

Радиоэлектроника

3-4 семестр

Сеньков Дмитрий Валентинович

Программа курса лекций (3 семестр)

- Основные понятия теории электрических цепей
- Методы расчёта линейных электрических цепей постоянного тока
- Электрические цепи переменного тока
- Понятие резонанса. Резонансные процессы в электрических цепях
- Электрические цепи с распределёнными параметрами
- Переходные процессы в линейных электрических цепях
- Операторный метод расчёта электрических цепей
- Нелинейные и параметрические электрические цепи
- Модуляция сигналов
- Трансформаторы
- Электровакuumные приборы
- Газоразрядные приборы
- Полупроводники и их свойства
- p-n (электронно-дырочный) переход и его основные свойства
- Виды полупроводниковых приборов

Программа курса лекций (4 семестр)

- Расчёт схем на биполярных транзисторах
- Расчёт схем на полевых транзисторах
- Схемы с отрицательной обратной связью. Операционные усилители
- Генераторы гармонических сигналов и сигналов специальной формы
- Основы цифровой техники. Типы логических элементов. Комбинационные логические схемы. Триггеры. Регистры и счетчики.
- Элементы машинной памяти. Программируемые логические массивы. Устройство микропроцессорного элемента.
- Цифроаналоговые и аналогово цифровые преобразователи.

Элементы курса

- Лекции (3 и 4 семестр)
- Семинары (3 семестр)
- Лабораторные работы (4 семестр)

Контроль знаний:

- Контрольные работы:
 - Постоянные и переменные линейные электрические цепи
 - Резонансные цепи, переходные процессы (операторный метод)
- Зачет (3 семестр семинары): 75% контрольных задач
- Экзамен (4 семестр): зачет + лабораторные работы
- «Автомат»: 2 контрольные на отлично + рекомендация семинариста + отлично за лабораторные

Лекция 1

***Основные понятия
теории электрических цепей***

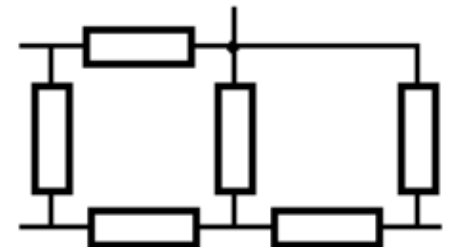
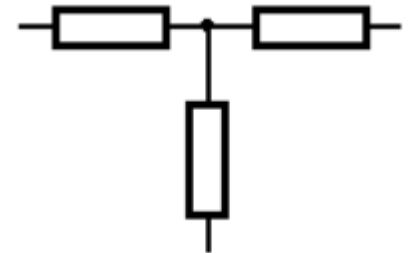
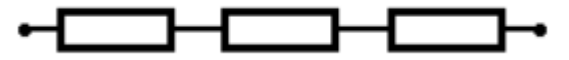
Основные понятия теории электрических цепей

- Общее описание физических процессов связанных с движением заряженных частиц – ***теория электромагнитного поля***
(1820 – Эрстед, 1823 – Андре-Мари Ампер, 1873 - Максвелл)

Приближенное (упрощенное) описание процессов в электрических устройствах и самих электрических устройств, путем замены их реальных элементов идеализированными, а самого устройства - его эквивалентной схемой : ***Теория электрических цепей***

Основные понятия теории электрических цепей

- **Электрическая схема** — изображение электрической цепи с помощью условных знаков
- **Ветвь** — участок цепи, образованный последовательно соединенными элементами (через которые течёт одинаковый ток)
- **Узел** — точка цепи, в которой сходятся не менее трёх ветвей
- **Вырожденный (устранимый) узел** — узел, в котором сходятся две ветви, одна из которых является продолжением другой
- **Контур** — замкнутый путь, проходящий по ветвям цепи



Основные понятия теории электрических цепей

- **Электрическая цепь** — совокупность устройств, элементов, предназначенных для протекания электрического тока, электромагнитные процессы в которых могут быть описаны с помощью понятий **Сила тока** и **Напряжение**
- **Сила тока** — физическая величина I , равная отношению количества заряда ΔQ прошедшего через некоторую поверхность за некоторое время Δt к величине этого промежутка времени (скорость прохождения заряда).

1А (Ампер) – 1Кл/1сек [1А]

- **Ток** – то же самое
- **Напряжение** – (между точками А и В) значение равно работе эффективного электрического поля (включающего сторонние поля), совершаемой при переносе единичного пробного электрического заряда из точки А в точку В.

1В (1Вольт) [1V] разность потенциалов совершающая работу 1 Дж при переносе заряда 1 Кл

- **Электрическое сопротивление** — физическая величина, характеризующая свойство проводника препятствовать прохождению электрического тока и равная отношению напряжения на концах проводника к силе тока, протекающего по нему

1 Ом [1Ohm]

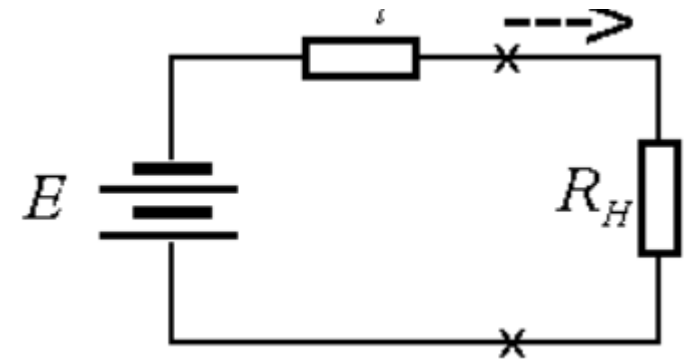
Основные понятия теории электрических цепей (Элементы цепей)

- **Активные (источники)**
 - *Источники напряжения*
 - *Источники тока*
 - **Пассивные (нагрузки)**
 - *Сопротивления*
 - *Индуктивности*
 - *Емкости (Конденсаторы)*
- } *Реактивные элементы*

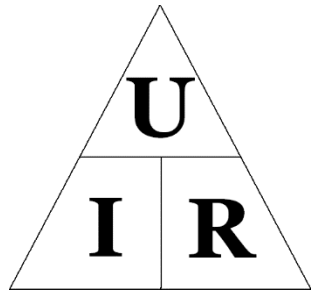
Основные понятия теории электрических цепей

Электрическое сопротивление (Закон Ома для полной цепи)

- Закон Ома – эмпирический физический закон, определяющий связь электродвижущей силы источника (или электрического напряжения) с силой тока, протекающего в проводнике, и сопротивлением проводника. Установлен Георгом Омом в 1826 году (опубликован в 1827 году) и назван в его честь.
- В виде опубликованном Омом называется **законом Ома для полной цепи**
$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}$$
 где
- ε – электродвижущая сила источника напряжения
- R – электрическое сопротивление внешней цепи
- r – внутреннее сопротивление источника

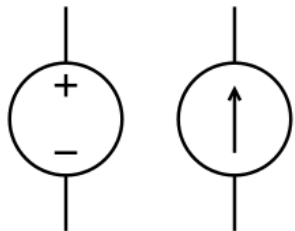


Закон Ома $R = \frac{U}{I}$



Источники напряжения и источники тока

- **Идеальный источник напряжения** – двухполюсник, напряжение на зажимах которого не зависит от тока, протекающего через источник и равно его ЭДС



Изображение

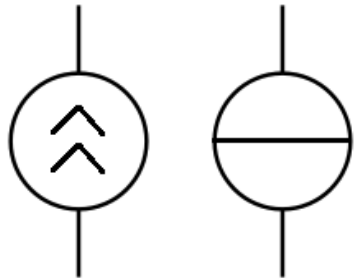
источника напряжения на схеме

Реальный (неидеальный) источник напряжения – источник ЭДС с внутренним сопротивлением



Источники напряжения и источники тока

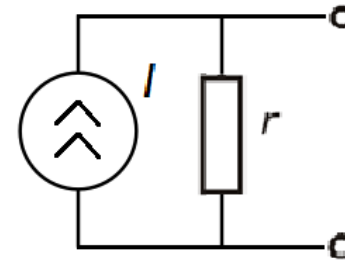
- **Идеальный источник тока** – двухполюсник, сила тока через который не зависит от напряжения на его зажимах



Изображение

источника тока на схеме

*Реальный (неидеальный) источник тока –
Источник тока с параллельно
включённым сопротивлением*



Теорема Тевенена

- **Теорема Тевенена** – любая электрическая цепь, имеющая два вывода и состоящая из произвольной комбинации источников напряжения, источников тока и резисторов (сопротивлений), электрически для этих двух выводов эквивалентна цепи с одним идеальным источником напряжения с ЭДС E и одним резистором r , соединёнными последовательно с этим источником напряжения.



Электрическая емкость (Конденсатор)

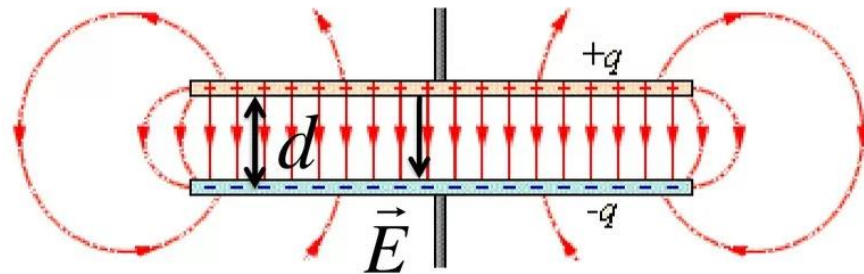
- ***Устройство, которое запасает энергию в виде энергии электрического поля называется электрическая емкость или конденсатор.***

Первый конденсатор – ***Лейденская банка (1745)***



Электрический конденсатор (Конденсатор)

- **Конденсатор состоит из двух проводящих полюсов (обкладок) разделенных непроводящим материалом – диэлектриком.**



При протекании электрического тока в конденсаторе на обкладках накапливается заряд, создающий внутри конденсатора электрическое поле.

Электрическая емкость

- **Электрическая емкость – характеристика показывающая способность накапливать заряд.**

$$C = \frac{Q}{\varphi}$$

И равна отношению накопленного конденсатором заряда на разность потенциалов между обкладками.

Единица измерения в СИ Фарады (Ф) [F] . Обозначение C.

Для плоского конденсатора $C = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{A}{d}$,

$$\varepsilon_0 = 8.854 \cdot \frac{10^{-12} \text{Ф}}{\text{м}}$$

ε = относительная диэлектрическая проницаемость

Электрическая емкость

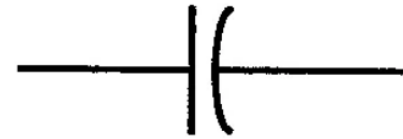
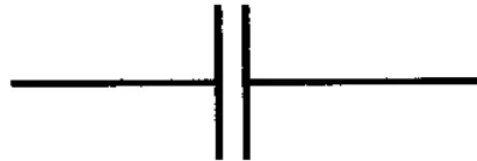
Связь между напряжением на конденсаторе и силой тока через

него: $C = \frac{Q}{\varphi} = \frac{Q(0) + \int I(t)dt}{U_c} \Rightarrow U_c(t) = U_c(0) + \frac{1}{C} \int_{\tau=0}^t I(\tau) d\tau$

При протекании через конденсатор постоянного (положительного) тока напряжение на нем будет линейно возрастать.

Энергия запасенная в конденсаторе $W_c = CU_c^2/2$

Изображение конденсатора на электрических схемах



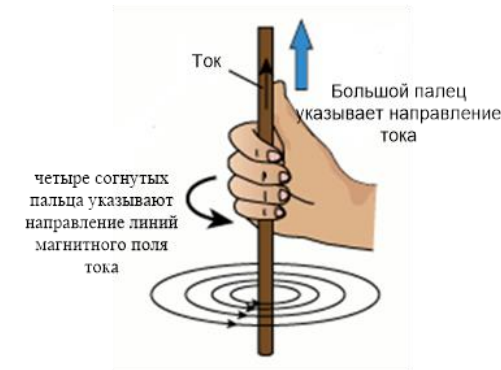
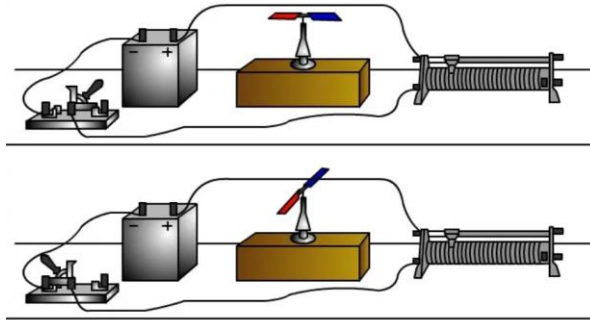
Электрическая емкость

- *На малых временах электрический конденсатор можно рассматривать как идеальный источник напряжения.*

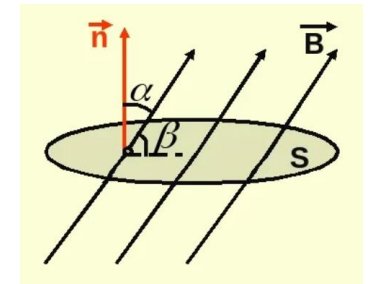


ИНДУКТИВНОСТЬ

- **Протекающий электрический ток создает вокруг проводника магнитное поле**



- **Потоком магнитного поля Φ через площадь S называют скалярную величину $\Phi = \iint_S \mathbf{B} dS$ (поток вектора магнитного поля через поверхность S)**
- **В случае однородного магнитного поля $\Phi = |B|S \cos \alpha$**



ИНДУКТИВНОСТЬ

- **Индуктивность – коэффициент пропорциональности между электрическим током, протекающим в замкнутом контуре и полным магнитным потоком, пронизывающим этот контур.**

$$\Phi = L \cdot I$$

Индуктивность показывает способность схемы сопротивляться изменению силы тока в ней.

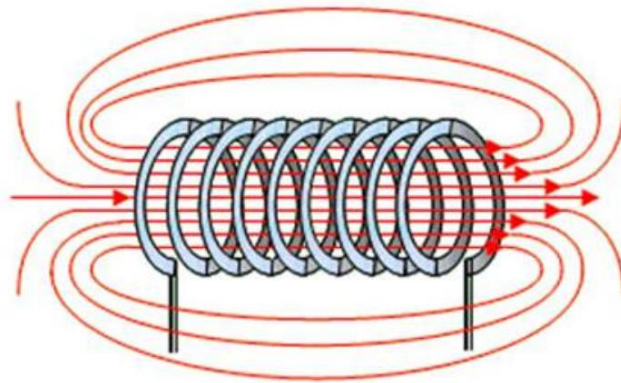
Поэтому индуктивность также определяют как ЭДС самоиндукции, возникающую на концах схемы при изменении силы тока $E = L \frac{dI}{dt}$

Единица измерения СИ – Гн [Н]. Обозначение L .

1 Гн – индуктивность при которой ЭДС самоиндукции равна 1 В при изменении тока на 1 А в секунду.

Катушка индуктивности (Дроссель, Реактор)

- Катушка индуктивности – винтовая, спиральная или винто-спиральная катушка из изолированного проводника обладающая значительной величиной индуктивности при малом электрическом сопротивлении.***



$$L = \mu_0 \mu N^2 S / l$$
$$\mu_0 \cong 1,25 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/м}$$



ИНДУКТИВНОСТЬ

- **Связь между напряжением на индуктивности и силой тока через него: $U_L(t) = -E = L \frac{dI_L(t)}{dt}$.**

При подаче на катушку индуктивности постоянного напряжения, ток в ней будет линейно возрастать.

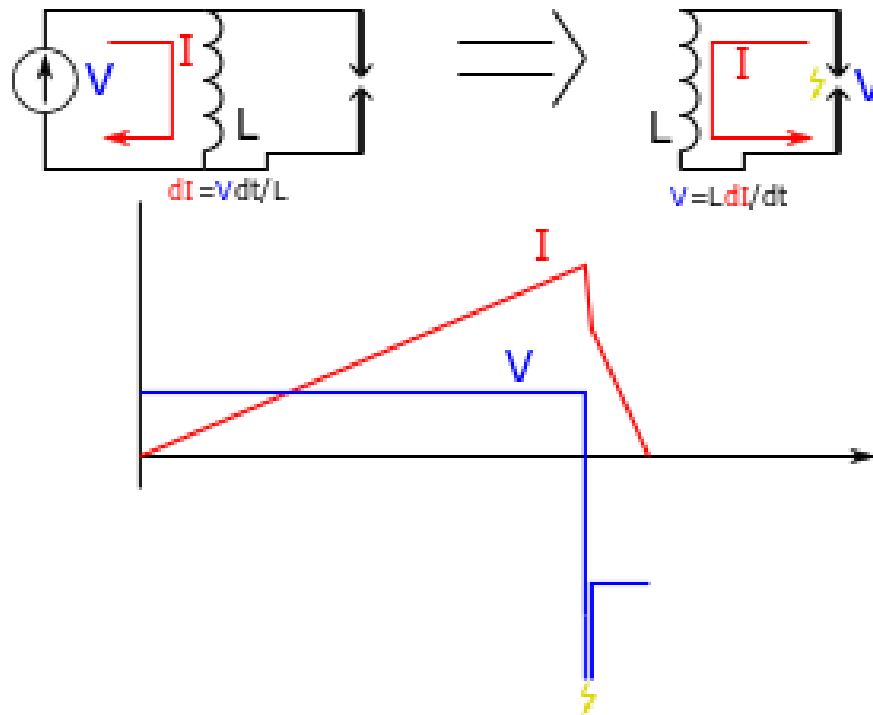
Энергия, запасенная в индуктивности $W = LI_L^2/2$

Изображение катушки индуктивности (дресселя) на электрических схемах



ИНДУКТИВНОСТЬ

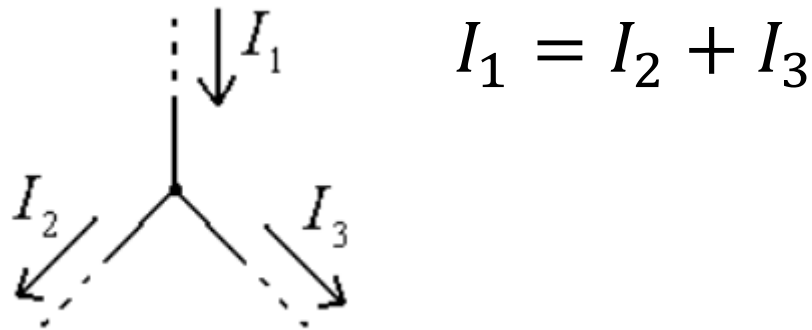
- **На малых временах катушку индуктивности можно рассматривать как идеальный источник тока.**



Законы Кирхгоффа

- **Первый закон Кирхгоффа (Правило токов Кирхгоффа):**

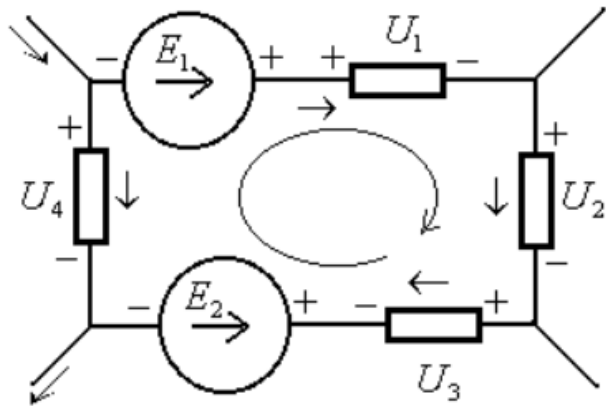
Алгебраическая сумма токов ветвей, сходящихся в каждом узле любой цепи, равна нулю. При этом направленный к узлу ток принято считать положительным, а направленный от узла — отрицательным $\sum_{j=1}^n I_j = 0$



Законы Кирхгоффа

- **Второй закон Кирхгоффа (Правило напряжений Кирхгоффа):**

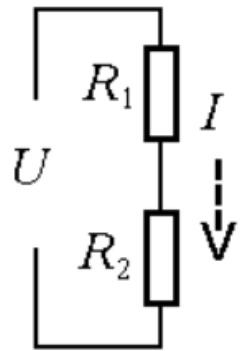
Алгебраическая сумма напряжений на резистивных элементах замкнутого контура равна алгебраической сумме ЭДС, входящих в этот контур. Если в контуре нет источников ЭДС (идеализированных генераторов напряжения), то суммарное падение напряжений равно нулю $\sum_{k=1}^m E_k = \sum_{j=1}^n U_j = \sum_{j=1}^n I_j R_j$



$$E_1 - E_2 = U_1 + U_2 + U_3 - U_4$$

Параллельное и последовательное соединение нагрузки

- ***Последовательное соединение сопротивлений***



$$I_1 = I_2 = I$$

$$U_1 = I_1 R_1$$

$$U_2 = I_2 R_2$$

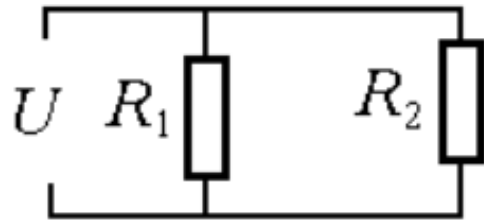
$$U = IR = U_1 + U_2 = I(R_1 + R_2)$$

$$R = (R_1 + R_2)$$

Параллельное и последовательное соединение нагрузки

- **Параллельное соединение сопротивлений**

$I \rightarrow$



$$U_1 = U_2 = U$$

$$U_1 = I_1 R_1 \qquad U_2 = I_2 R_2$$

$$I = I_1 + I_2 = U(1/R_1 + 1/R_2)$$

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$