

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Лектор:

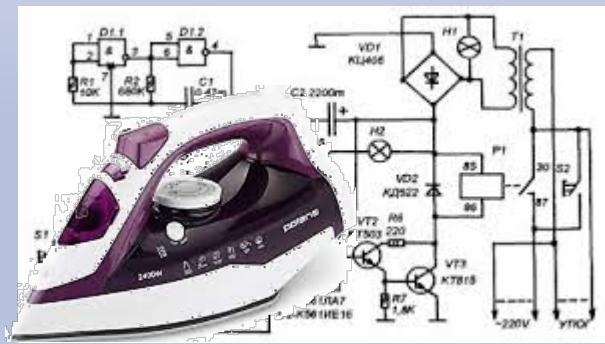
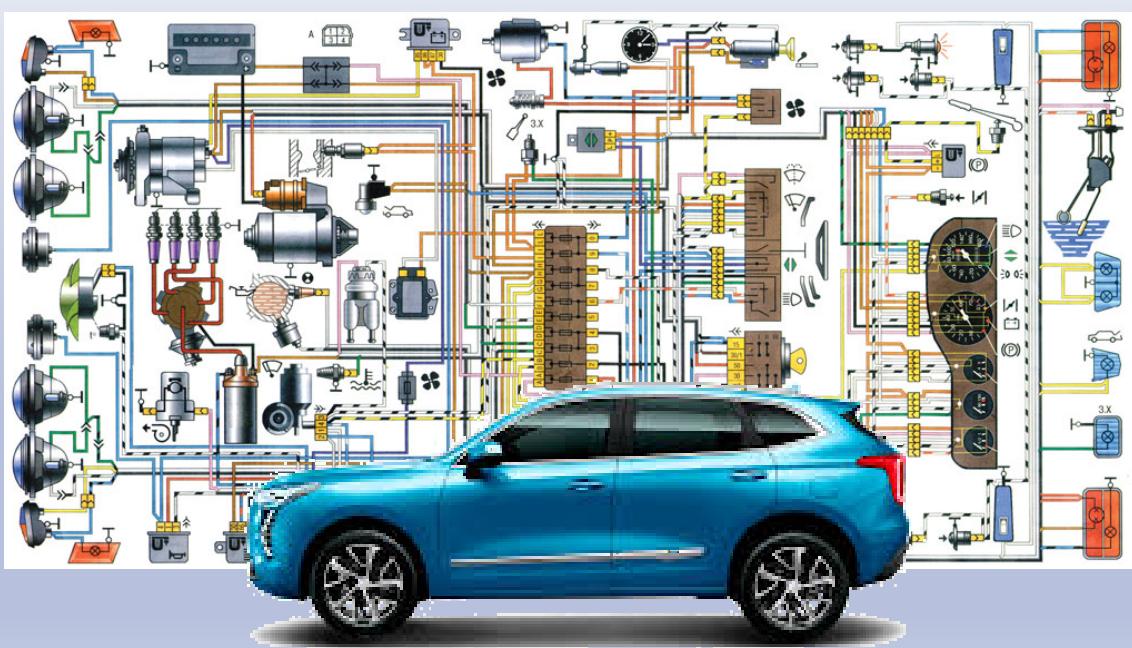
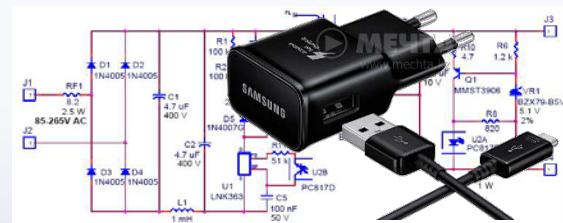
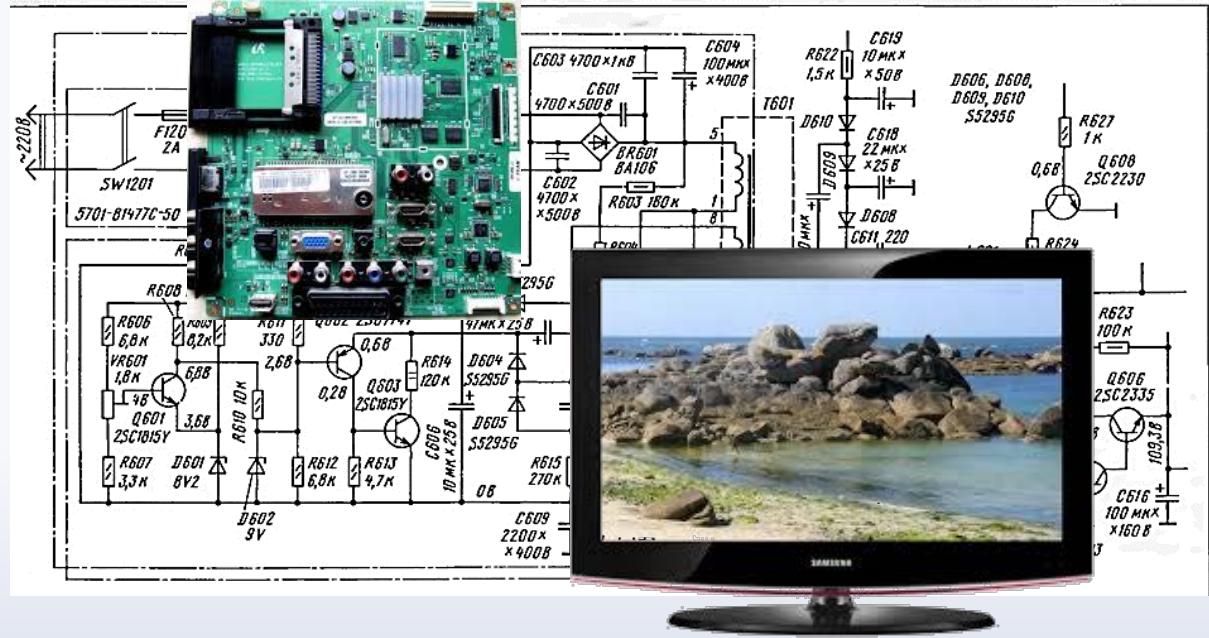
к.ф.-м.н., асс.профессор Алимгазинова Назгуль Шакаримовна

1 лекция. Линейные электрические цепи постоянного тока

Электротехника — область техники, связанная с получением, распределением, преобразованием и использованием электрической энергии, а также с разработкой, эксплуатацией и оптимизацией электронных компонентов, электронных схем и устройств, оборудования и технических систем

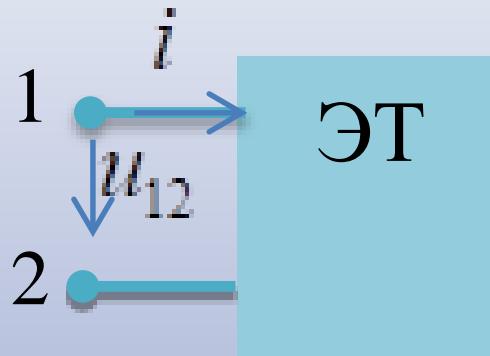
Основная литература

1. Атабеков Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи: Учебное пособие. 7е изд., стер.— СПб.: Издательство «Лань», 2021.— 592 с.
2. Немцов М.В. Электротехника и электроника: учебник / Москва: КноРус, 2020. – 560 с.
3. Прянишников, В.А. Теоретические основы электротехники: Курс лекций / СПб.: Корона-Принт, 2012. - 368 с.
4. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: Учеб. для бакалавров / 11-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2014 - 701 с.
5. Аристова Л. И. , Лукутин А. В. Электротехника и электроника. Сборник задач: учебное пособие / Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – с.108
6. Аполлонский С.М. Теоретические основы электротехники. Практикум: учебное пособие / Санкт-Петербург: Лань, 2017. – 320 с.



Электрической цепью (ЭЦ) называется совокупность устройств, предназначенных для передачи, распределения и взаимного преобразования электрической энергии и информации, если процессы, протекающие в устройствах, могут быть описаны при помощи понятий об ЭДС, токе и напряжении.

Постоянные E, U, I и переменные e, u, i

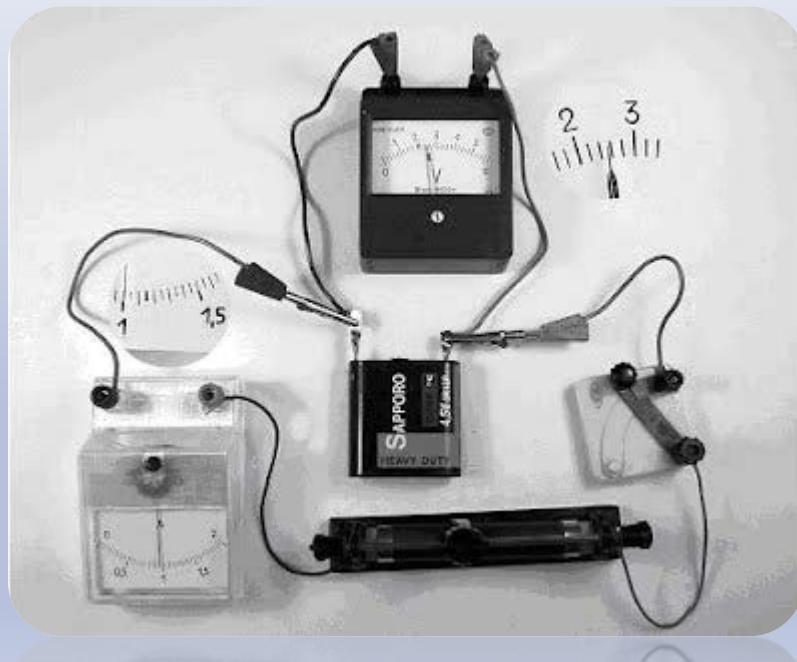
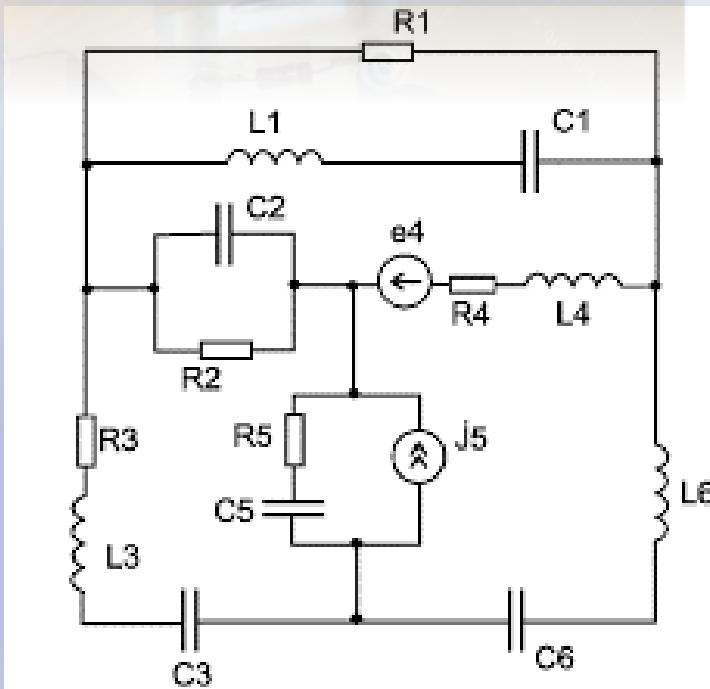


$$i(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt},$$

$$u_{12}(t) = \lim_{\Delta q \rightarrow 0} \frac{\Delta W}{\Delta q} = \frac{dW}{dq},$$

$$u_{12} = \varphi_1 - \varphi_2,$$

$$e = \int_L E_{cmop} dl,$$



Основные величины

Электрическим током называется упорядоченное движение заряженных частиц в проводящей среде под действием электрического поля..

Ампер – величина неизменного тока, который проходя по двум параллельным прямоугольным проводникам бесконечной длины и пренебрежимо малого сечения, расположенным на расстоянии 1 м друг от друга в вакууме, вызвал бы между этими проводниками силу, равную $2 \cdot 10^{-7} \text{Н}$ на каждый метр длины.

Напряжение - это работа по перемещению единичного заряда между определенными точками 1 и 2 пространства

Вольт – величина электрического напряжения, вызывающего в электрической цепи постоянный ток силой 1 А при мощности 1 Вт.

Электродвигущая сила (ЭДС) создается сторонними силами, под которыми понимают не электростатические силы, действие которых на электроны проводимости в проводнике вызывает их упорядоченное движение и поддерживает ток в цепи.

Структура электрической цепи

Источник электрической энергии - это преобразователь какого-либо вида неэлектрической энергии в электрическую.

Виды преобразователей:

электромеханический (генераторы переменного и постоянного тока);

электрохимический (гальванические элементы, аккумуляторы, топливные элементы);

термоэлектрический (контактный, полупроводниковый).

Приемники электрической энергии преобразуют электрическую энергию в другие виды энергии:

механическую (электродвигатели, электромагниты);

тепловую (электропечи, сварочные аппараты, ...);

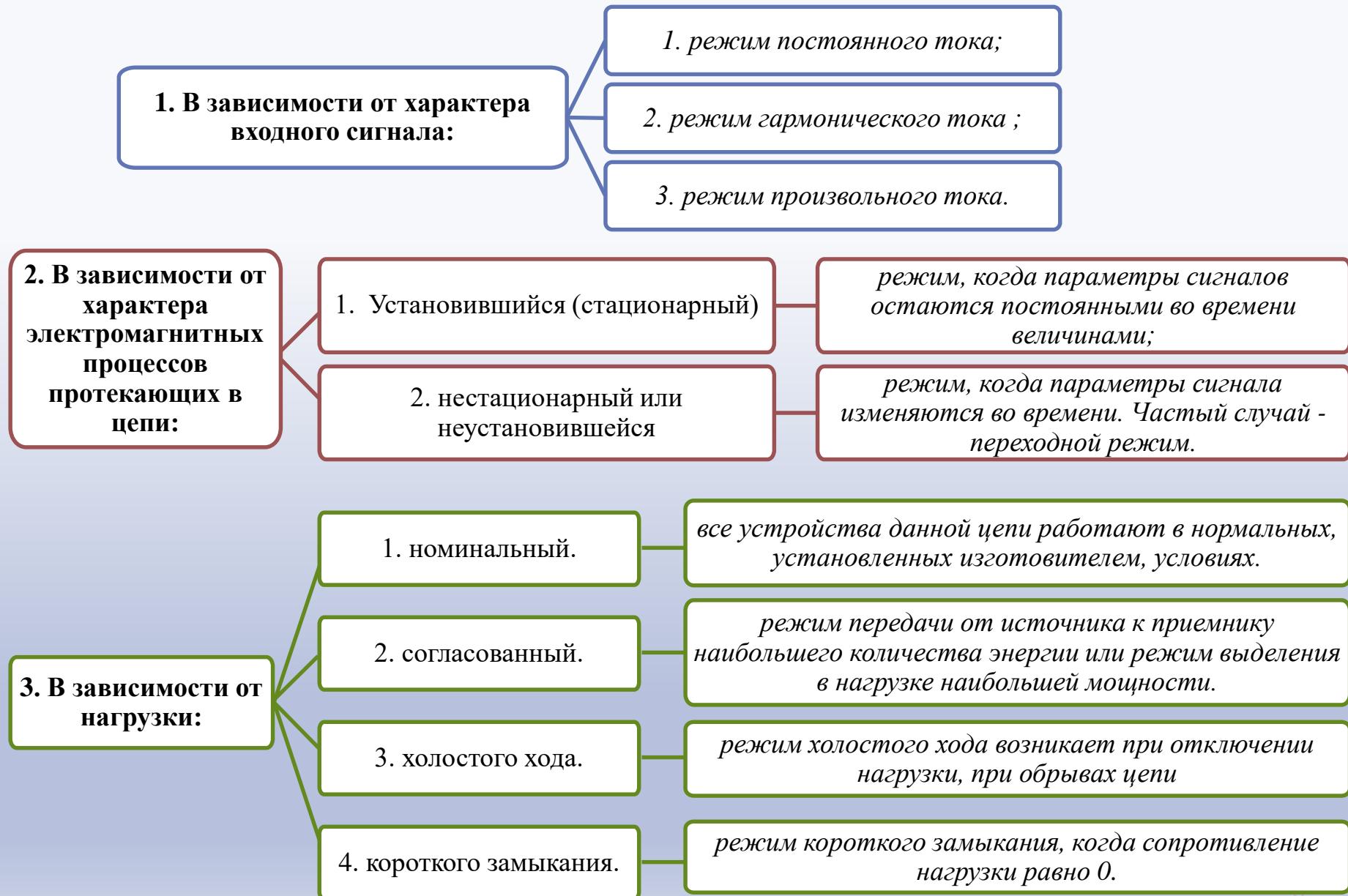
световую (электролампы, прожекторы);

химическую (аккумуляторы в процессе зарядки, электролитические ванны).

Вспомогательные элементы электрической цепи



Основные режимы работы электрических цепей



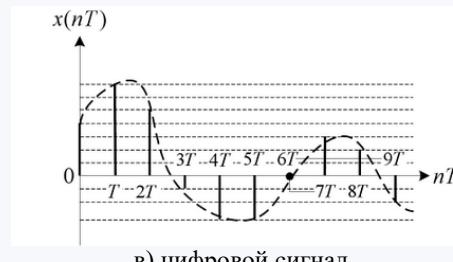
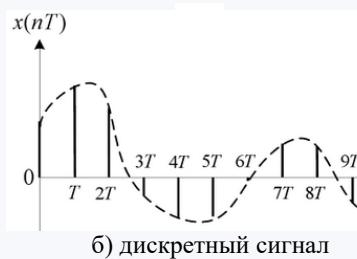
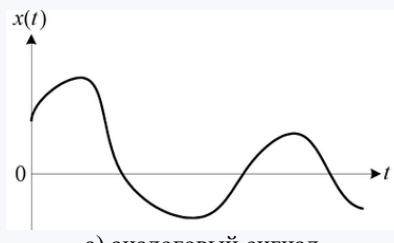
ЭЦ состоит из отдельных частей, выполняющих определенные функции, которые называются элементами.



Классификация



Классификация

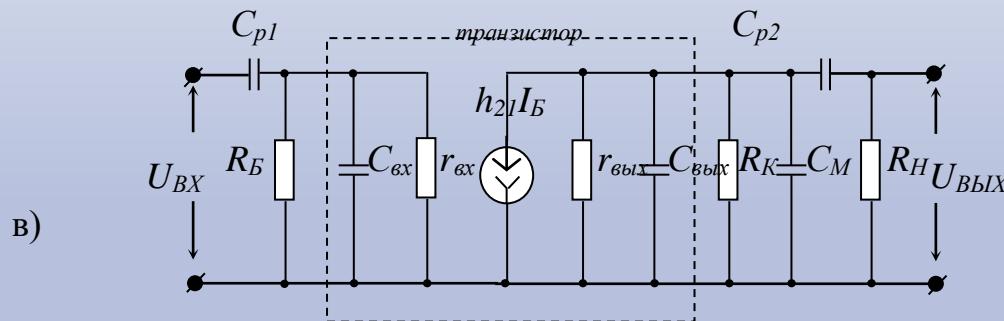
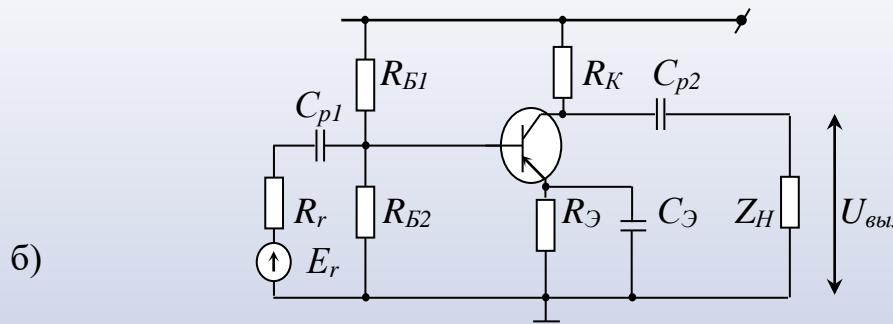
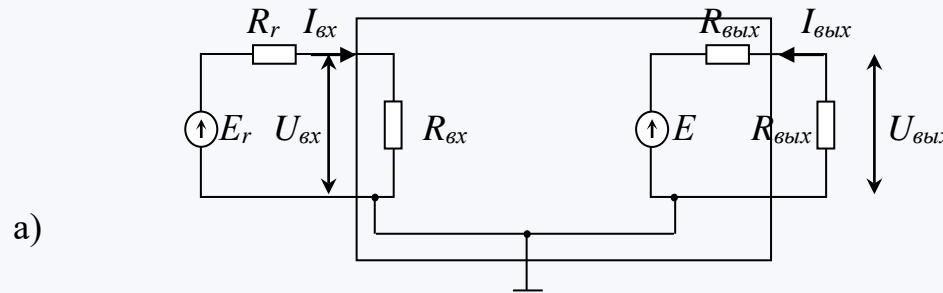


Классификация

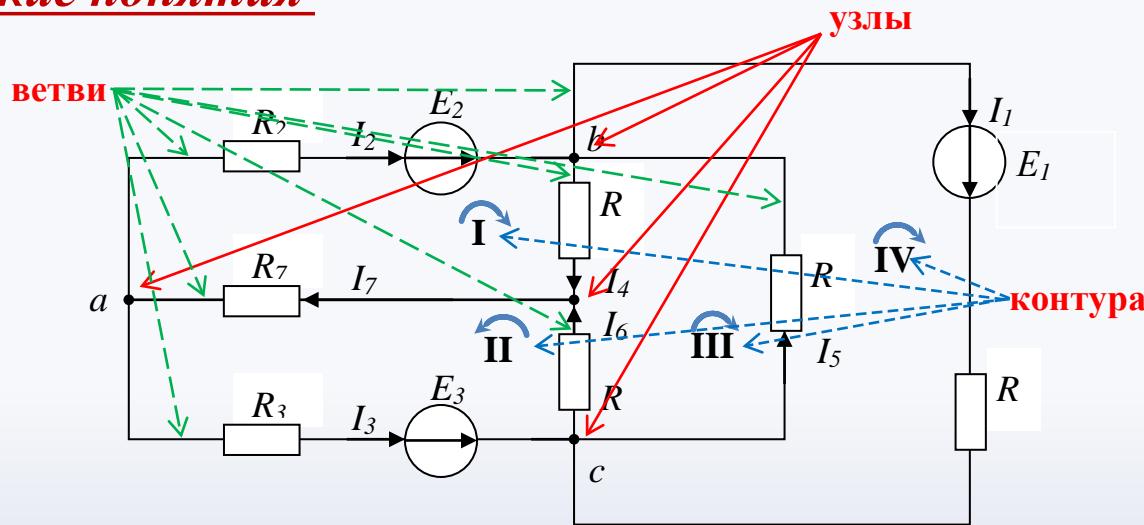
Схема электрической цепи - это графическое изображение электрической цепи, содержащее условные обозначения ее элементов, показывающее соединения этих элементов.



Классификация



Топологические понятия



Ветвью называют часть электрической схемы, состоящая из одного или нескольких последовательно соединенных источников и приемников электрической энергии, ток в которых один и тот же. Ветви, содержащие источники энергии называются **активными**. Ветви, содержащие приемники энергии называются **пассивными**. Количество ветвей в схемах обозначают - *n*.

Узел – место соединения трех и более ветвей. Следовательно, **ветвь** это участок схемы между двумя узлами, через который протекает только один ток. Количество узлов в схемах обозначают - *m*.

Контур – любой замкнутый путь, образованный ветвями схемы. Схема может содержать как один контур, так множество контуров. Выделяют на схемах **главные и независимые контура**. Главным принято называть контур, в котором не содержатся другие контуры. Контур может быть *независимым от источника тока*, при этом количество таких контуров можно определить следующим образом: $k = n - m - n_{\text{ИТ}} + 1$, где $n_{\text{ИТ}}$ – количество ветвей, содержащих источники тока.

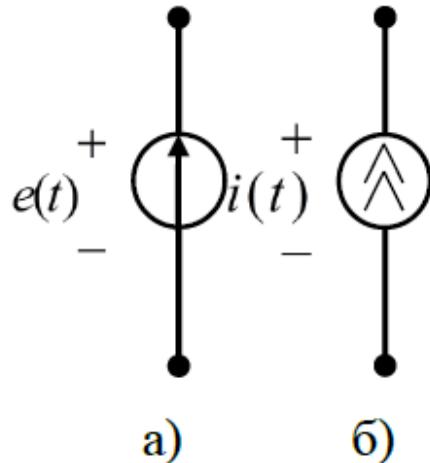
ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Источники электрической энергии

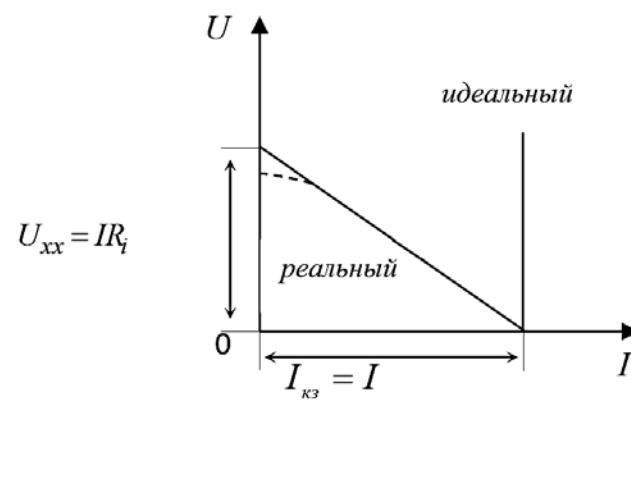
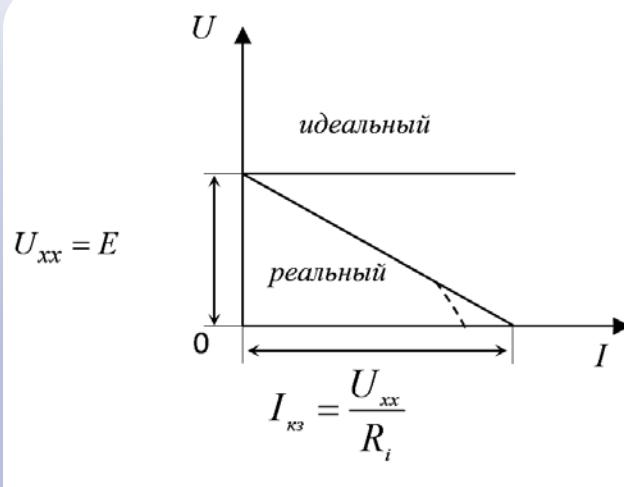
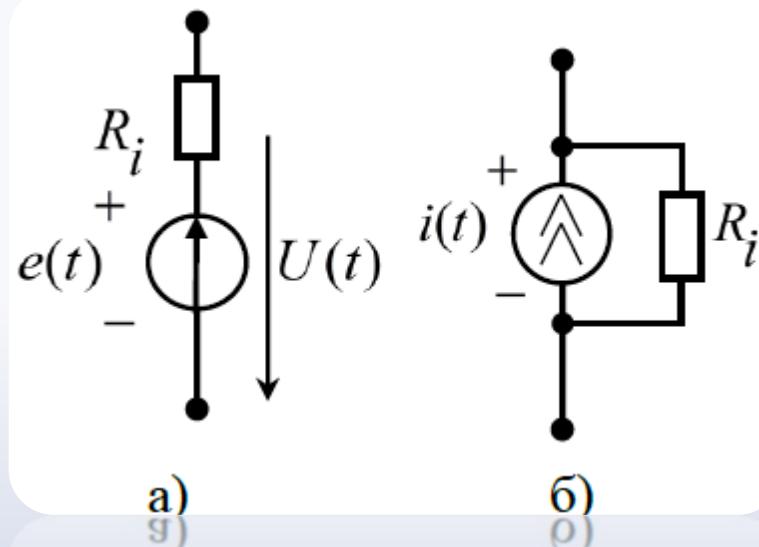


УГО элементов

Идеализированные

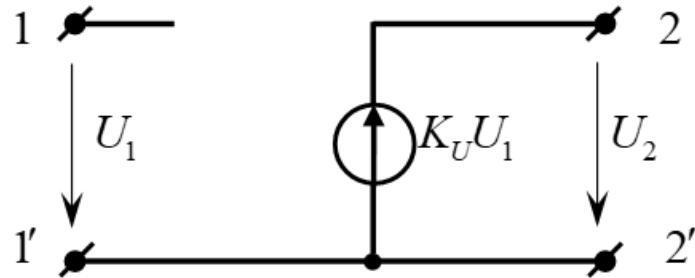


Реальные

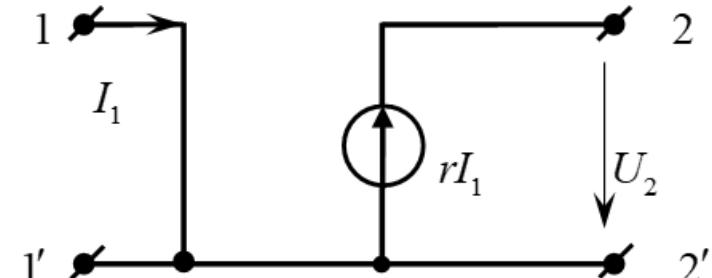


Вольт-амперные характеристики

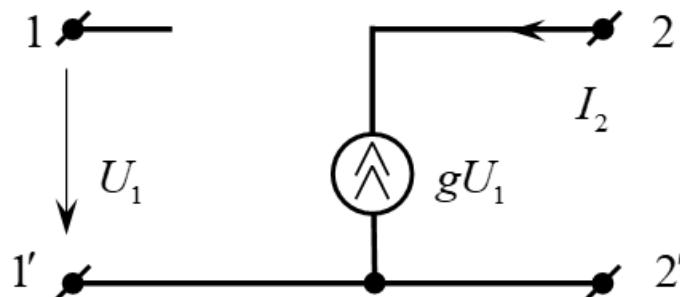
Различают четыре вида зависимых источников: *источник напряжения, управляемый напряжением (ИНУН)*; *источник напряжения, управляемый током (ИНУТ)*; *источник тока, управляемый напряжением (ИТУН)*; *источник тока, управляемый током (ИТУТ)*.



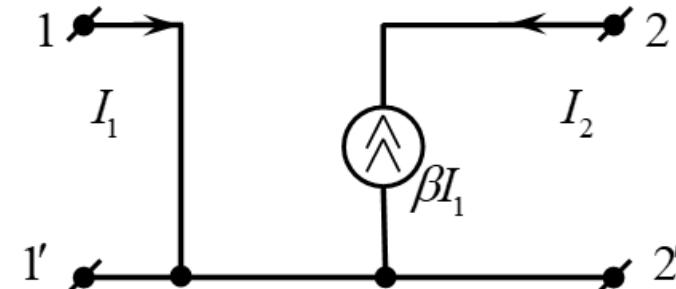
ИНУН



ИНУТ



ИТУН



ИТУТ

Пассивные элементы

R



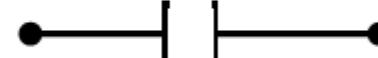
a)

L

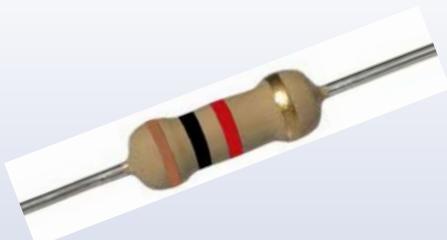


б)

C



в)



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

[*Ом*]

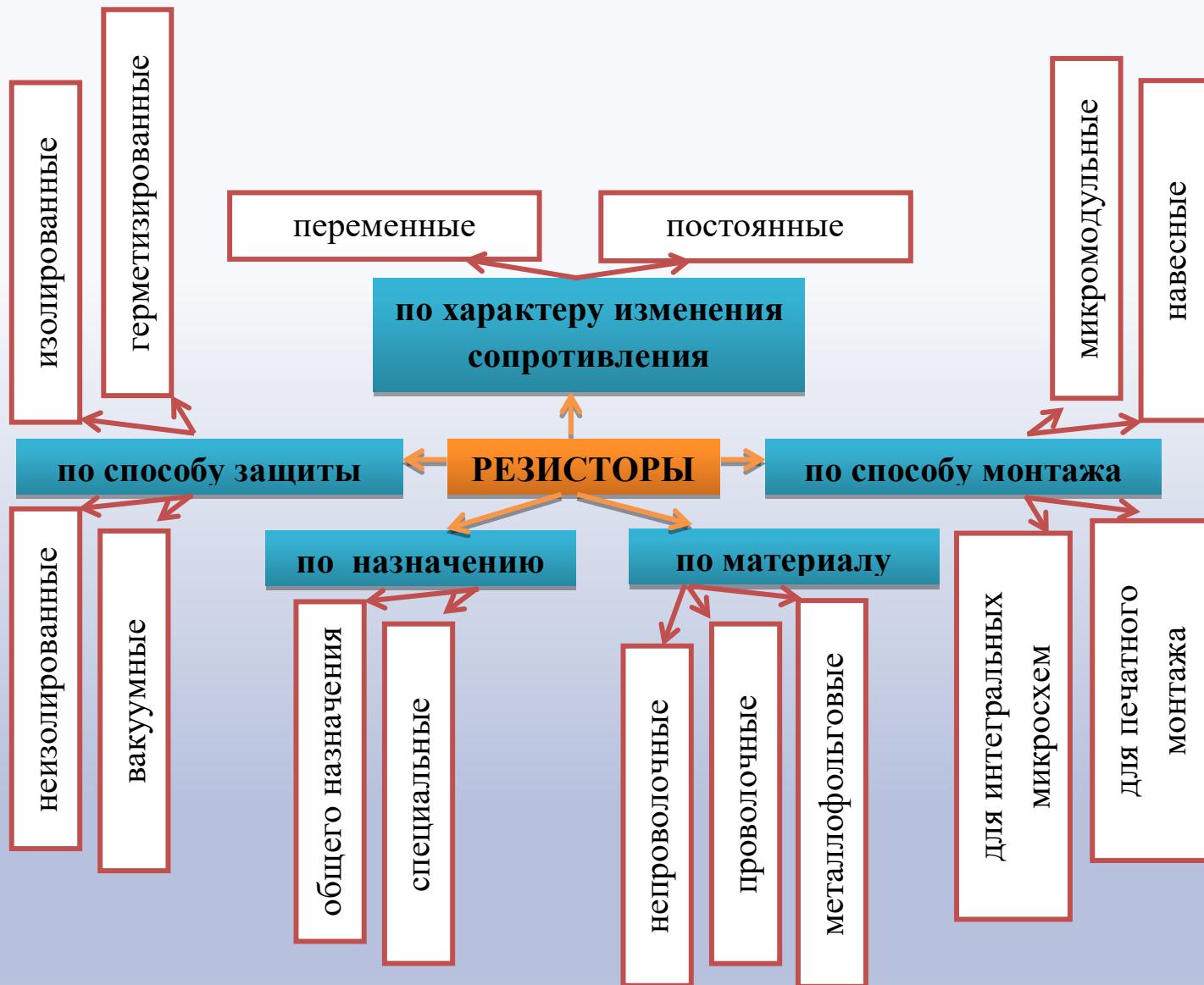
$$L = \frac{\Phi}{i}$$

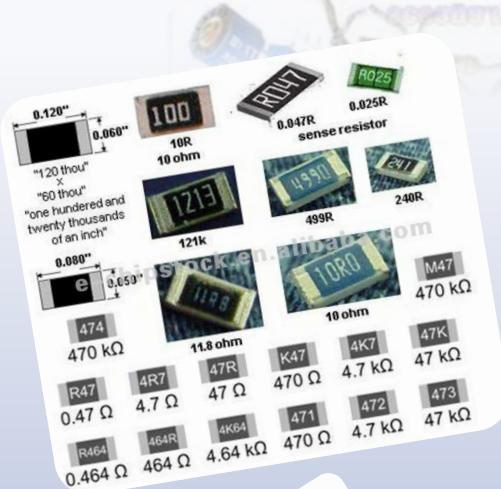
[*Гн*]

$$C = \frac{\Phi_E}{U} = \frac{q}{U}$$

[*Ф*]

Классификация

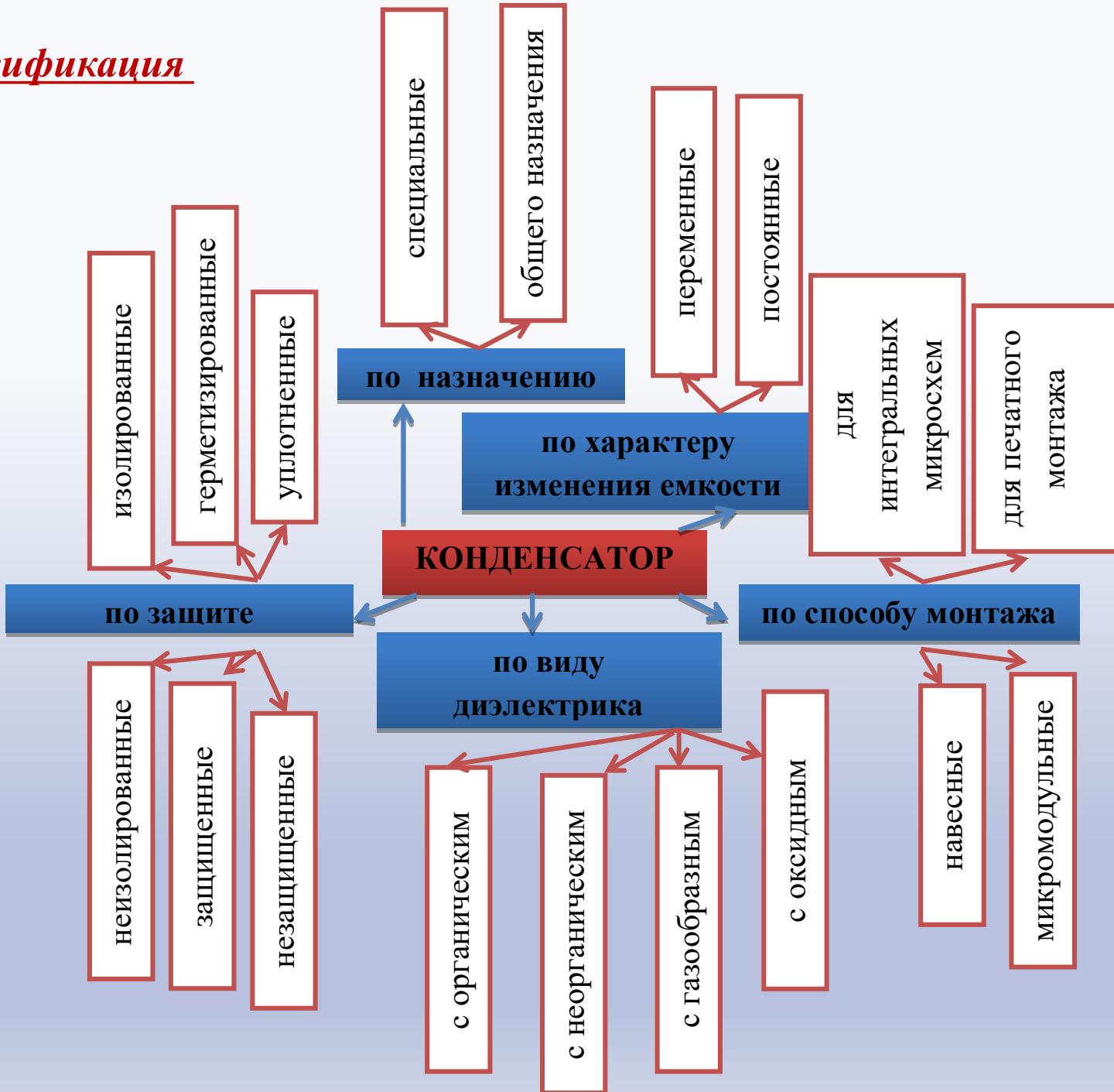


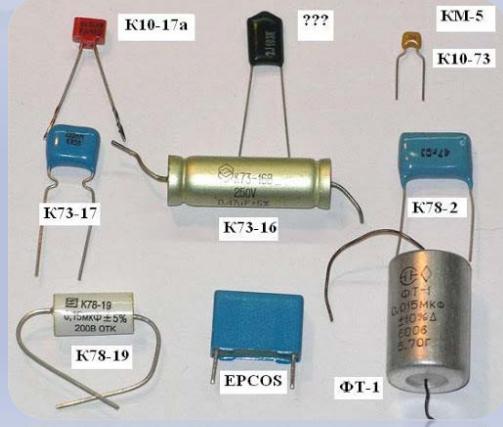
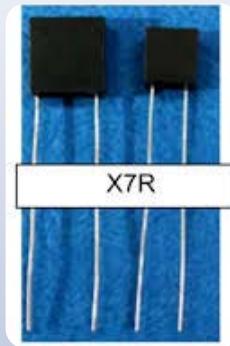
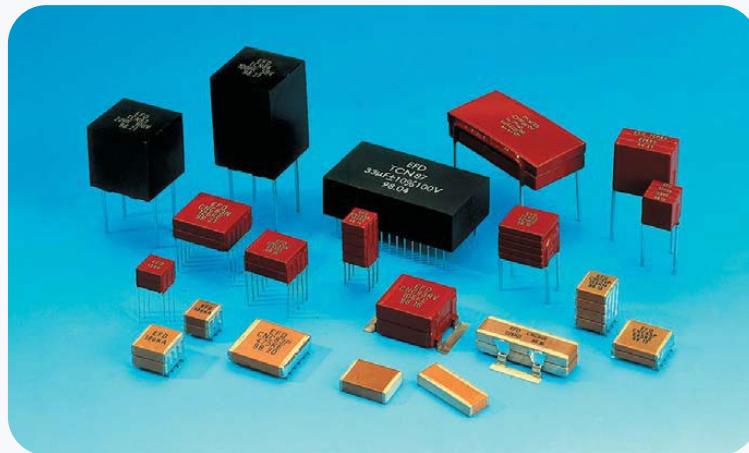


Классификация

Резисторы. Цветовая маркировка							
Цвет пояса (цвет)	1-й запас	2-й запас	3-й запас	Множитель	Допуск, ряд	ТКС мкС	
Золотой				0,01 Ω	5%, E24		
Серебряный				0,1 Ω	10%, E12		
Черный	0	0	0	1 Ω	20%, E6		
Коричневый	1	1	1	10 Ω	1%, E96	100	
Красный	2	2	2	100 Ω	2%, E48	50	
Оранжевый	3	3	3	1k Ω		15	
Желтый	4	4	4	10k Ω		25	
Зеленый	5	5	5	100k Ω	0,5%, E192		
Голубой	6	6	6	1M Ω	0,25%	10	
Фиолетовый	7	7	7	10M Ω	0,1%	5	
Серый	8	8	8	100M Ω	0,05%		
Белый	9	9	9			1	
Пример обозначения							
2 к Ω $\pm 1\%$							
10 к Ω $\pm 2\%$ 100 $\text{мкА/}^{\circ}\text{C}$							
2 к Ω $\pm 5\%$							
100 Ом $\pm 10\%$							

Классификация





Классификация

Конденсаторы. Цветовая маркировка						
Цвет последовательности	1-й запятая	2-й запятая	3-й запятая	Множитель	Допуск, ряд	ТКЕ
Золотой				0,01pF	5%, E24	Корпус оранжевый
Серебряный				0,1pF	10%, E12	
Черный	0	0	0	1pF	20%, E6	ПМ0 Н10
Коричневый	1	1	1	10pF	1%, E96	М33
Красный	2	2	2	100pF	2%, E48	М75 Н20
Оранжевый	3	3	3	1nF		М150
Желтый	4	4	4	10nF		М220
Зеленый	5	5	5	100nF	0,5%, E192	М330 Н30
Голубой	6	6	6	1μF	0,25%	М470 Н50
Фиолетовый	7	7	7	10μF	0,1%	М750 Н70
Серый	8	8	8	0,01pF	0,05%	
Белый	9	9	9	0,1pF		Н90

Пример обозначения

2 пФ, ±2%, М33

18 пФ, ±5%, МПО

22 нФ, Н90

0,1 мкФ

Домашнее задание:

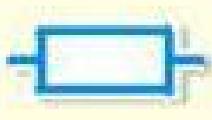
Условное графические обозначение 30 элементов



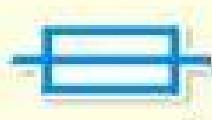
лампа



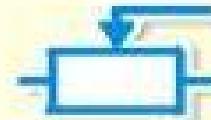
звонок



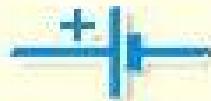
резистор



плавкий
предохранитель



реостат



гальванический элемент,
батарея элементов



вилка и
розетка



клеммы



кнопка,
выключатель



амперметр



вольтметр



электромагнит



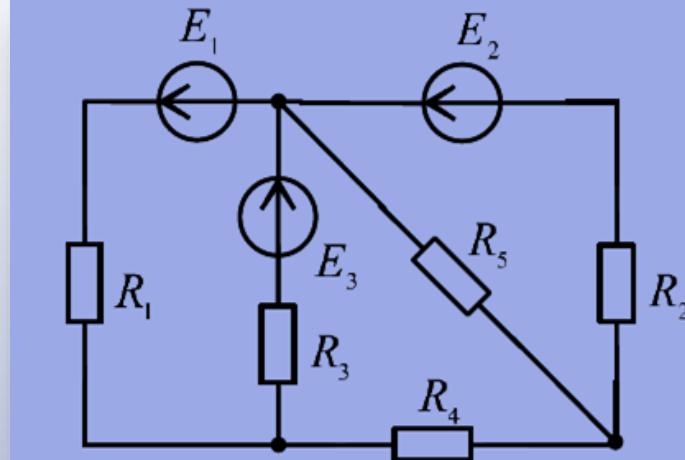
двигатель



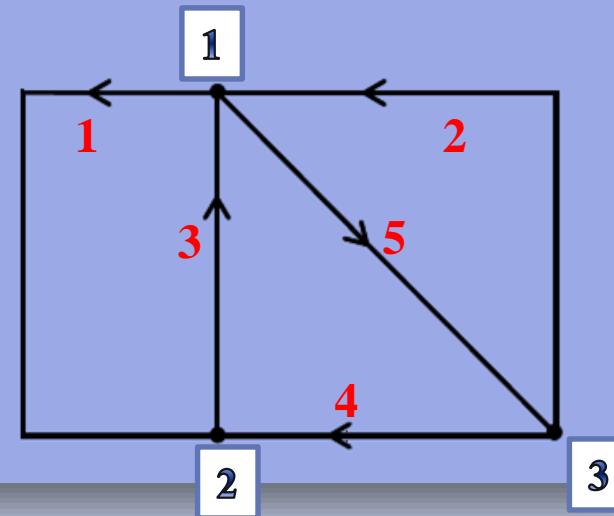
генератор

ТОПОЛОГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Электрическая цепь

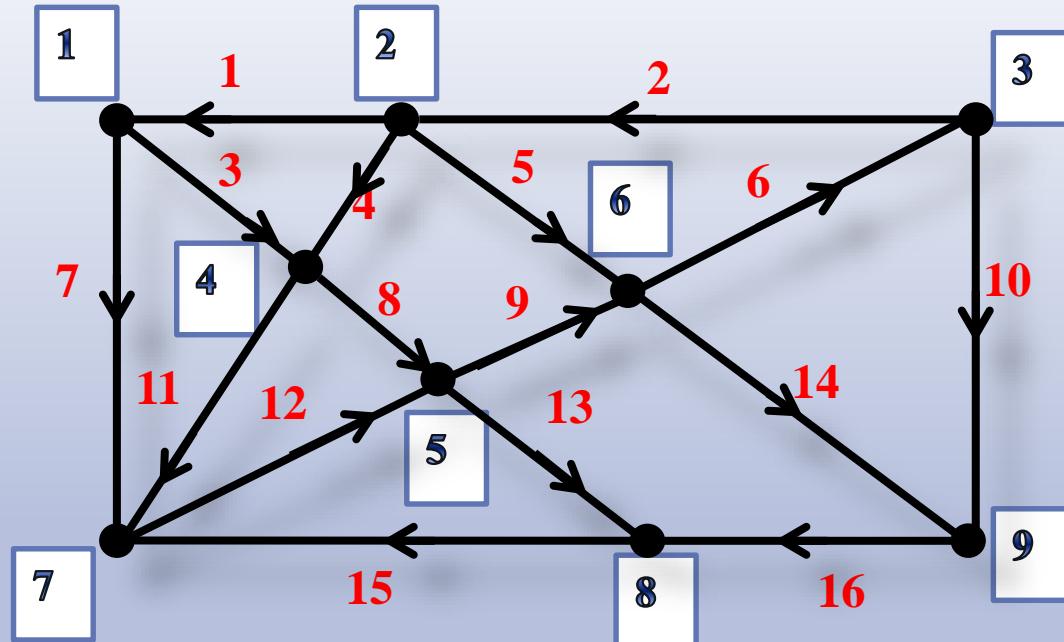


Граф

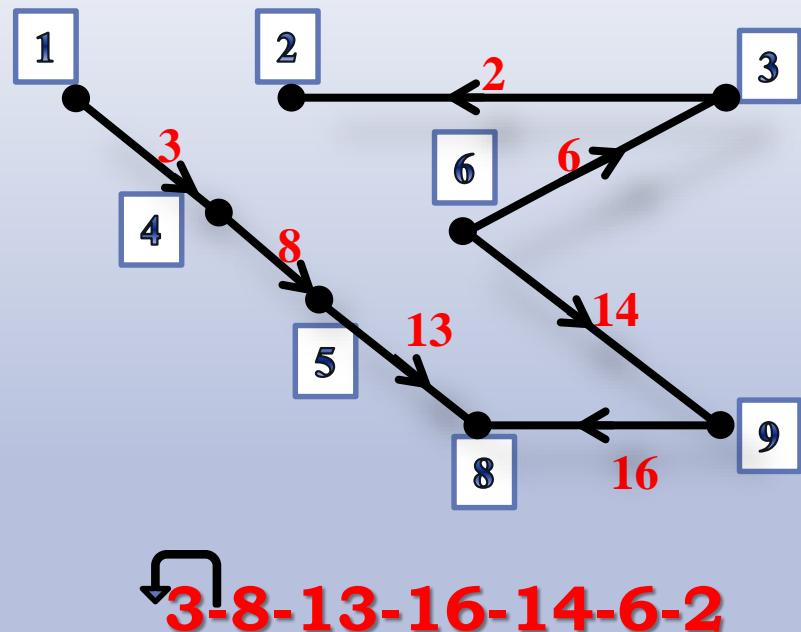
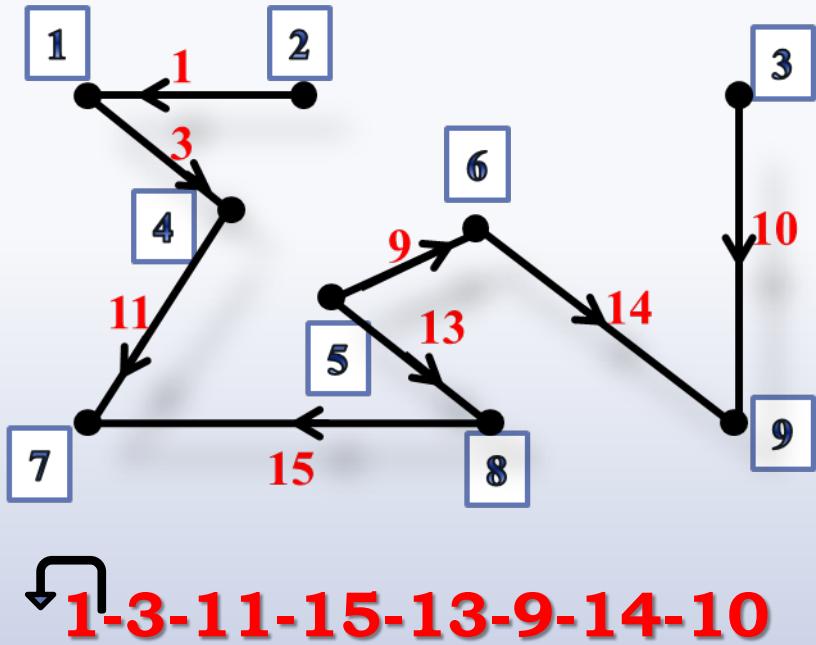


Подграфы

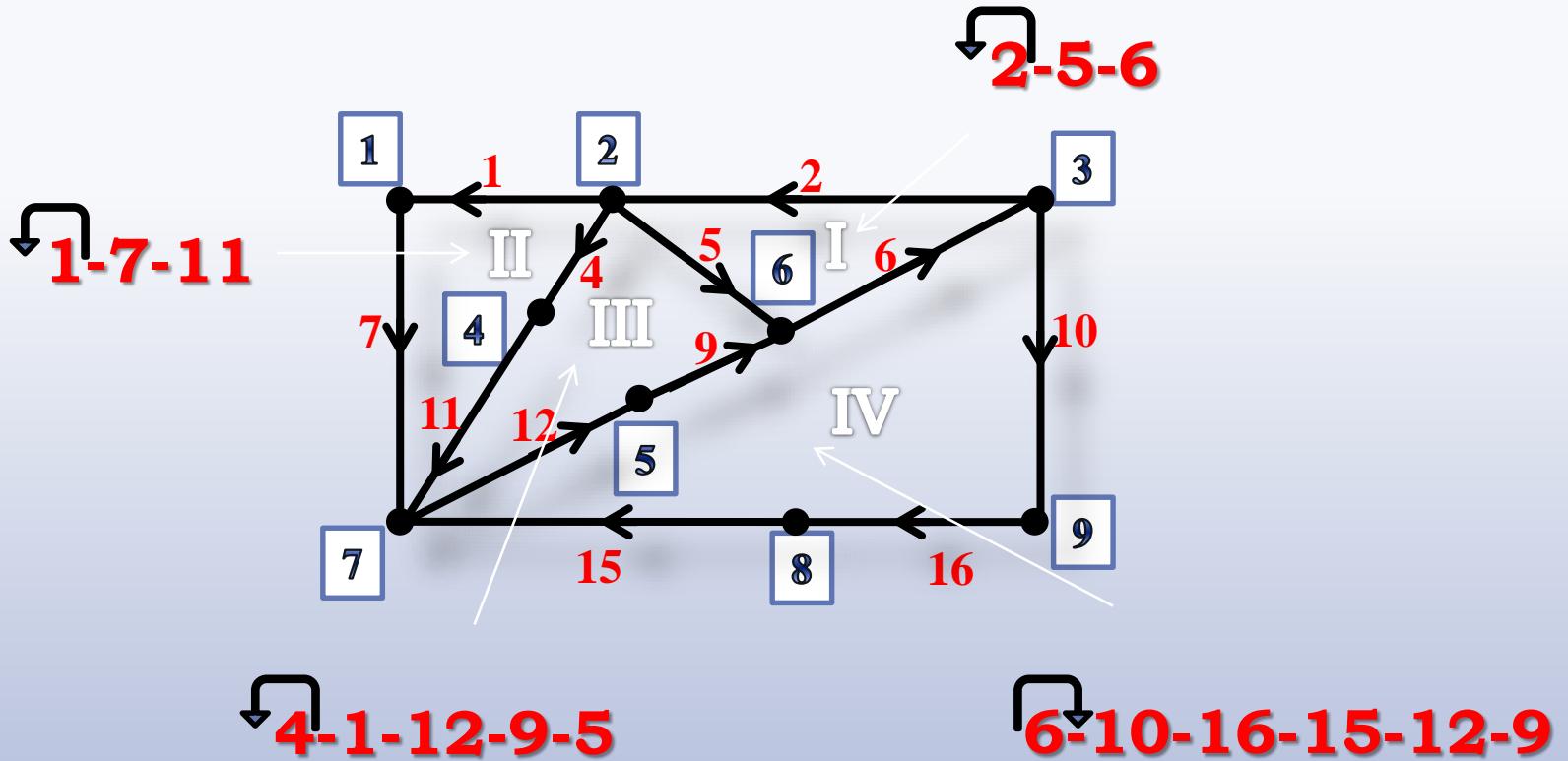
- Путь
- Контур
- Дерево
- Ветви связи
- Сечение графа



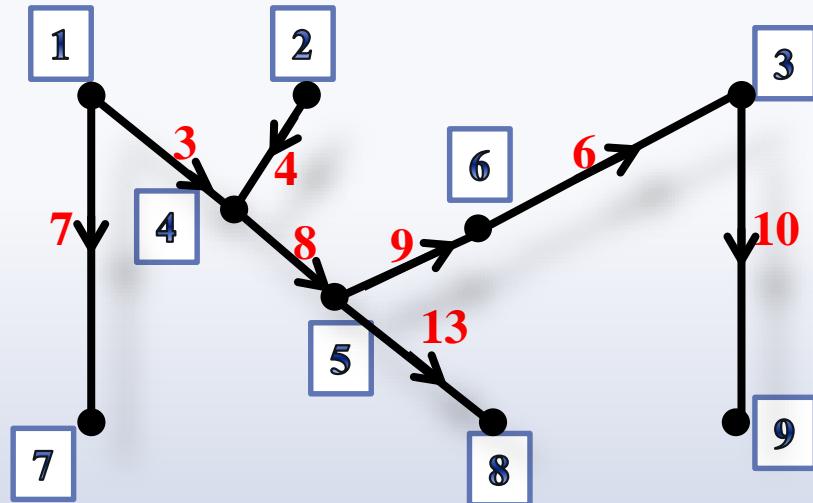
Путь



Контур

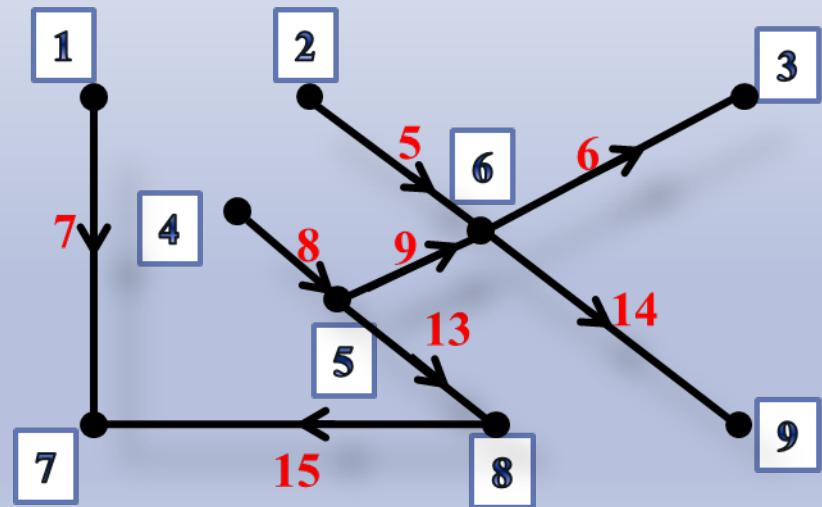


Дерево



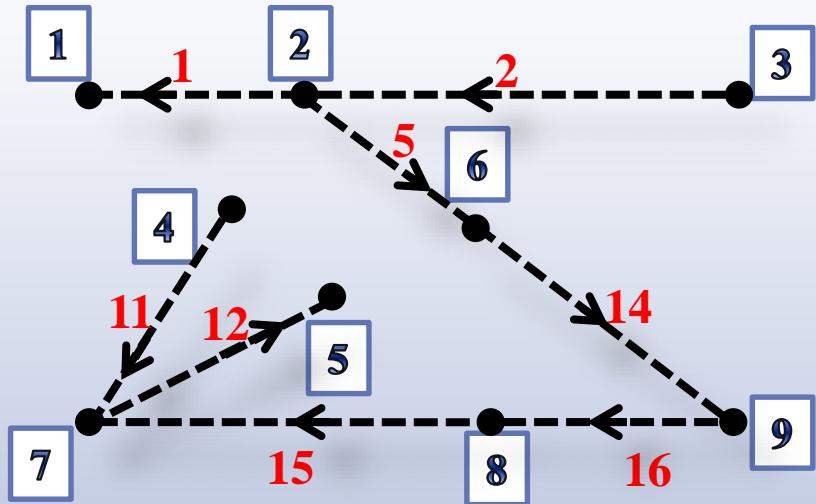
7,3,4,8,9,6,13,10

7,15,13,8,9,5,14,6

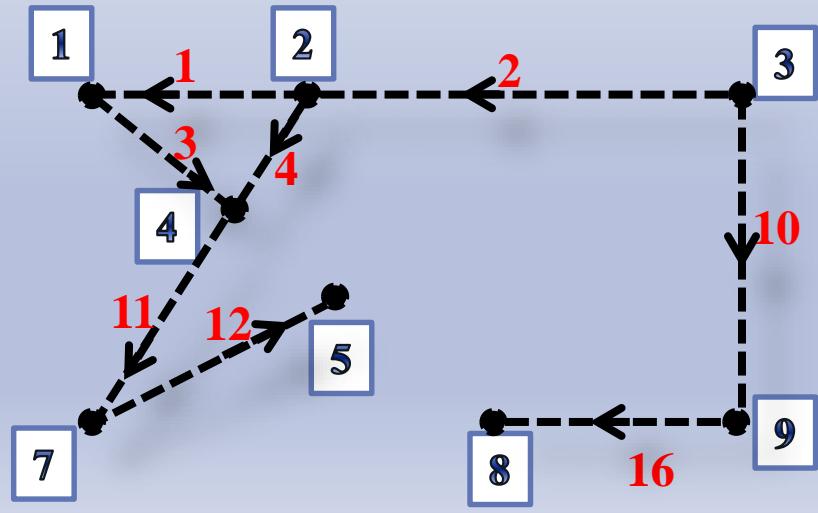


Ветви связи

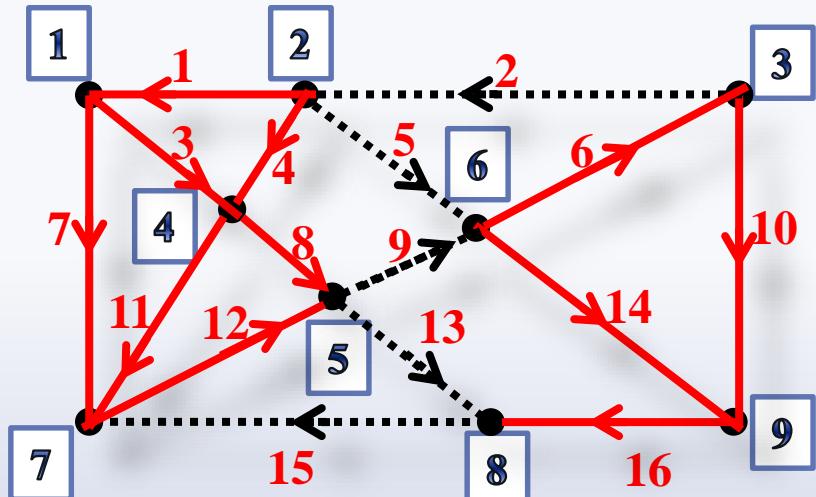
1,2,5,14,16,15,12,11



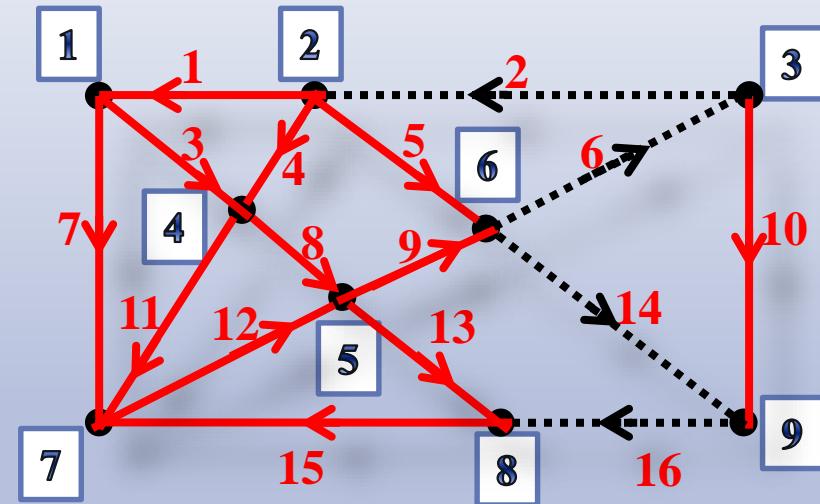
1,2,3,4,10,11,12,16



Сечение графа



2-5-9-13-15



2-6-14-16

Топологические матрицы

В соответствии с видом уравнений Кирхгофа различают три топологические матрицы: *соединений (узловую матрицу) $[A]$, контурную (главных контуров) $[B]$ и главных сечений $[Q]$* .

Полное описание структуры направленного графа дает $[m^* \times n]$ - *матрица соединений (узловая матрица) $[A]$* , где $m^* = m - 1$ (m - число узлов). m^* - строки матрицы являются порядковыми номерами узлов, а n - столбцов – номерами ветвей. Она представляет собой *таблицу коэффициентов уравнений, составленных по первому закону Кирхгофа для узлов схемы*.

Матрица главных контуров (контурная матрица) $[B]$ – это *таблица коэффициентов уравнений, составленных по второму закону Кирхгофа*. Строки матрицы $[B]$ соответствуют главным контурам ($k = n - m + 1$), столбцы – ветвям (n), т.е. размерность матрицы будет $[k \times n]$.

Матрица главных сечений $[Q]$ представляет собой *таблицу коэффициентов, составленных по первому закону Кирхгофа для главных сечений*. Строки матрицы $[Q]$ соответствуют сечениям ($s = n - m + 1$), столбцы – ветвям (n), т.е. размерность матрицы будет $[s \times n]$.

А-матрица

Строки: $i=1\dots(m-1)$

Номер узла

Столбцы: $j=1\dots(n)$

номер ветви

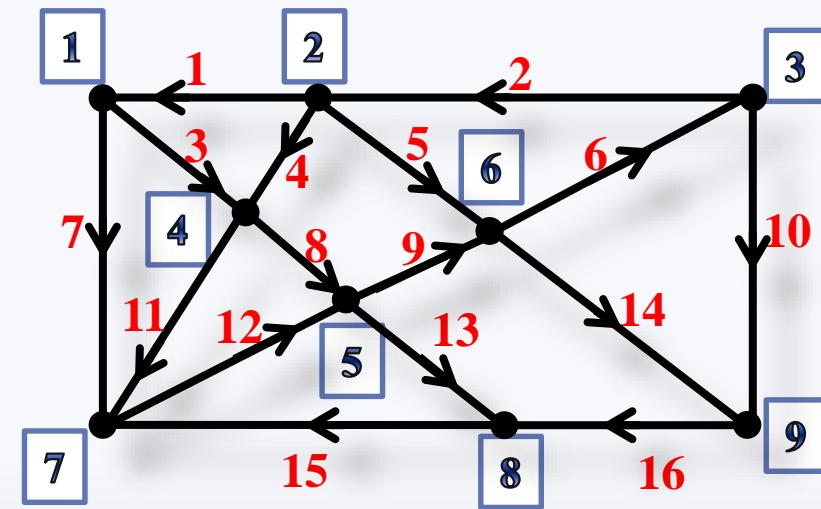
$$a_{ij} = 1$$



$$a_{ij} = 0$$



$$a_{ij} = -1$$



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

$$A = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & -1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

В-матрица

Строки: $i=1 \dots (k)$
Номер контура

Столбцы: $j=1 \dots (n)$
номер ветви

$$b_{ij} = 0$$

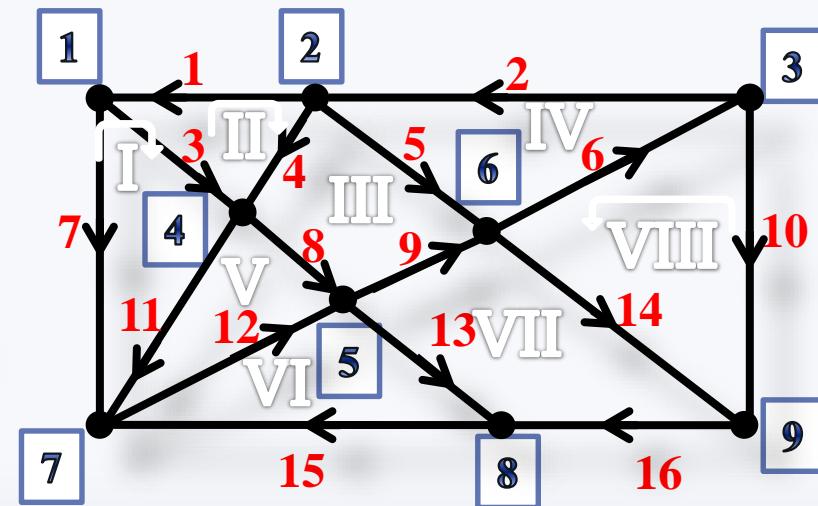
VIII
13

I
7

$$b_{ij} = -1$$

I
11

$$b_{ij} = 1$$

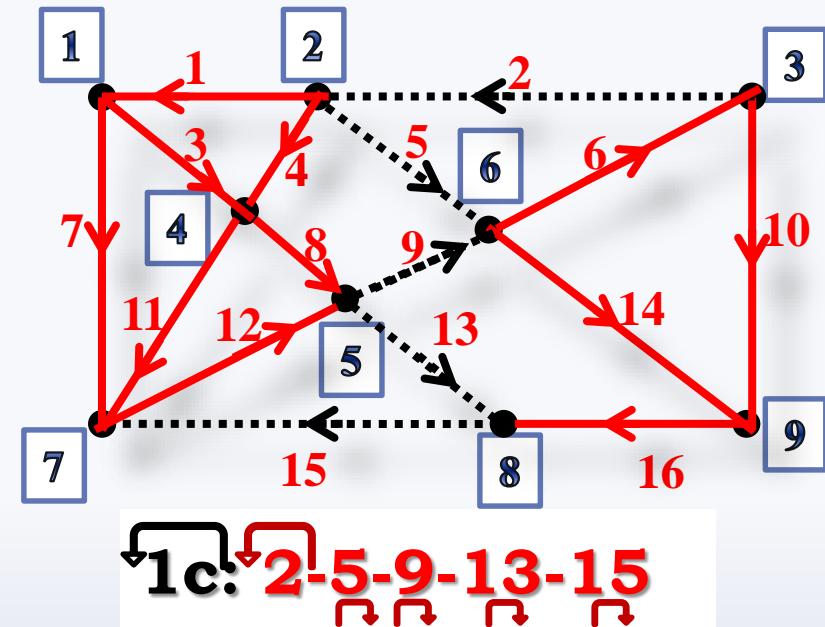
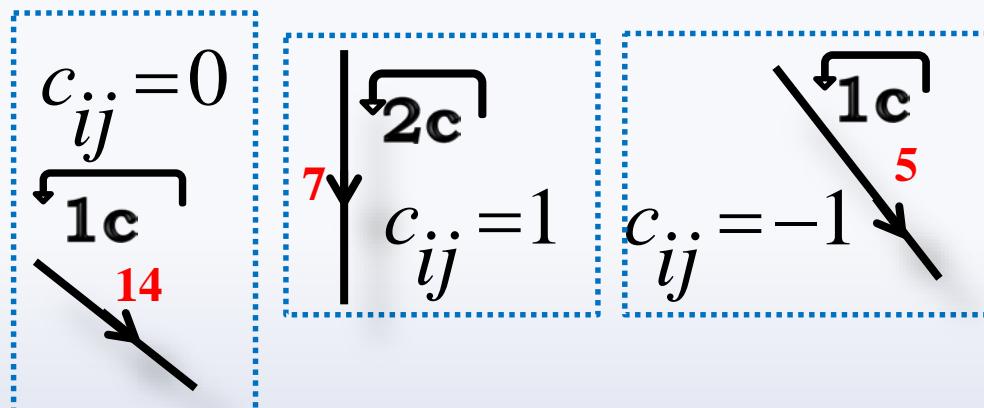


$$B = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 \\ \text{I} & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \text{II} & -1 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \text{III} & 0 & & & & & & & & & & & & & & & & \\ \text{IV} & 0 & & & & & & & & & & & & & & & & \\ \text{V} & 0 & & & & & & & & & & & & & & & & \\ \text{VI} & 0 & & & & & & & & & & & & & & & & \\ \text{VII} & 0 & & & & & & & & & & & & & & & & \\ \text{VIII} & 0 & & & & & & & & & & & & & & & & \end{bmatrix}$$

С-матрица

Строки: $i=1 \dots (c)$
Номер сечения

Столбцы: $j=1 \dots (n)$
номер ветви



$$C = \begin{bmatrix} 1c & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{matrix} \\ 2c & \begin{matrix} 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ 3c & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ 4c & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ 5c & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ 6c & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ 7c & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ 8c & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ 9 & \begin{matrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{matrix} \\ 10 & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{matrix} \\ 11 & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \end{matrix} \\ 12 & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ 13 & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ 14 & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ 15 & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ 16 & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \end{bmatrix}$$

Домашнее задание

- Путь
 - Контур
 - Дерево
 - Ветви связи
-
- Сечение графа
 - А-матрица
 - В-матрица
 - С-матрица

