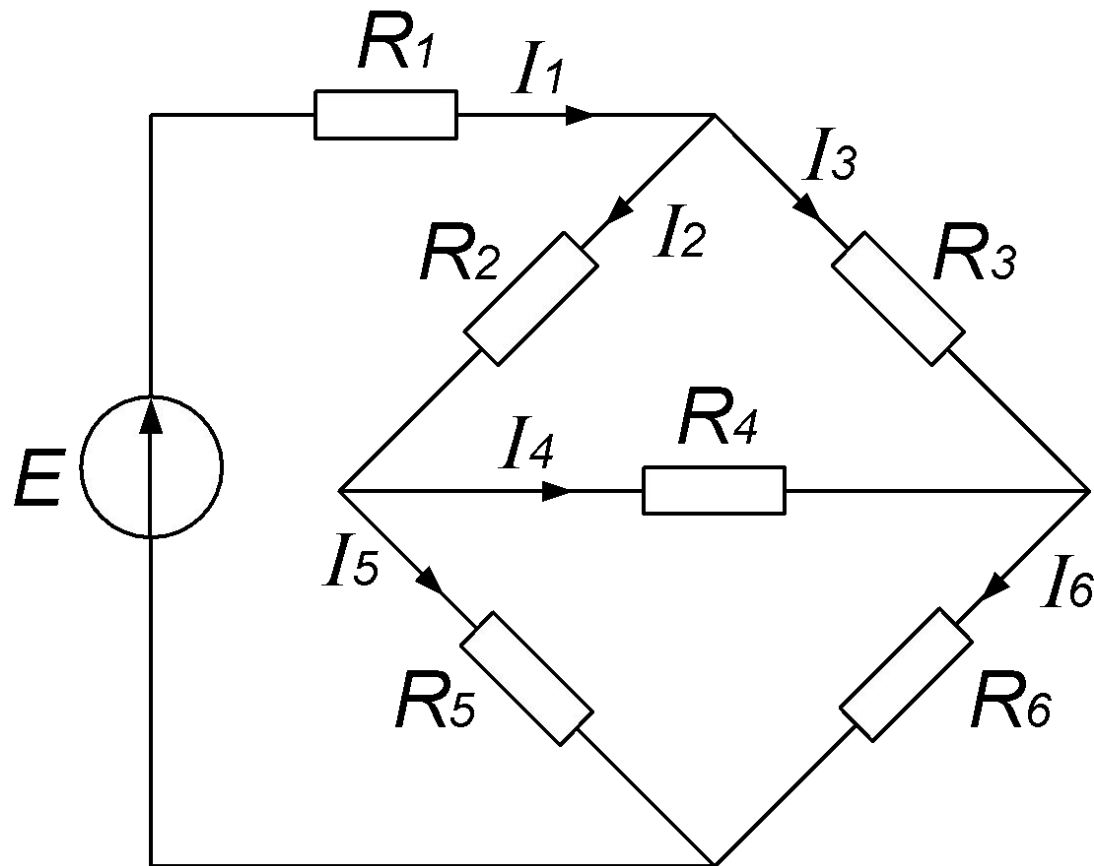
Метод преобразования цепи

Параллельное соединение резисторов



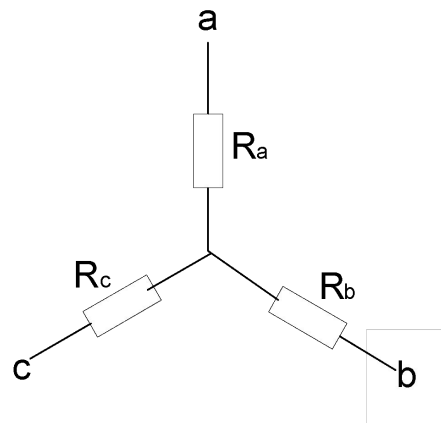
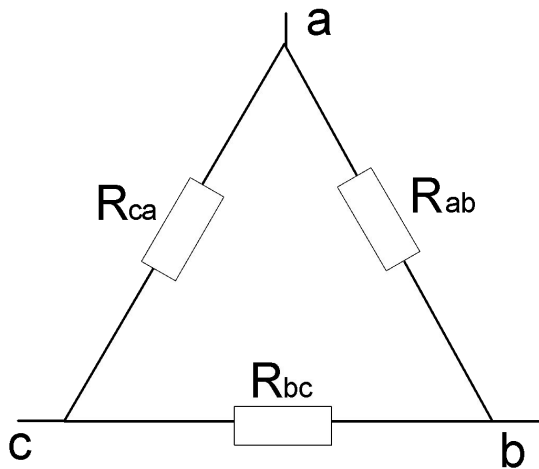
$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \frac{1}{R_{\text{ЭКВ.}}}$$

Метод преобразования цепи



Метод преобразования цепи

Преобразование треугольника сопротивлений в звезду



$$R_a = \frac{R_{ab} R_{ca}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}};$$

$$R_b = \frac{R_{bc} R_{ab}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}};$$

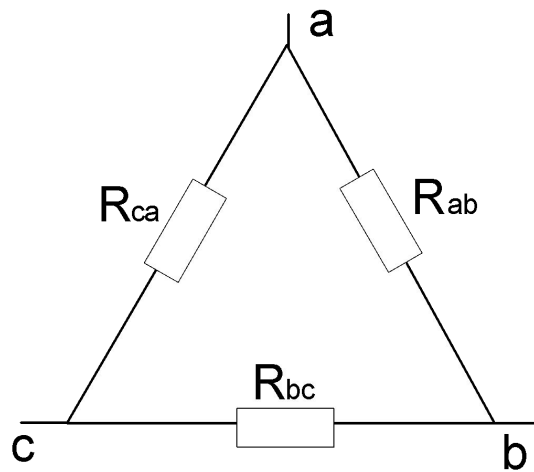
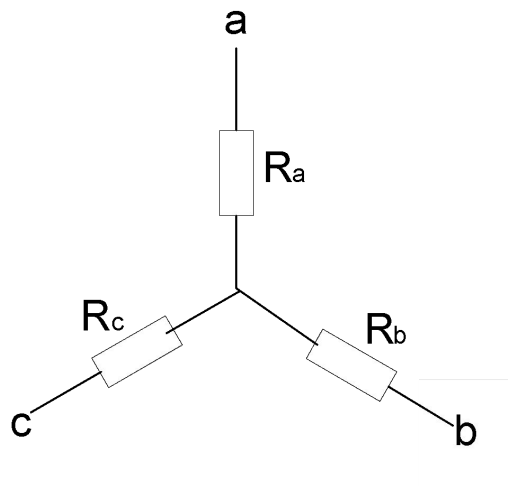
$$R_c = \frac{R_{ca} R_{bc}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}.$$

Дано: R_{ab}, R_{bc}, R_{ca}

Определить: R_a, R_b, R_c

Метод преобразования цепи

Преобразование звезды сопротивлений в треугольник



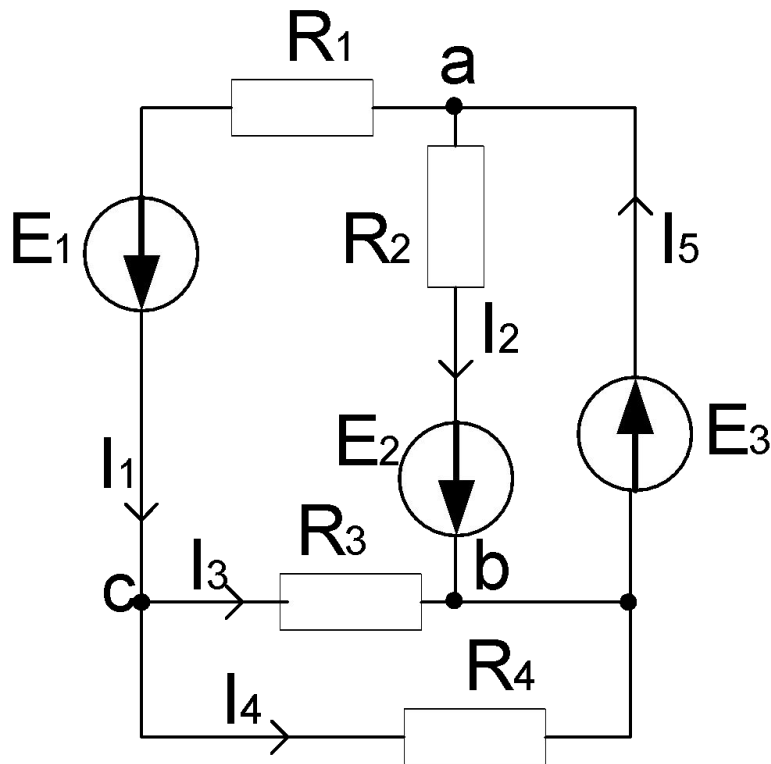
$$R_{ab} = R_a + R_b + \frac{R_a R_b}{R_c};$$

$$R_{bc} = R_b + R_c + \frac{R_b R_c}{R_a};$$

$$R_{ca} = R_c + R_a + \frac{R_c R_a}{R_b}.$$

Дано: R_a, R_b, R_c Определить: R_{ab}, R_{bc}, R_{ca}

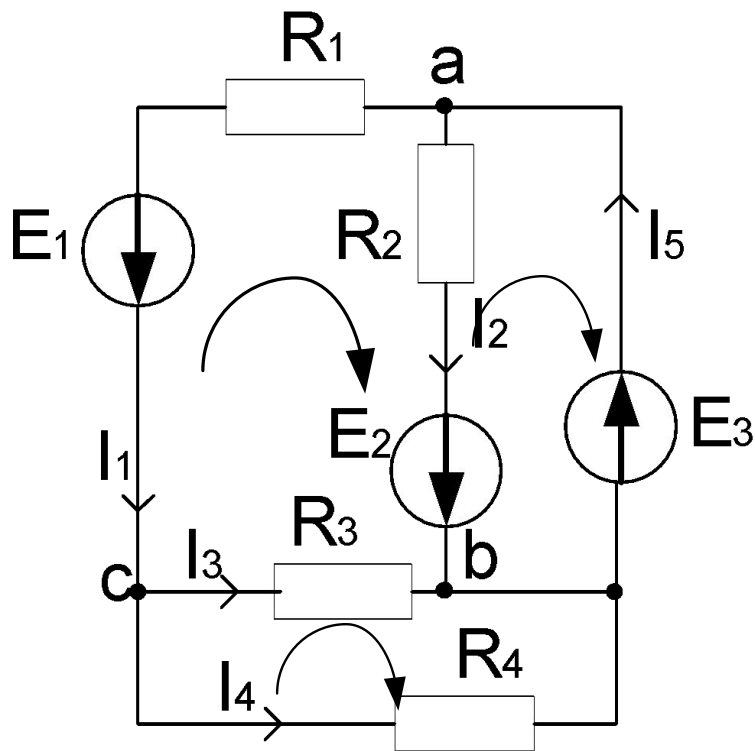
Метод непосредственного применения законов Кирхгофа



- Определить число ветвей (т.е. токов) и узлов в схеме. Общее число уравнений должно быть равно числу неизвестных токов.

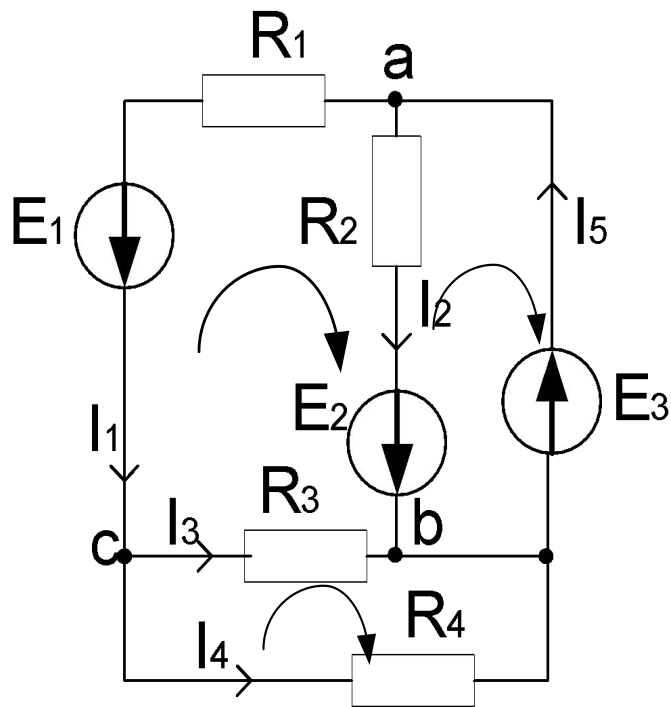
$$N_{\text{ветвей}} = 5; \quad N_{\text{узлов}} = 3$$

Метод непосредственного применения законов Кирхгофа



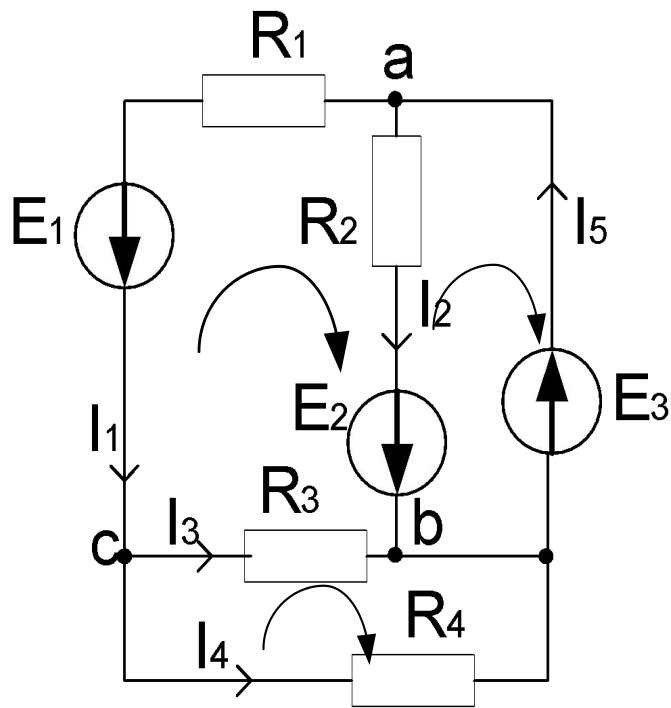
- Произвольно выбрать условно положительные направления обхода контура.

Метод непосредственного применения законов Кирхгофа



- Составить уравнения для $(N_{\text{узлов}} - 1)$ по I закону Кирхгофа и
- для $N_{\text{ветвей}} - (N_{\text{узлов}} - 1)$ независимых контуров - по II закону Кирхгофа.

Метод непосредственного применения законов Кирхгофа



$$I_1 + I_2 - I_5 = 0$$

$$I_2 + I_3 + I_4 - I_5 = 0$$

$$-E_1 + E_2 = -I_1 R_1 + I_2 R_2 - I_3 R_3$$

$$-E_2 - E_3 = -I_2 R_2$$

$$0 = I_3 R_3 - I_4 R_4$$

Метод непосредственного применения законов Кирхгофа

- Решить систему уравнений относительно токов. Если в результате ток получился отрицательным, то его действительное направление противоположно выбранному.
- Проверить правильность решения задачи, составив уравнение баланса мощности.