



ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

ТРАНСПОРТНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ



# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Разработчик: к.т.н., доцент Пузаков А.В. кафедра ТЭРА, ОГУ

## Содержание раздела

1. Основные определения
2. Электрические схемы
3. Постоянный ток
4. Сопротивление как элемент цепи
5. Законы Кирхгофа
6. Баланс мощностей
7. Потенциальная диаграмма
8. Заключение
9. Вопросы для самоконтроля
10. Литература по разделу

# Требования к результатам обучения по дисциплине

В результате изучения лекции обучающийся должен:

## **знать: (ОПК-1)**

- основные понятия и определения в области электрических цепей постоянного тока;
- принципы построения и функционирования электрических цепей постоянного тока;
- принципы измерения и анализа параметров электрических цепей постоянного тока;

## **уметь: (ОПК-1)**

- использовать законы Ома и Кирхгофа для нахождения расчетных значений параметров электрических цепей постоянного тока;
- читать и разрабатывать принципиальные электрические схемы в соответствии со стандартами на их составление;

**Электротехника** - это отрасль науки и техники, занимающаяся изучением физических основ функционирования, разработкой и применением устройств, работа которых основана на протекании электрического тока:

- в металлах – ***электротехника***;
- в твердых телах, вакууме и газах – ***электроника***;
- в жидкостях – ***гальванотехника***.

# История развития электротехники и электроники

1781 – На Международном конгрессе электриков в Париже единице напряжения было присвоено наименование «Вольт».

1799 – А. Вольта создал первый источник непрерывного электрического тока, который впоследствии получил название «электродвижущий аппарат» («вольтов столб»).

1827 – Г.С. Ом сформулировал одно из основных положений для электрической цепи – закон Ома.

1827 – В.В. Петровым впервые введен термин «сопротивление»

1831 – М. Фарадей открыл явление электромагнитной индукции.

1832 – Построение первых электрических машин постоянного и переменного токов.

1847 – Г. Кирхгоф сформулировал два закона для разветвленных электрических цепей (законы Кирхгофа).

1888 – Тесла получил патент на электродвигатель многофазного тока и построил двухфазный асинхронный электродвигатель.

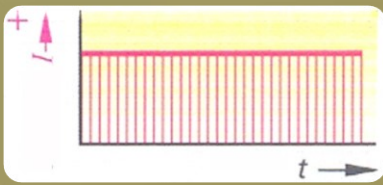
1889 – М.О. Доливо-Добровольский изобрёл трёхфазный трансформатор и трёхфазный асинхронный электродвигатель.

1896 – А.С. Попов передал первую в мире радиотелеграмму.

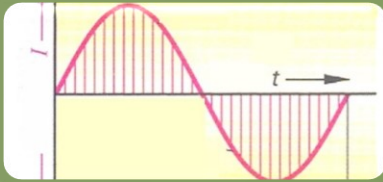
1904 – Д.А. Флеминг построил двухэлектродную электронную лампу (Диод)

1947 – Сотрудниками лаборатории "Белл Телефон" – Бардиным и Браттейном, под руководством Шокли был изготовлен первый транзистор

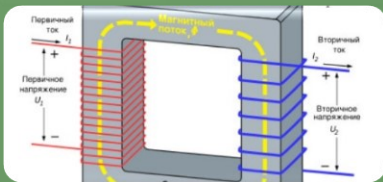
1960 – Изготовление первой микросхемы



Постоянный ток



Переменный ток



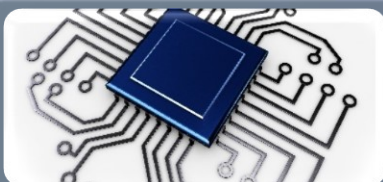
Трансформаторы



Электрические машины



Элементная база электронных устройств



Электронная и микропроцессорная техника

Электротехника и электроника

**Электротехнику** условно можно разбить на следующие разделы:

- **электрические цепи постоянного тока**, позволяющие определить токи, напряжения и мощности в цепях постоянного тока на основе применения законов Ома и Кирхгофа;
- **электрические цепи переменного тока**, рассматривающие амплитудно-фазовые соотношения между токами и напряжениями в цепях переменного тока с ёмкостью и индуктивностью;
- **трансформаторы**, изучающие явления магнитной индукции и взаимоиндукции в проводниках, а также конструкцию и принцип работы трансформаторов;
- **электрические машины и электропривод**, изучающие принцип работы, конструкцию и характеристики электрических машин и их совмещение с рабочими механизмами.

**Электронику** условно можно разбить на следующие разделы:

- **элементная база электронных устройств**, изучающий принцип работы и основные характеристики полупроводниковых приборов (диодов, транзисторов, тиристоров), фото- и оптоэлектронных приборов составляющих основу электронных и микропроцессорных устройств;
- **электронные и микропроцессорные устройства**, рассматривающий принцип работы усилителей постоянного и переменного тока, преобразовательной техники, цифровых устройств, а также микропроцессоров.

**Электрическая цепь** содержит источники электрической энергии, потребители электрической энергии (приемники), измерительные приборы, коммутационную аппаратуру и соединительные провода.

В **источниках** в электрическую энергию может преобразовываться:

- *энергия химических процессов* (гальванические элементы, аккумуляторы, топливные элементы);
- *механическая энергия* (генераторы);
- *световая энергия* (солнечные батареи);
- *тепловая энергия* (термопары, термогенераторы).

В **приёмниках** электрическая энергия преобразуется в:

- *энергию химических процессов* (аккумуляторы);
- *механическую энергию* (двигатели, реле);
- *световую энергию* (лампы);
- *тепловую энергию* (обогрев стекла, зеркал и т.д.).

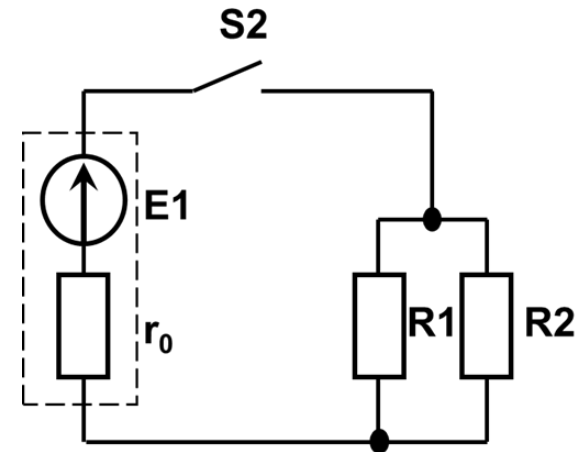
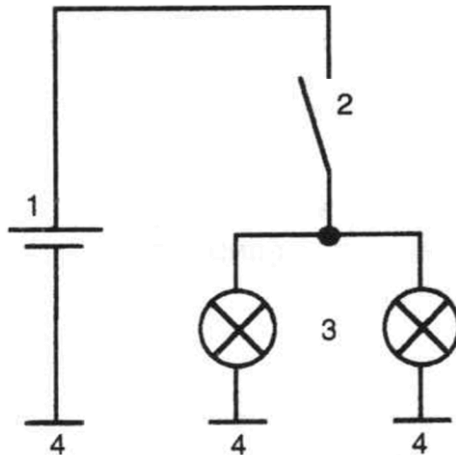
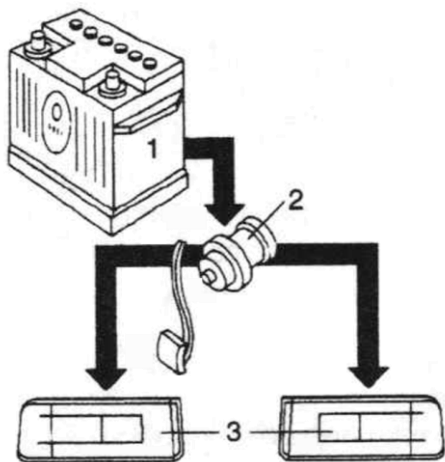
# Электрические схемы

Графическое изображение электрической цепи называется **схемой**. Эскизное изображение не используется по причине громоздкости и трудоемкости изображения.

**Принципиальные** схемы показывают назначение электротехнических устройств и их взаимодействие, но неудобны при расчетах режима работы цепи.

Для выполнения расчета каждое из устройств представляют его **схемой замещения**.

Схема замещения состоит из совокупности различных идеализированных элементов, выбранных так, чтобы можно было описать процессы в цепи.



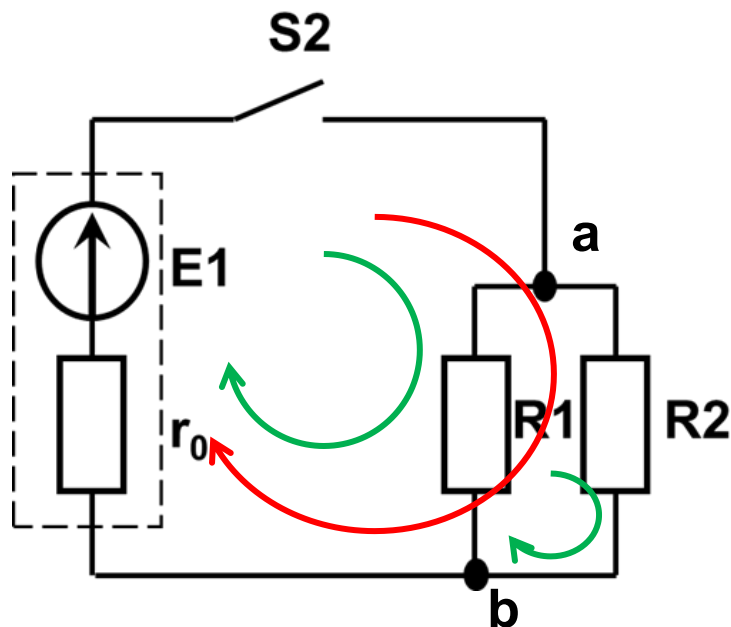
## Электрические схемы

Конфигурация схемы замещения определяется следующими геометрическими понятиями: *ветвь*, *узел*, *контур*.

**Ветвь схемы** состоит из одного или нескольких последовательных элементов.

В **узле схемы** соединяются три и более ветвей

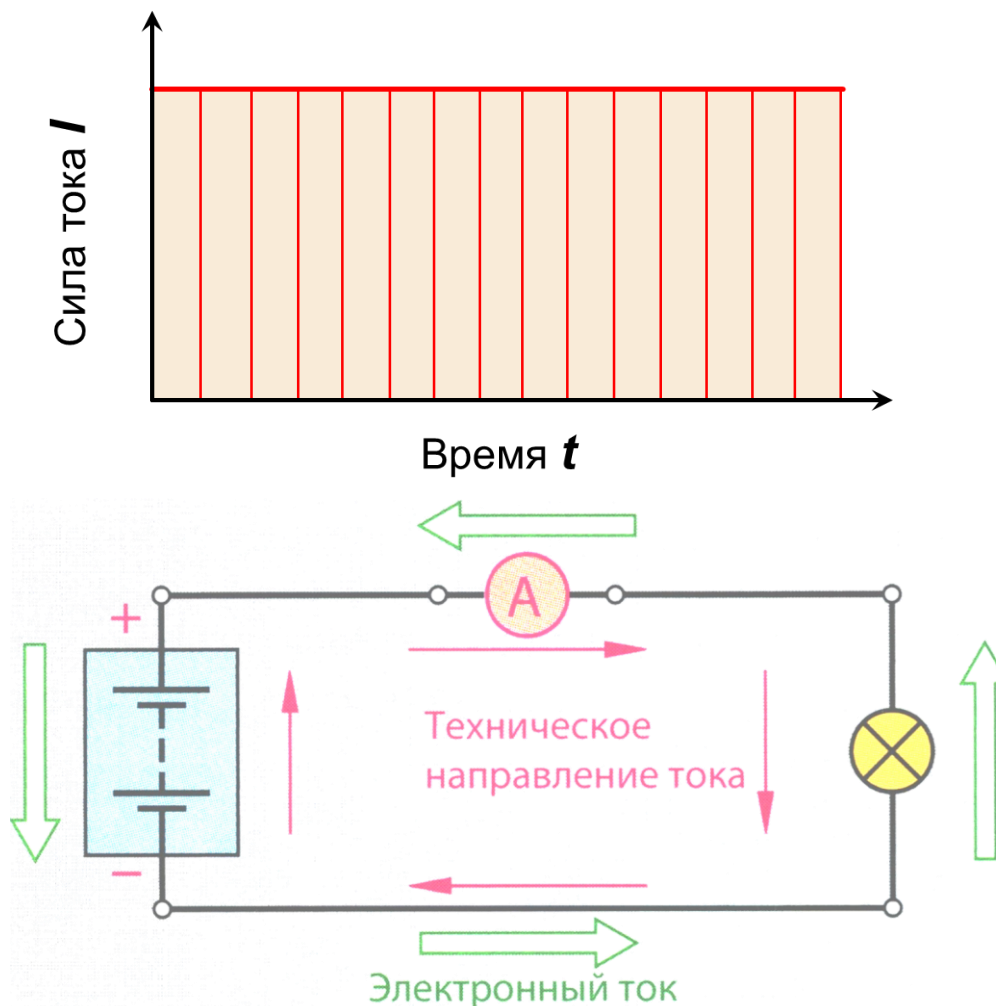
**Контур** – замкнутый путь, проходящий по нескольким ветвям. Контур называется независимым, если одна из его ветвей принадлежит только ему.



# Постоянный ток

Постоянным током называется ток, текущий в одном направлении и не изменяющий своей величины во времени.

Графически его можно изобразить прямой линией, параллельной оси времени в координатах: сила тока  $I$  – время  $t$ .



## Сопrotивление как элемент цепи

Основным параметром цепей постоянного тока является *сопротивление*, связанное с током  $I$  и напряжением  $U$  простым соотношением – **законом Ома**.

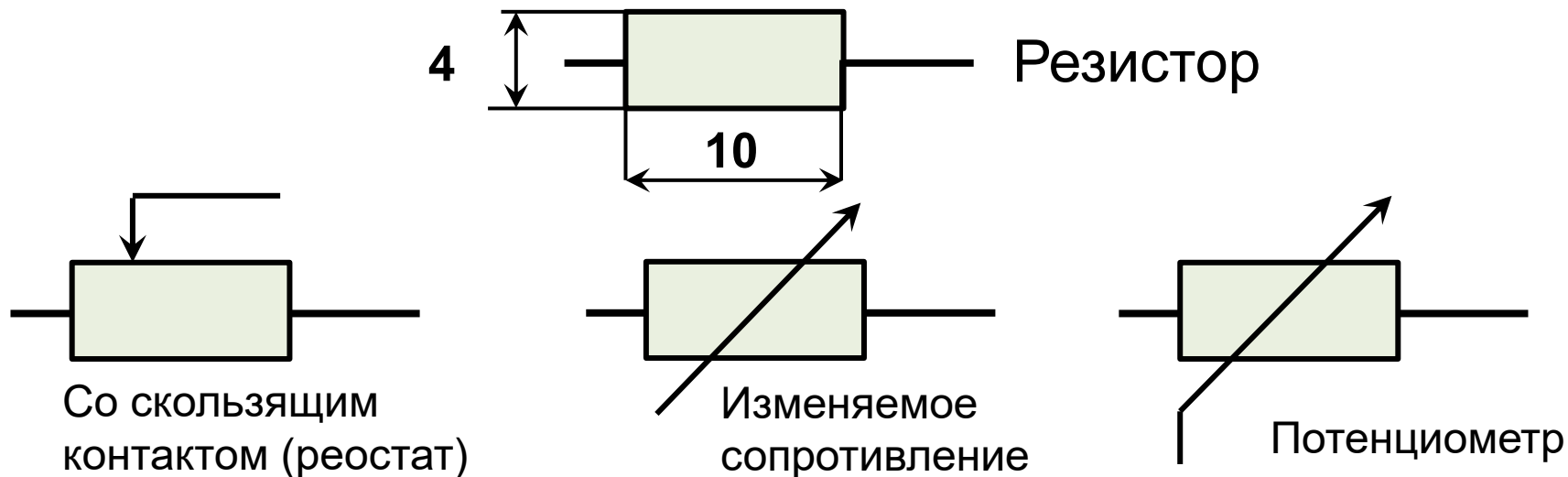
$$R = \frac{U}{I}$$

Единица обратная сопротивлению называется *проводимостью*

$$g = \frac{1}{R}$$

Единица измерения проводимости **См** [Сименс]

Электротехническое устройство, обладающее сопротивлением называется *резистором*



## Сопротивление как элемент цепи

Сопротивление проводника

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

$l$  – длина проводника, м

$\rho$  – удельное сопротивление металла, Ом·м

$S$  – площадь сечения проводника, м<sup>2</sup>

Сопротивление проводника зависит от температуры

$$R = R_0 \cdot [1 + \alpha \cdot (t - t_0)]$$

$R_0$  – сопротивление в холодном состоянии, Ом

$t$  – конечная температура, °С

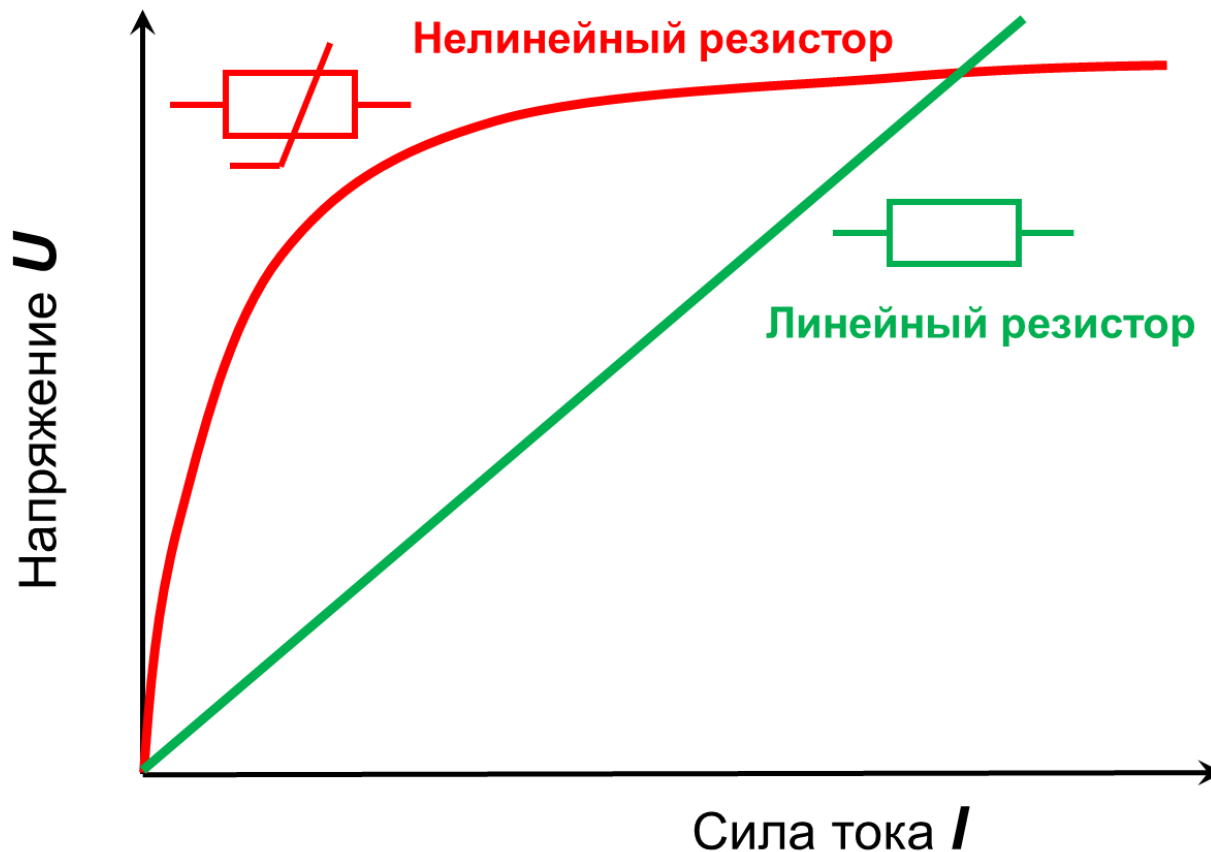
$\alpha$  – температурный коэффициент сопротивления

( $\alpha_{\text{меди}} = 0,004$ )

## Линейные и нелинейные цепи

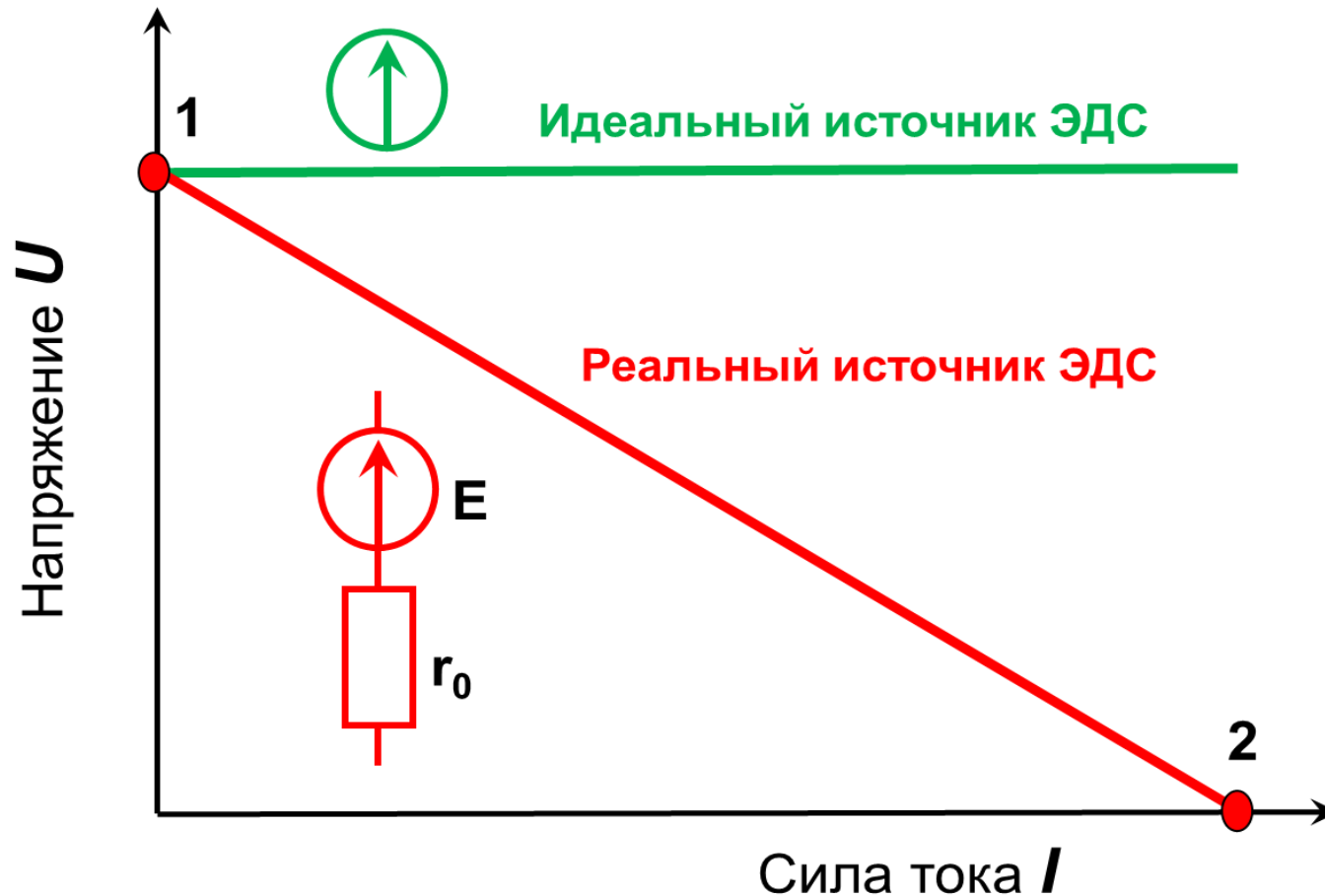
Если сопротивление линейно зависит от напряжения, то оно называется линейным, в других случаях – *нелинейным*.

Цепь, содержащая хотя бы один нелинейный элемент называется *нелинейной*.



## Источники ЭДС

*Идеализированные* источники ЭДС не имеют внутренних потерь энергии, поэтому напряжение не зависит от тока. Реальный источник ЭДС имеет внутреннее сопротивление.

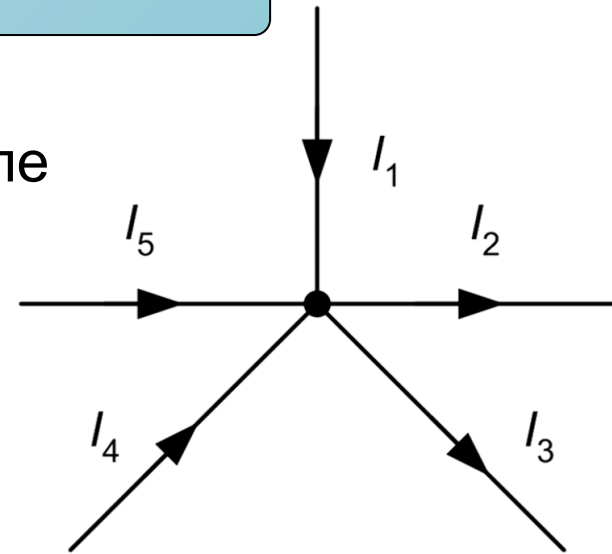


# Законы Кирхгофа

## Первый закон

Алгебраическая сумма токов в любом узле электрической цепи равна нулю

$$\Sigma I = 0$$

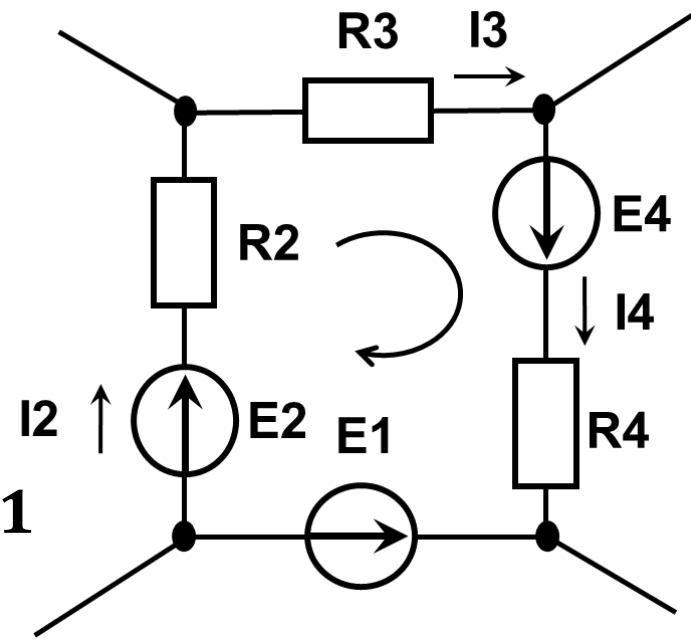


$$I_1 - I_2 - I_3 + I_4 + I_5 = 0$$

## Второй закон

Алгебраическая сумма напряжений участков любого контура электрической цепи равна нулю (сумма ЭДС равна сумме падений напряжений).

$$\Sigma E = \Sigma I \cdot R$$



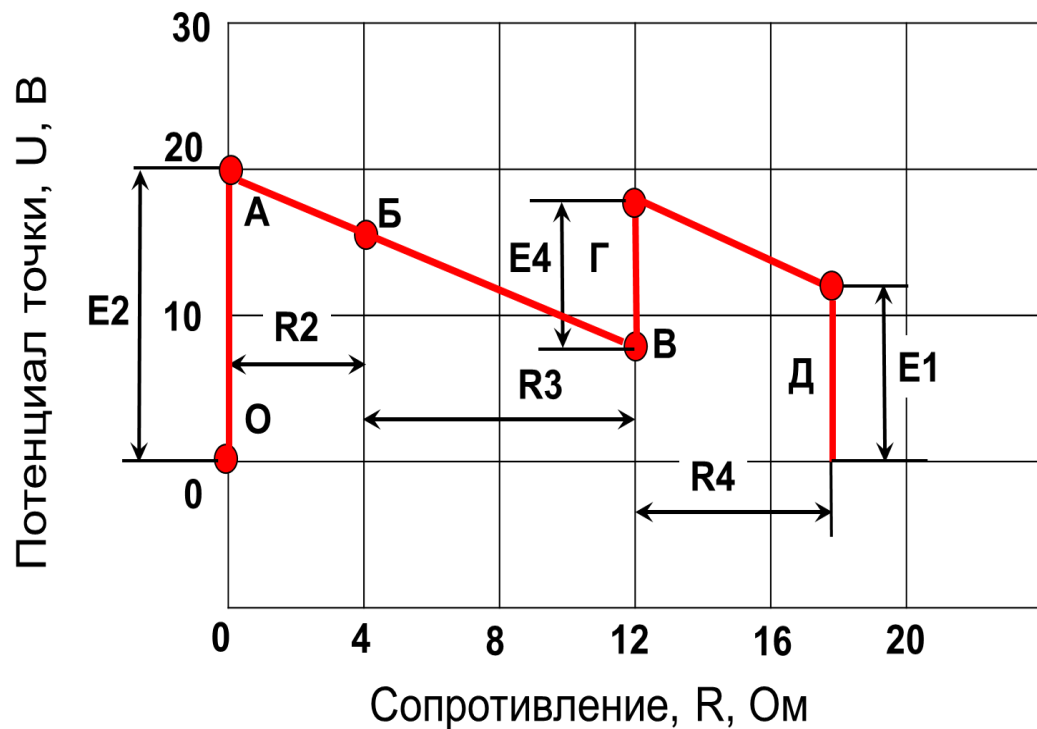
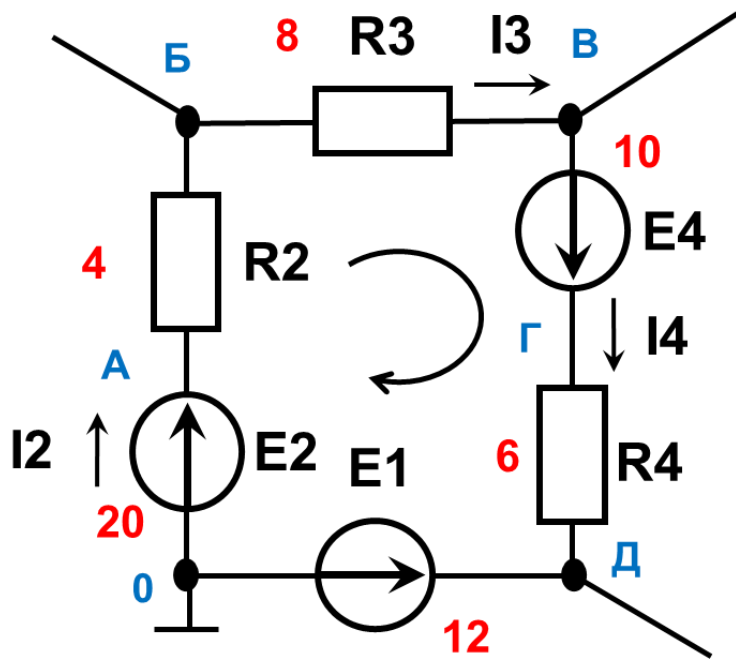
$$I_2 \cdot R_2 + I_3 \cdot R_3 + I_4 \cdot R_4 = E_2 + E_4 - E_1$$

При протекании тока по сопротивлениям в них выделяется тепло. Количество тепла, выделяющееся в единицу времени в сопротивлениях должно равняться энергии источников питания.

$$\sum_{i=1}^n E_i \cdot I_i = \sum_{j=1}^m I_j^2 \cdot R_j$$

# Потенциальная диаграмма

Потенциальной диаграммой называют график распределения потенциалов точек цепи относительно базисной точки. Потенциальная диаграмма строится после расчета цепи и служит дополнительным способом проверки.



Роль электрической энергии в современных транспортных машинах непрерывно возрастает, постоянно совершенствуется конструкция деталей и узлов, появляются принципиально новые устройства.

Историческая справка дает представление об эволюции элементной базы электротехнических и электронных устройств транспортных и транспортно-технологических машин.

Структура курса позволяет выделить физические явления и процессы, положенные в основу работы устройств, подробному изучению которых посвящены отдельные разделы курса.

Электрическая цепь содержит источники электрической энергии, потребители электрической энергии (приемники), измерительные приборы, коммутационную аппаратуру и соединительные провода.

Графическое изображение электрической цепи называется схемой. Схема замещения состоит из совокупности различных идеализированных элементов, выбранных так, чтобы можно было описать процессы в цепи.

Основным параметром цепей постоянного тока является сопротивление, величина которого определяется свойствами материала, длиной и сечением проводника.

Расчет электрических цепей основан на законах Ома и Кирхгофа, позволяющих определить токи в сложных схемах.

Потенциальной диаграммой называют график распределения потенциалов точек цепи относительно базисной точки.



## Вопросы для самоконтроля

1. Какова роль электричества на современных транспортных средствах?
2. Назовите основоположников электротехники и электроники.
3. Перечислите основные этапы развития электротехники и электроники.
4. Что положено в основу классификации электротехники и электроники?
5. Каковы перспективы развития электрического и электронного оборудования автомобилей?
6. Сформулируйте первый закон Кирхгофа. Каков его физический смысл?
7. Сформулируйте второй закон Кирхгофа. Каков его физический смысл?
8. Сколько законов необходимо составить по первому и второму закону Кирхгофа для нахождения всех неизвестных токов электрической цепи?
9. От каких параметров зависит сопротивление проводника?
10. Какие электрические цепи называются линейными и нелинейными?
11. Как определить число независимых контуров в разветвлённых электрических цепях?
12. Что такое «ветвь» электрической цепи?
13. Что называют балансом мощностей?
14. Что такое «узел» электрической цепи?
15. Что характеризует потенциальная диаграмма?
16. Что такое «контур» электрической цепи?
17. Как изменяется потенциал на участке цепи с сопротивлением?
18. Как изменяется потенциал на участке цепи с источником ЭДС?

1. **Касаткин, А.С.** Электротехника: учеб. для студентов неэлектротехн. специальностей вузов / А.С. Касаткин, М.В. Немцов. – 11-е изд., стер. – М.: Академия, 2008. – 544 с.
2. **Основы промышленной электроники.** /Под ред. В.Г. Герасимова. – М.: Высшая школа, 1986. – 364 с.
3. **Волков В.С.** Электроника и электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования: учебник. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 384 с.