

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

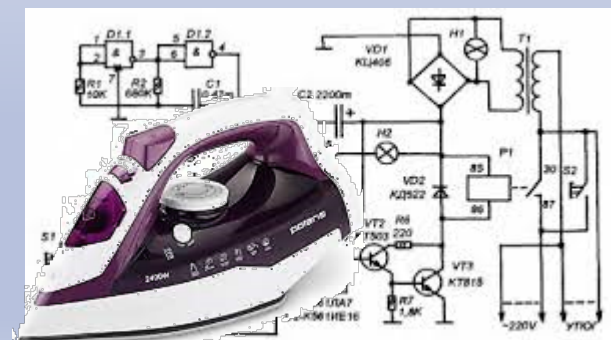
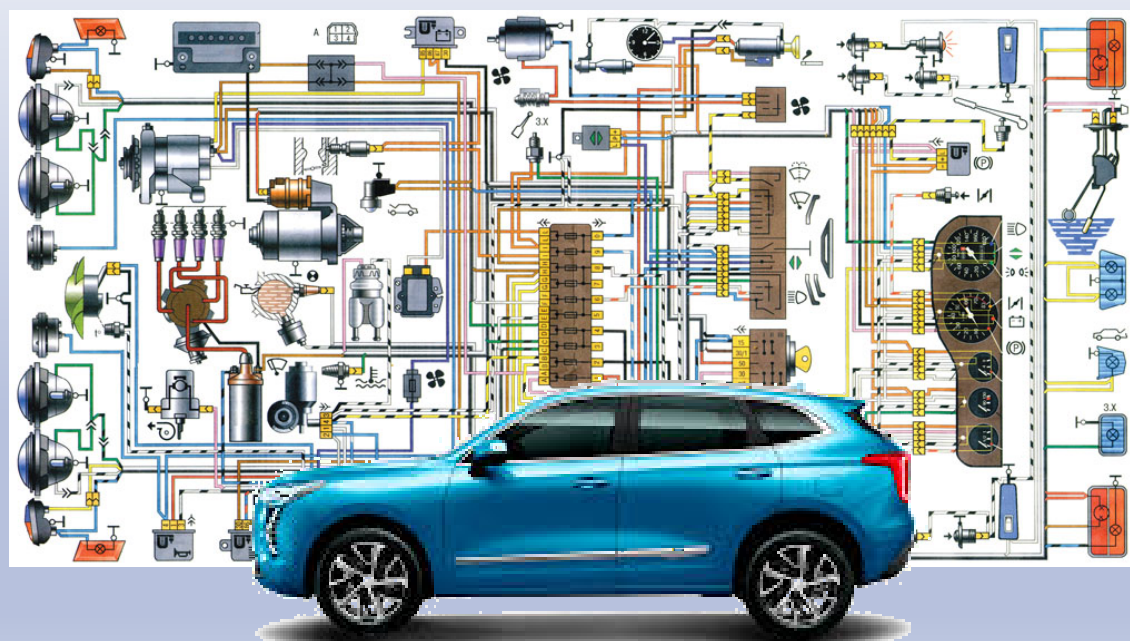
Лектор:
к.ф.-м.н., асс. профессор Алимгазинова Назгуль Шакаримовна

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

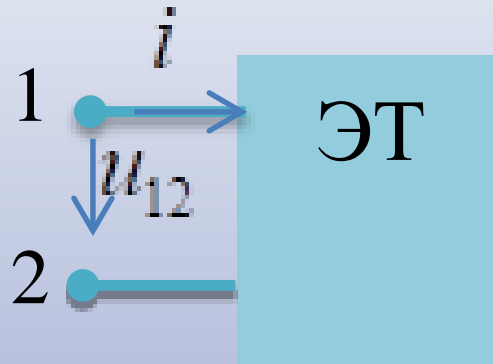
Основная литература

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. Аристов 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**

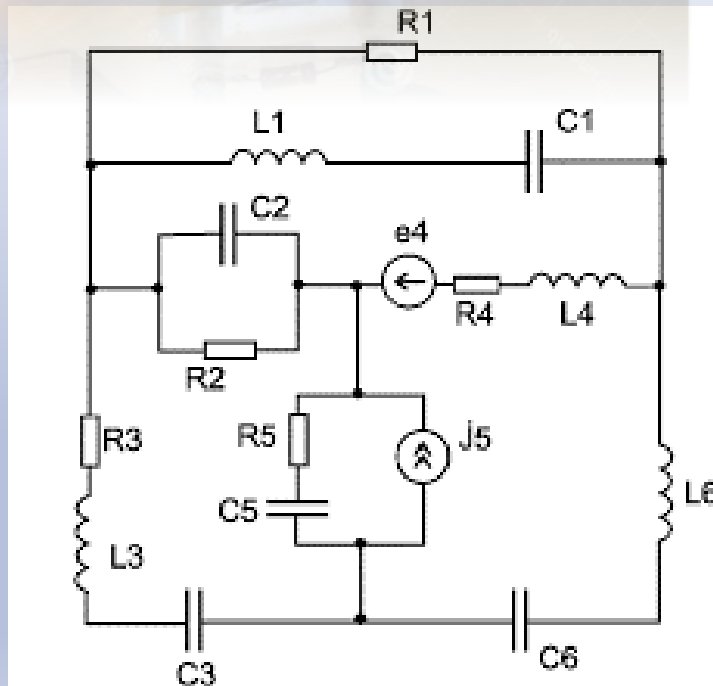
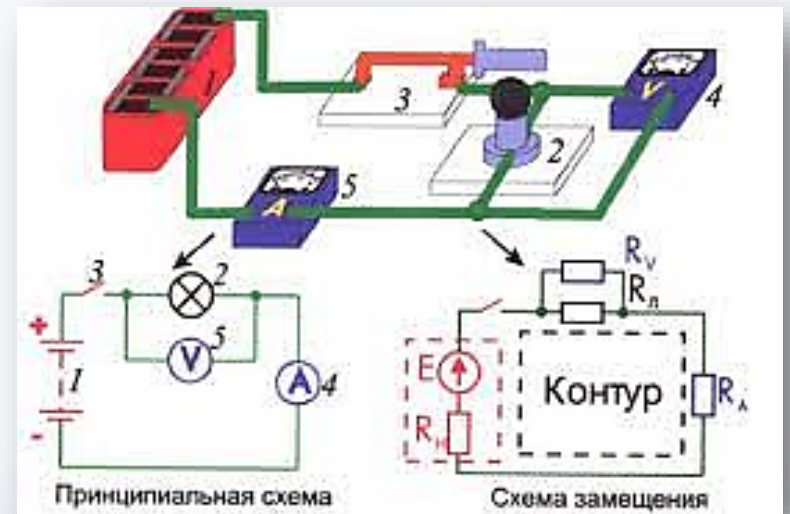


$$i(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt},$$

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

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

$$e = \int_L E_{\text{стор}} dl,$$



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.

Электродвижущая 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



Вспомогательные элементы электрической цепи



Основные режимы работы электрических цепей

1. В зависимости от характера входного сигнала:

1. режим постоянного тока;
2. режим гармонического тока ;
3. режим произвольного тока.

2. В зависимости от характера электромагнитных процессов протекающих в цепи:

1. Установившийся (стационарный)

режим, когда параметры сигналов остаются постоянными во времени величинами;

2. нестационарный или неустановившейся

режим, когда параметры сигнала изменяются во времени. Частый случай - переходной режим.

3. В зависимости от нагрузки:

1. номинальный.

все устройства данной цепи работают в нормальных, установленных изготовителем, условиях.

2. согласованный.

режим передачи от источника к приемнику наибольшего количества энергии или режим выделения в нагрузке наибольшей мощности.

3. холостого хода.

режим холостого хода возникает при отключении нагрузки, при обрывах цепи

4. короткого замыкания.

режим короткого замыкания, когда сопротивление нагрузки равно 0.

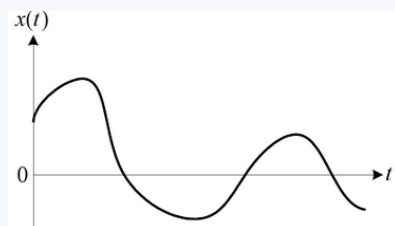
ЭЦ состоит из отдельных частей, выполняющих определенные функции, которые называются элементами.



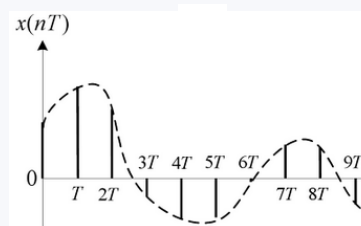
Классификация



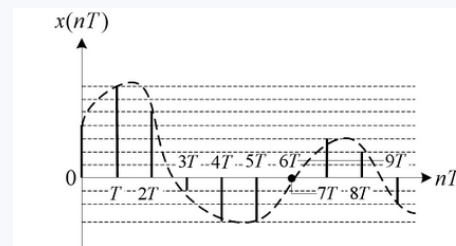
Классификация



а) аналоговый сигнал



б) дискретный сигнал



в) цифровой сигнал

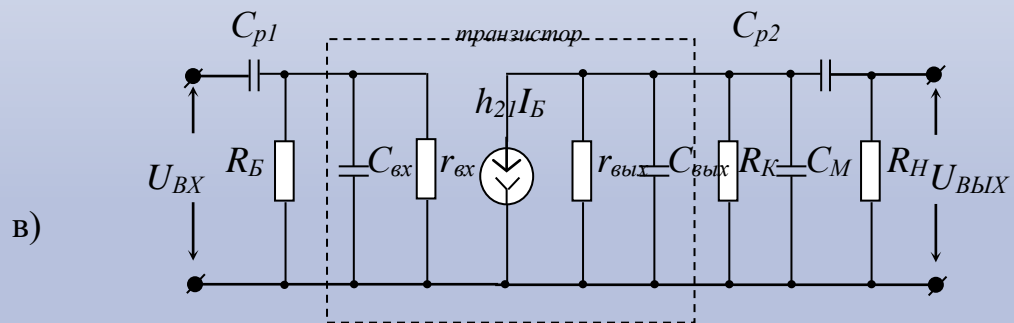
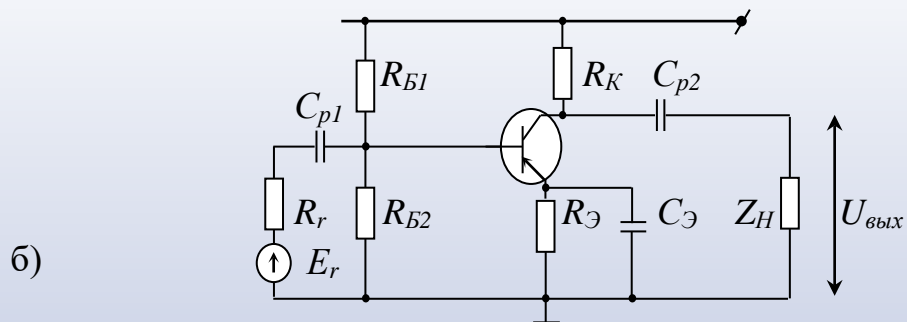
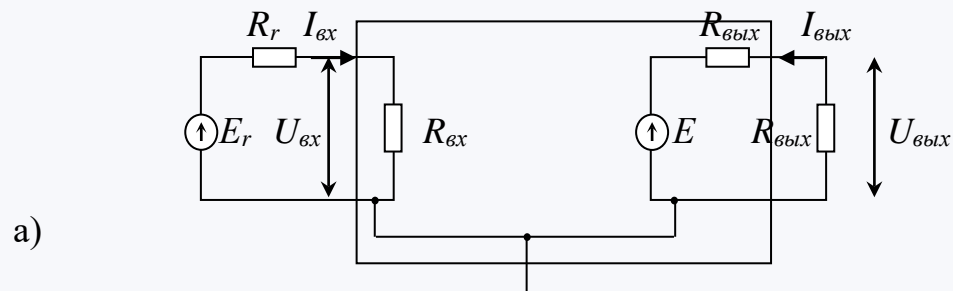


Классификация

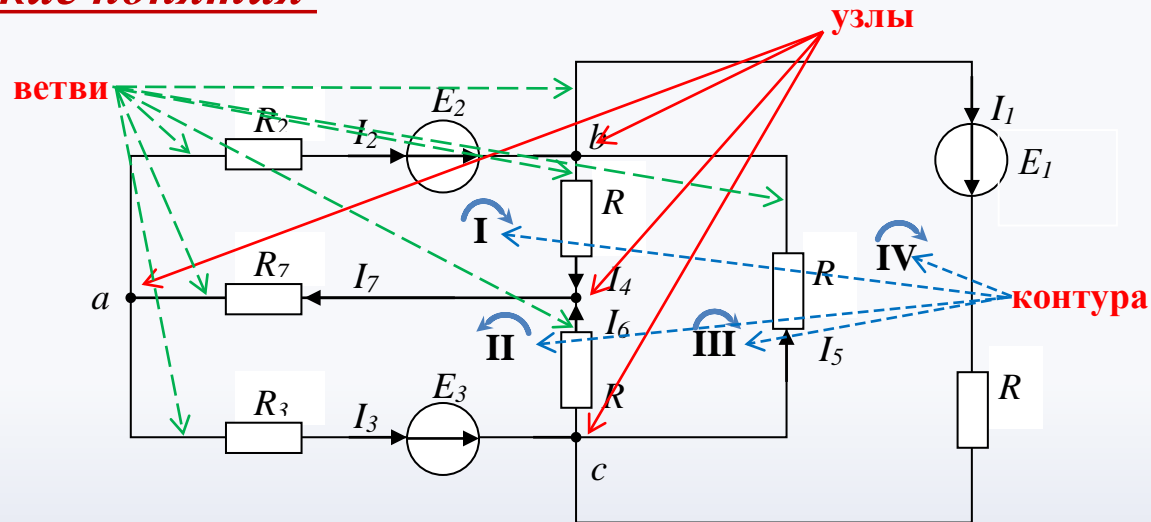
Схема электрической цепи - это графическое изображение электрической цепи, содержащее условные обозначения ее элементов, показывающее соединения этих элементов.



Классификация



Топологические понятия



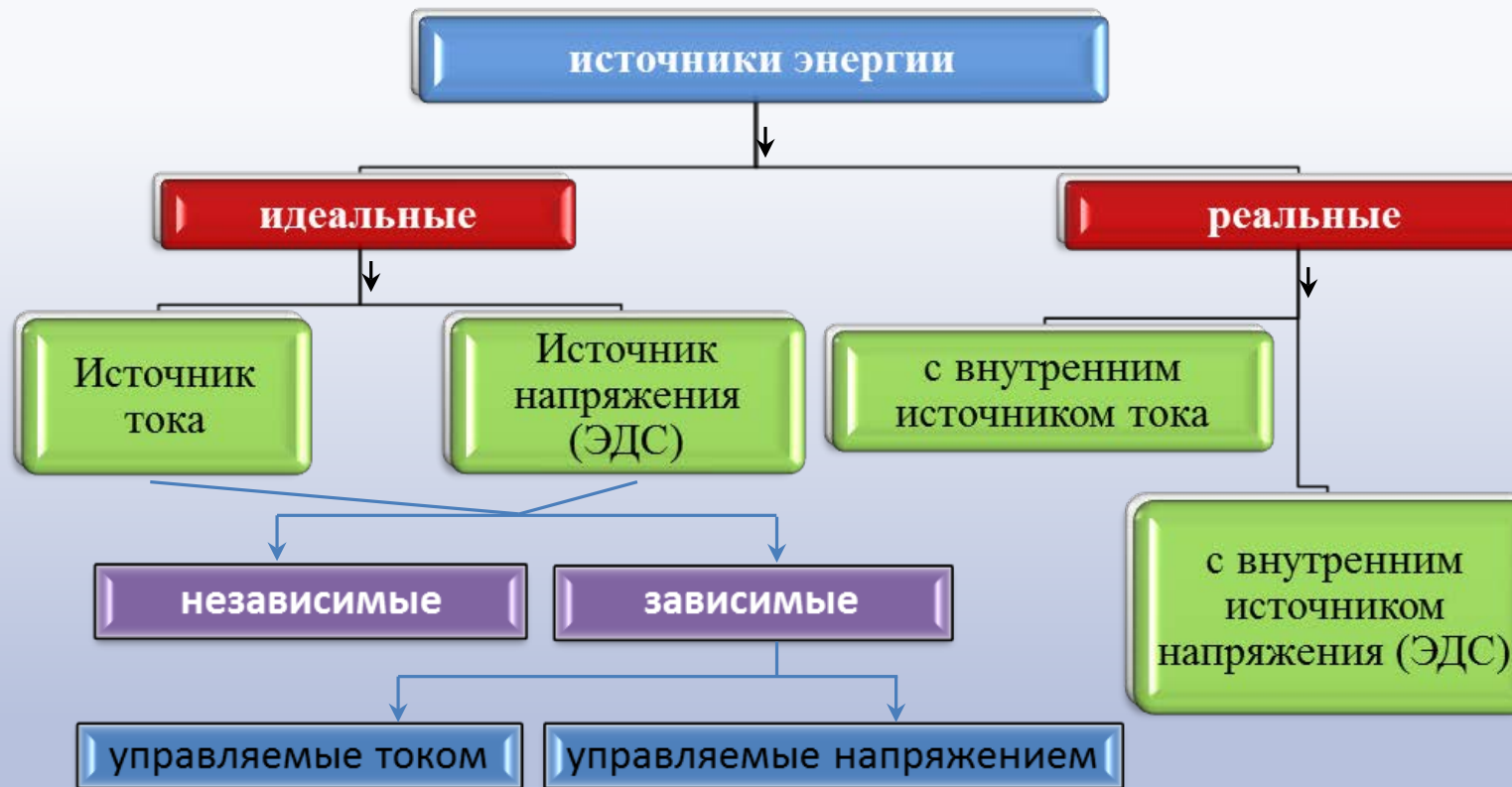
Ветвью называют часть электрической схемы, состоящая из одного или нескольких последовательно соединенных источников и приемников электрической энергии, ток в которых один и тот же. Ветви, содержащие источники энергии называются **активными**. Ветви, содержащие приемники энергии называются **пассивными**. 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 контура. Контур может быть **независимым от источника тока**, при этом количество таких контуров можно определить следующим образом: $k = n - m - n_{ит} + 1$, где $n_{ит}$ - количество ветвей, содержащих источники тока.

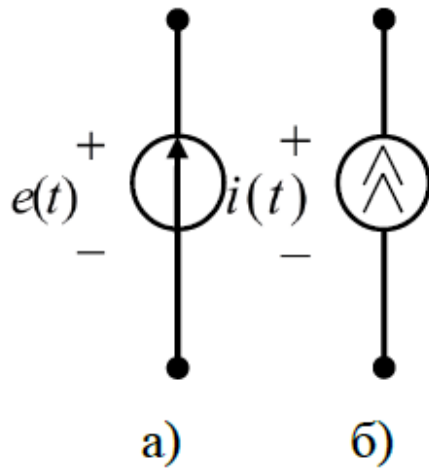
ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Источники электрической энергии

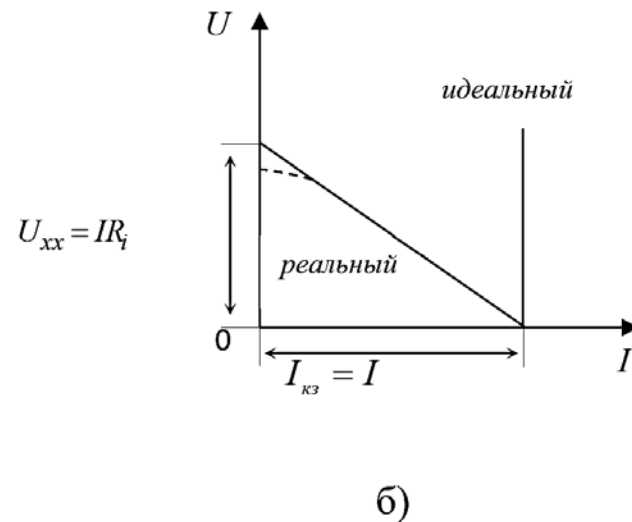
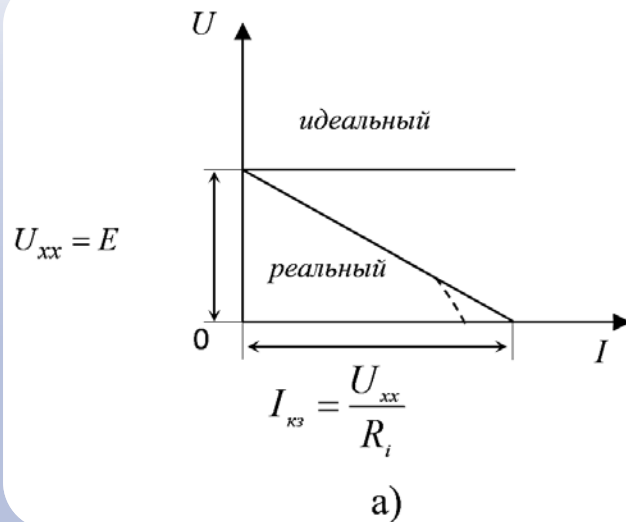
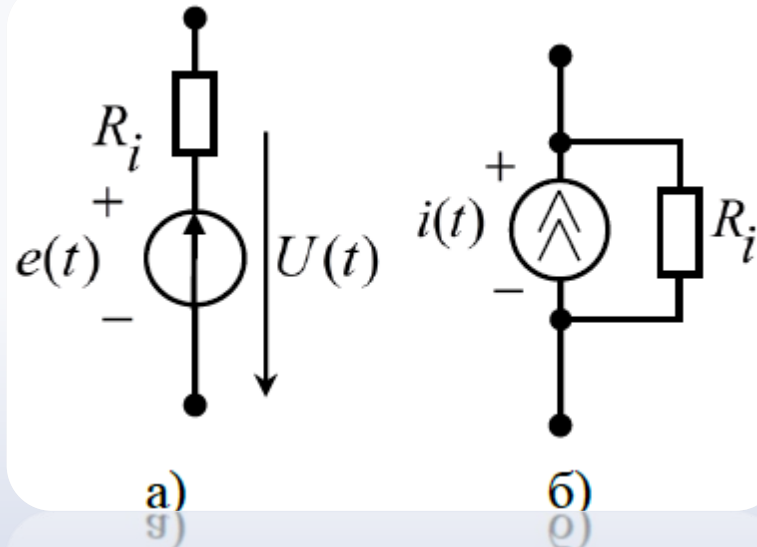


УГО элементов

Идеализированные

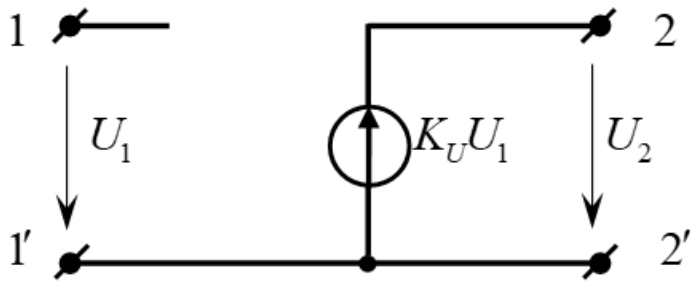


Реальные

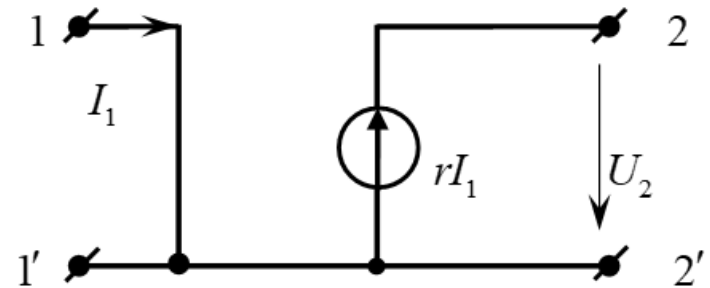


Вольт-амперные характеристики

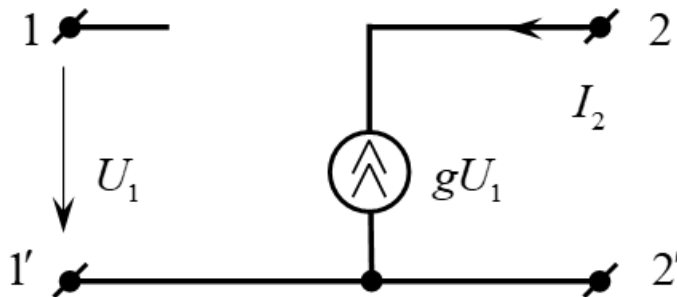
Различают четыре вида зависимых источников: *источник напряжения, управляемый напряжением (ИНУН)*; *источник напряжения, управляемый током (ИНУТ)*; *источник тока, управляемый напряжением (ИТУН)*; *источник тока, управляемый током (ИТУТ)*.



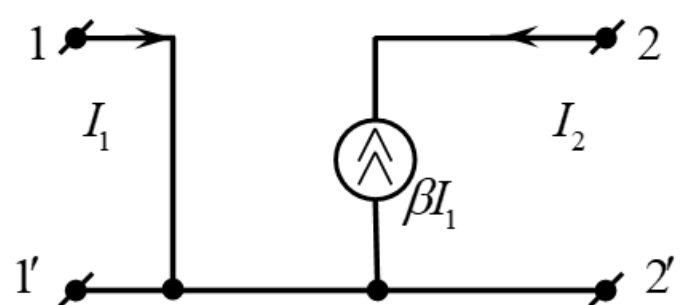
ИНУН



ИНУТ

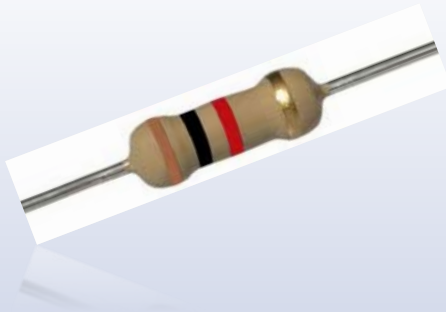
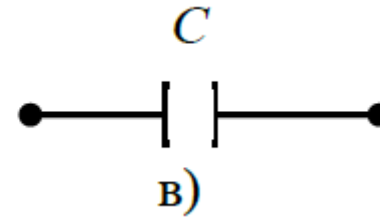
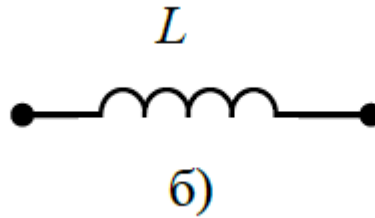
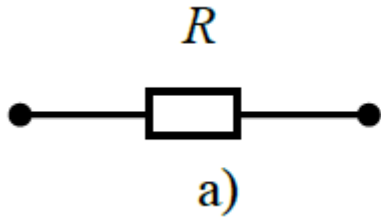


ИТУН



ИТУТ

Пассивные элементы



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

$$[Ом]$$

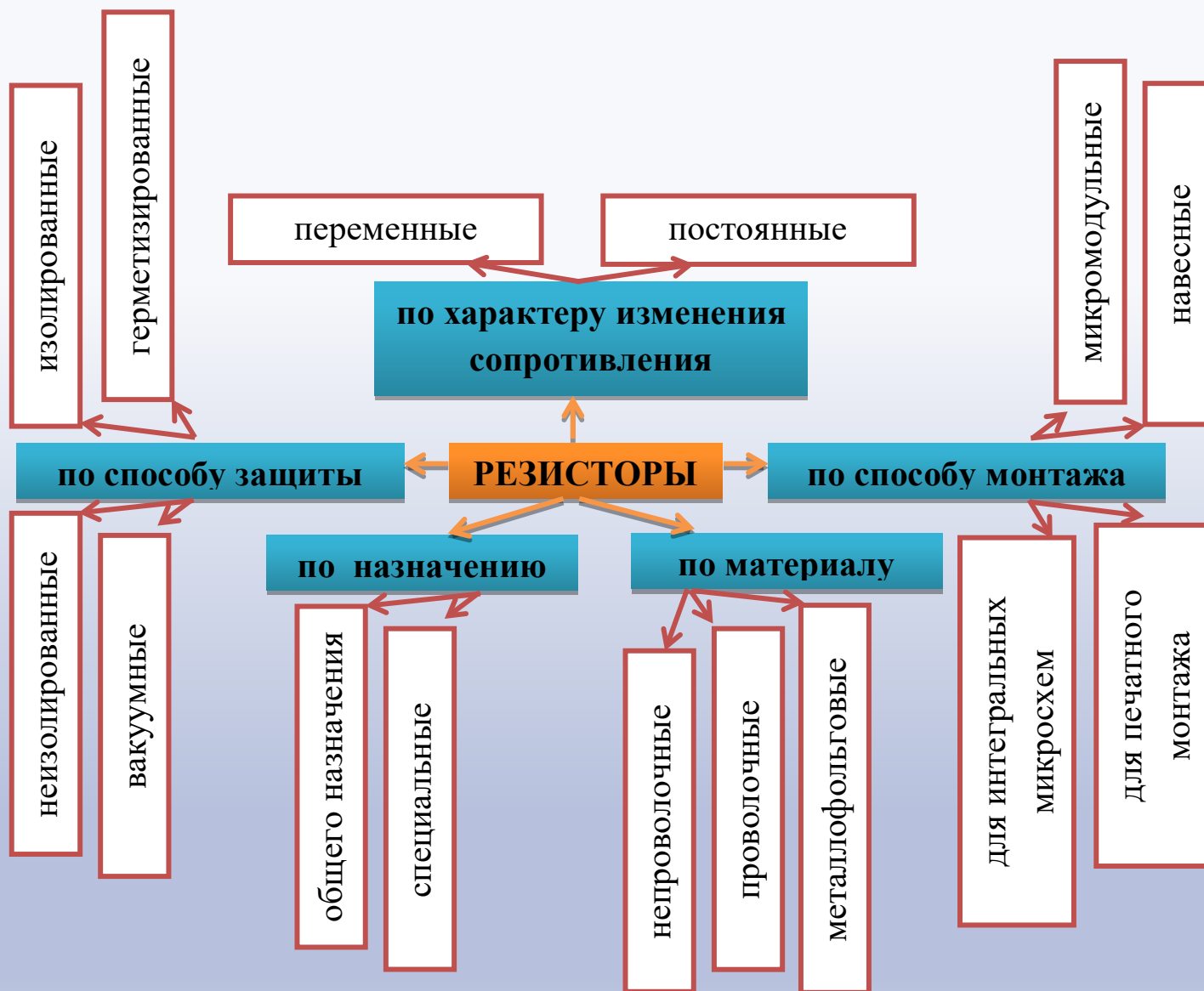
$$L = \frac{\Phi}{i}$$

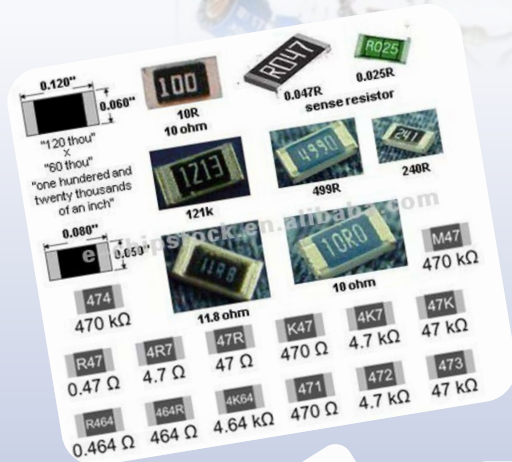
$$[Гн]$$

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

$$[Ф]$$


Классификация

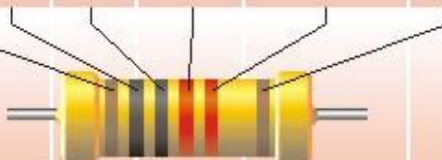


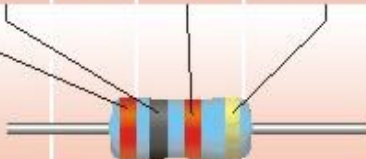


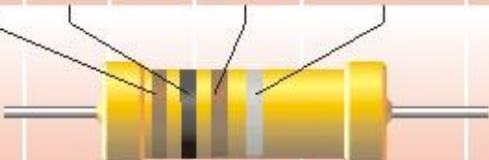
Классификация

Резисторы. Цветовая маркировка						
Цвет полосы (концы)	1-й элемент	2-й элемент	3-й элемент	Мультипл.	Допуск, ряд	ТКС %/°C
Золотой				0,01Ω	5%, E24	
Серебряный				0,1Ω	10%, E12	
Черный		0	0	1Ω	20%, E6	
Коричневый	1	1	1	10Ω	1%, E96	100
Красный	2	2	2	100Ω	2%, E48	50
Оранжевый	3	3	3	1kΩ		15
Желтый	4	4	4	10kΩ		25
Зеленый	5	5	5	100kΩ	0,5%, E192	
Голубой	6	6	6	1MΩ	0,25%	10
Фиолетовый	7	7	7	10MΩ	0,1%	5
Серый	8	8	8	100MΩ	0,05%	
Белый	9	9	9			1

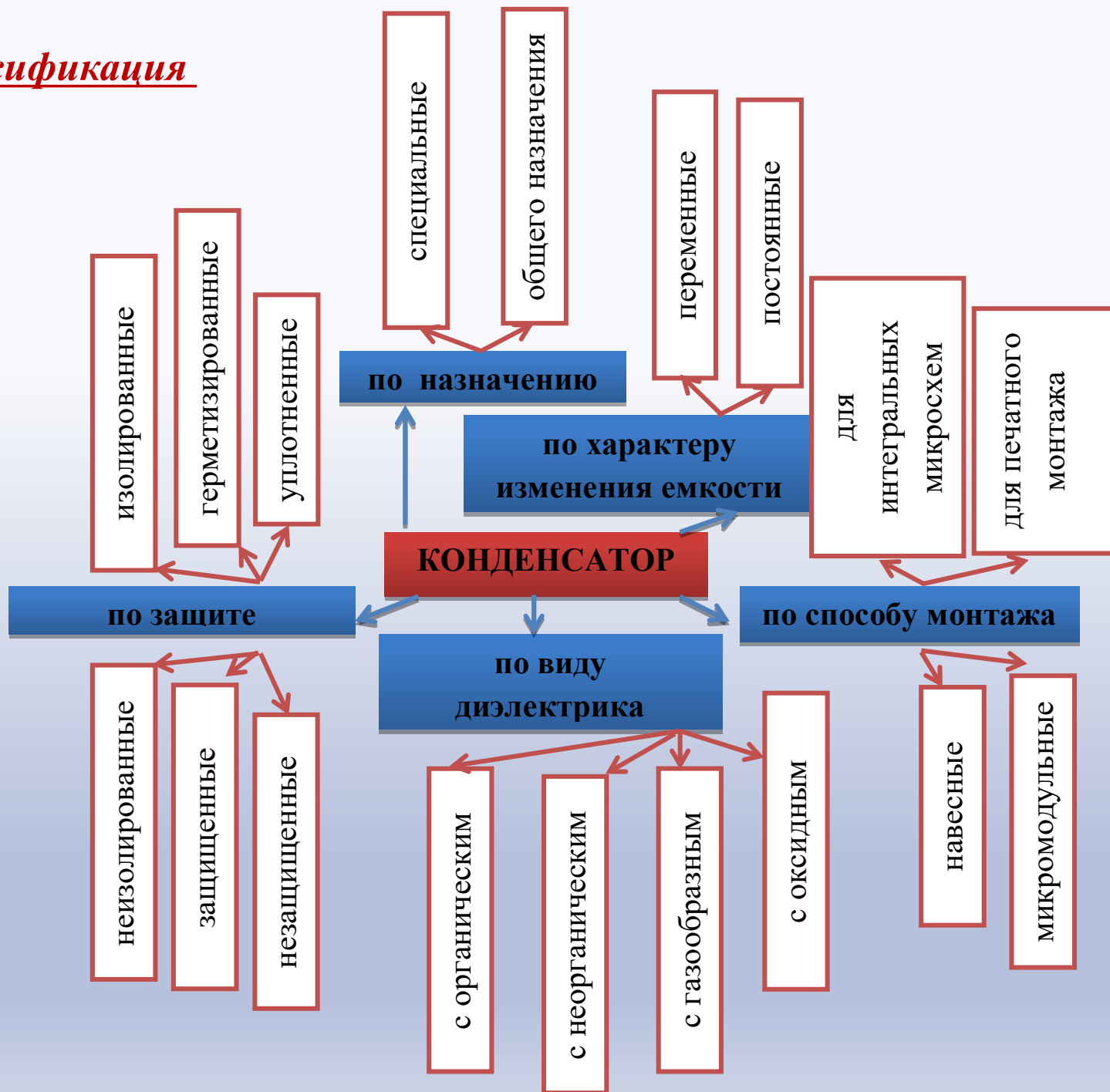
Пример обозначения	
2 kΩ ±1%	

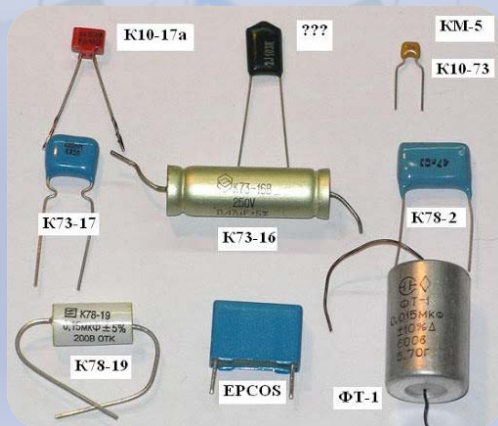
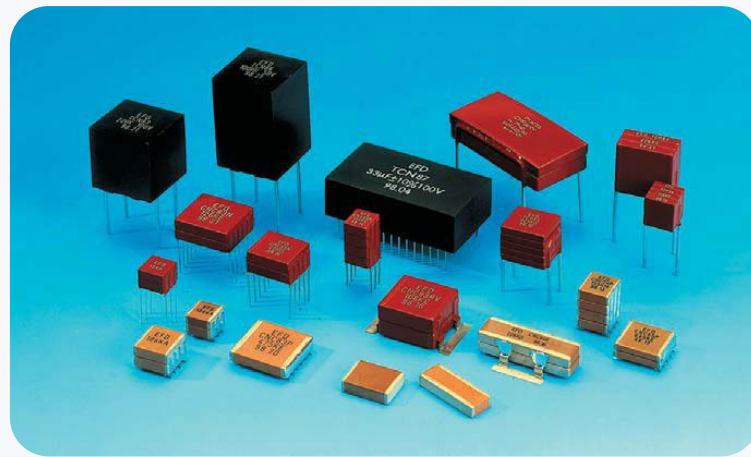
10 kΩ ±2%	
100%/°C	

2 kΩ ±5%	

100 Ω ±10%	

Классификация





Классификация

Конденсаторы. Цветовая маркировка						
Цвет полосы (знач.)	1-й элемент	2-й элемент	3-й элемент	Множитель	Допуск, рад.	ТКЕ
Золотой				0,01pF	5%,E24	Корпус оранжевый
Серебряный				0,1pF	10%,E12	
Черный		0	0	1pF	20%,E6	ПМ0 Н 10
Коричневый	1	1	1	10pF	1%,E96	M33
Красный	2	2	2	100pF	2%,E48	M75 Н 20
Оранжевый	3	3	3	1nF		M150
Желтый	4	4	4	10nF		M220
Зеленый	5	5	5	100nF	0,5%,E192	M330 Н 30
Голубой	6	6	6	1μF	0,25%	M470 Н 50
Фиолетовый	7	7	7	10μF	0,1%	M750 Н 70
Серый	8	8	8	0,01pF	0,05%	
Белый	9	9	9	0,1pF		Н 90
Пример обозначения						
2 пФ,±2%, М33						
18 пФ, ±5%, МПО						
22 нФ, Н 90						
0,1 мкФ						

Домашнее задание:

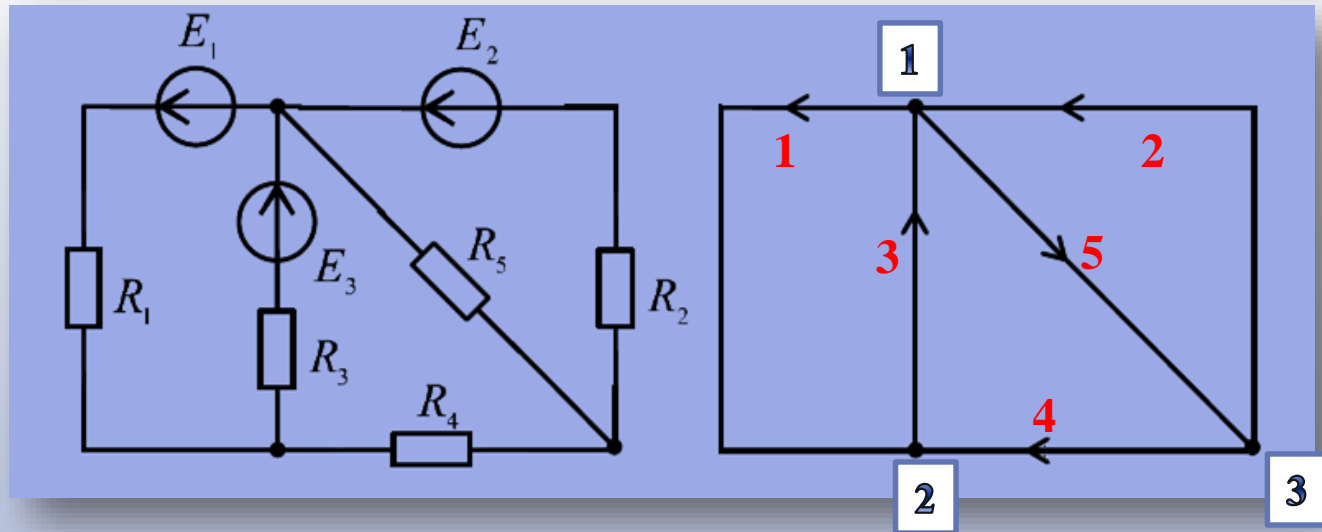
Условные графические обозначения 30 элементов



ТОПОЛОГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

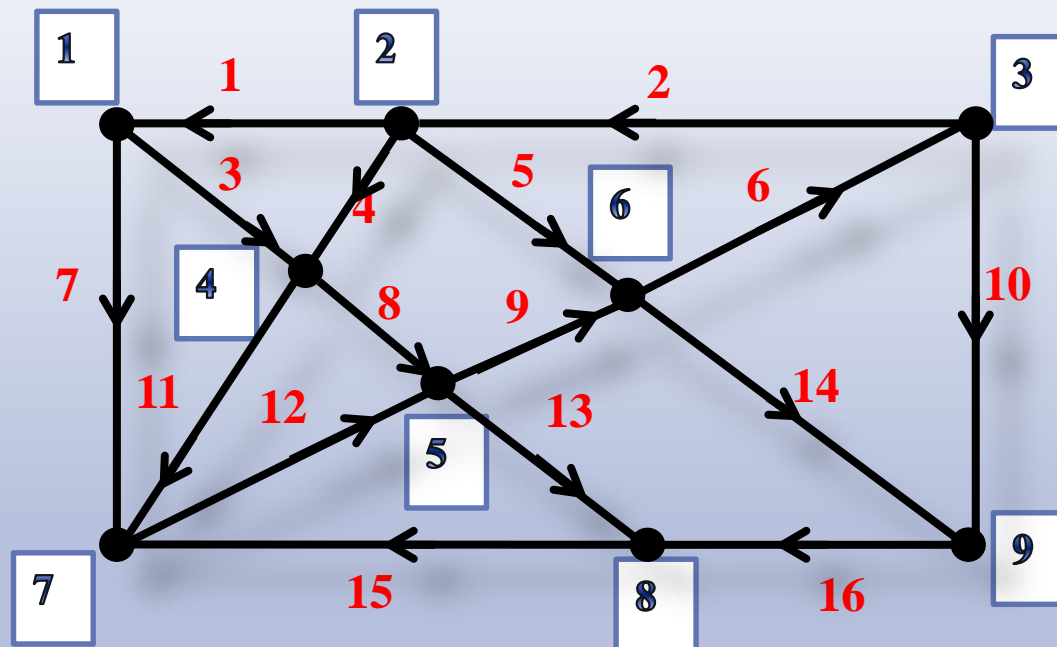
Электрическая цепь

Граф

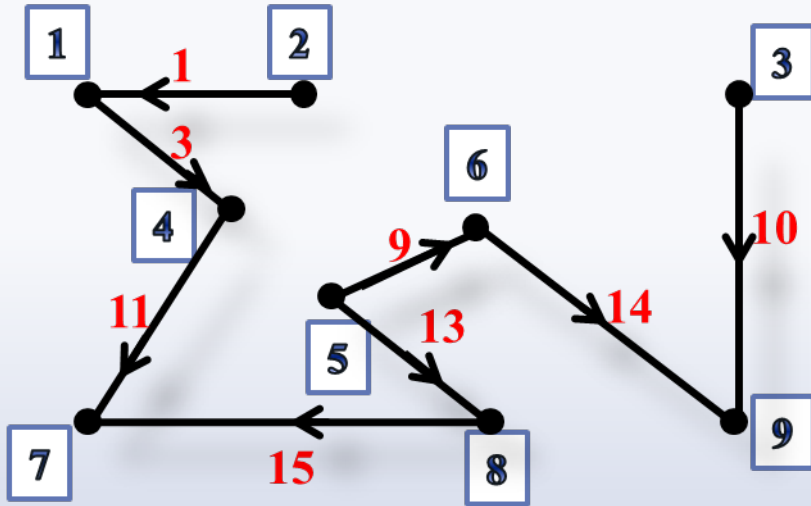


Подграфы

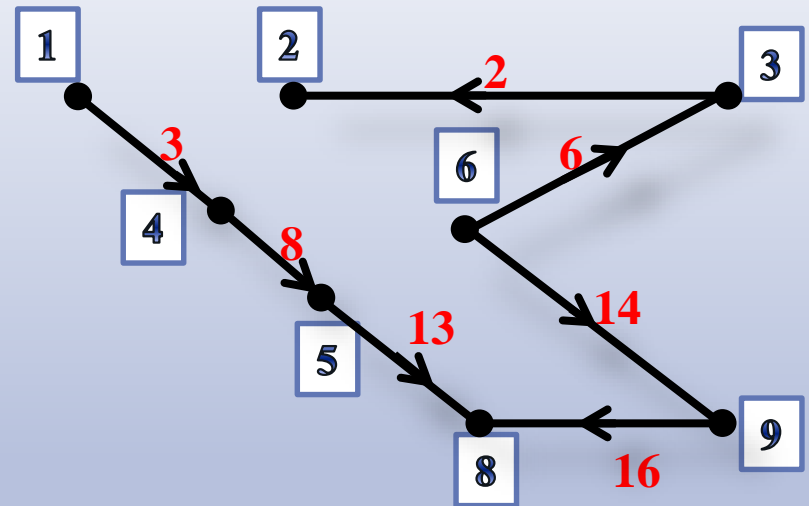
- ☐ Путь
- ☐ Контур
- ☐ Дерево
- ☐ Ветви связи
- ☐ Сечение графа



Путь

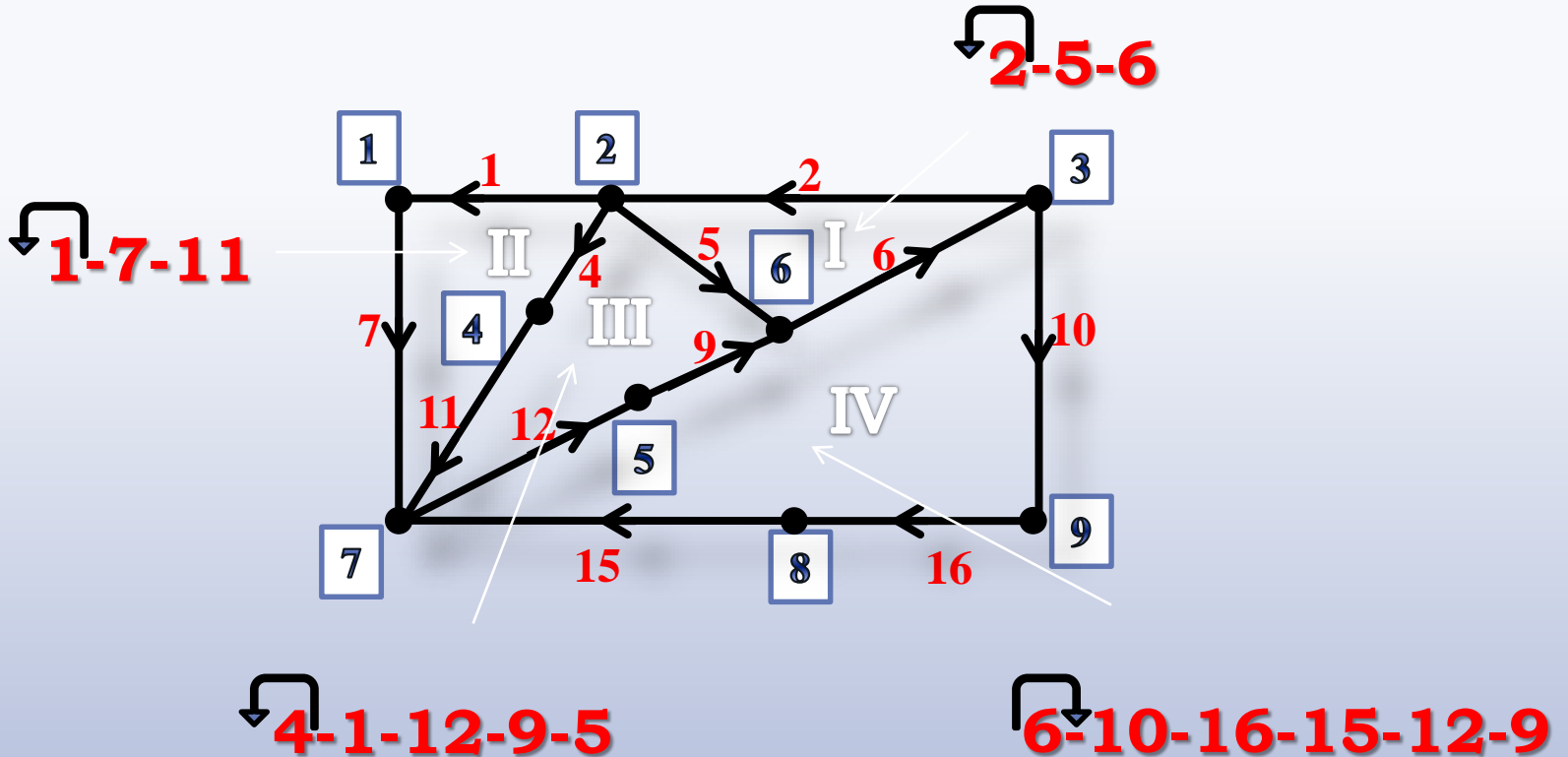


1-3-11-15-13-9-14-10

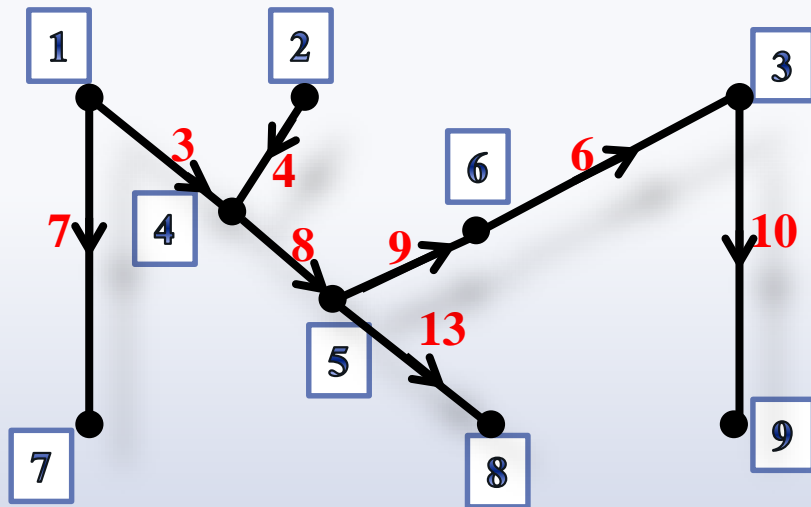


3-8-13-16-14-6-2

Контур

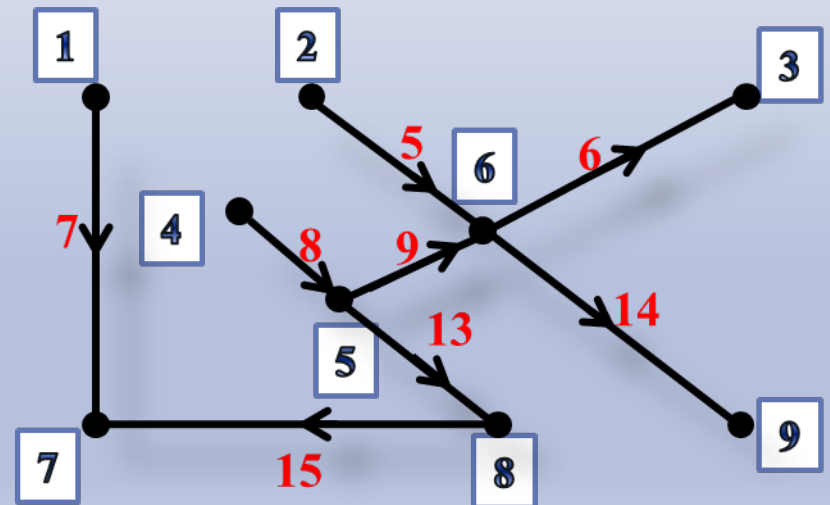


Дерево



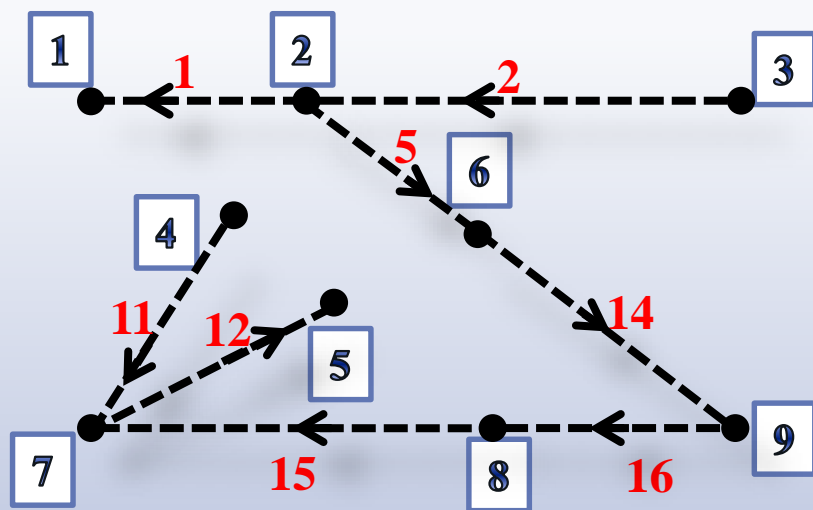
7,3,4,8,9,6,13,10

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

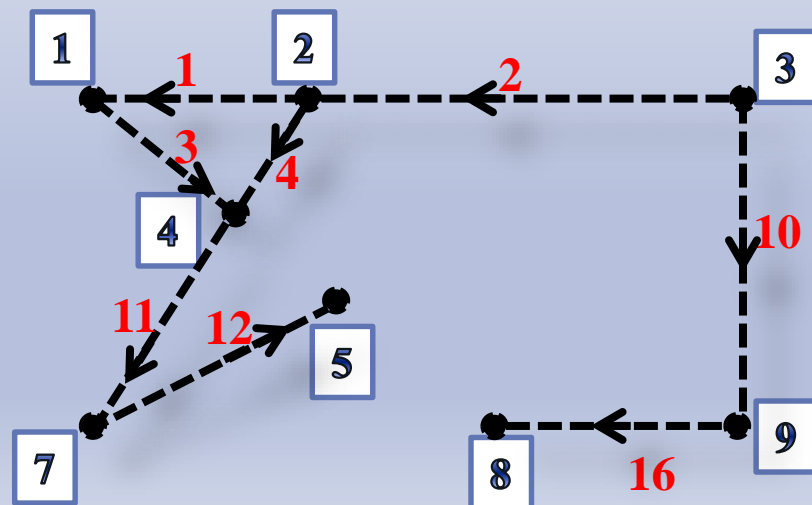


Ветви связи

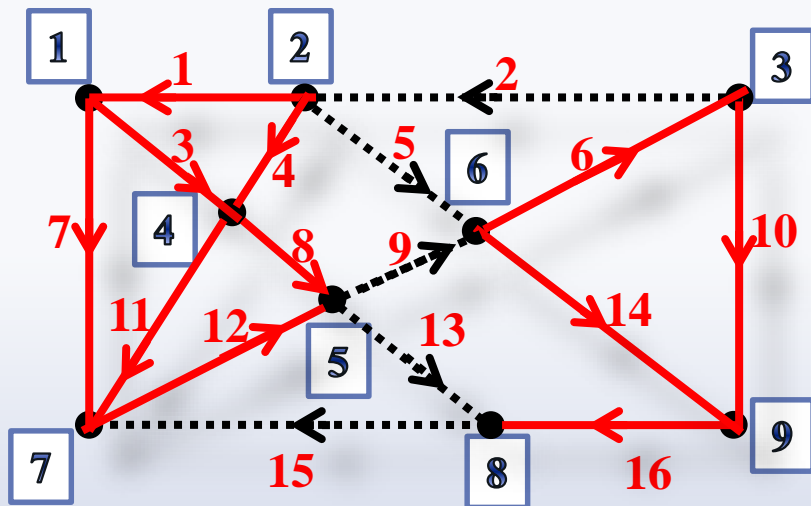
1,2,5,14,16,15,12,11



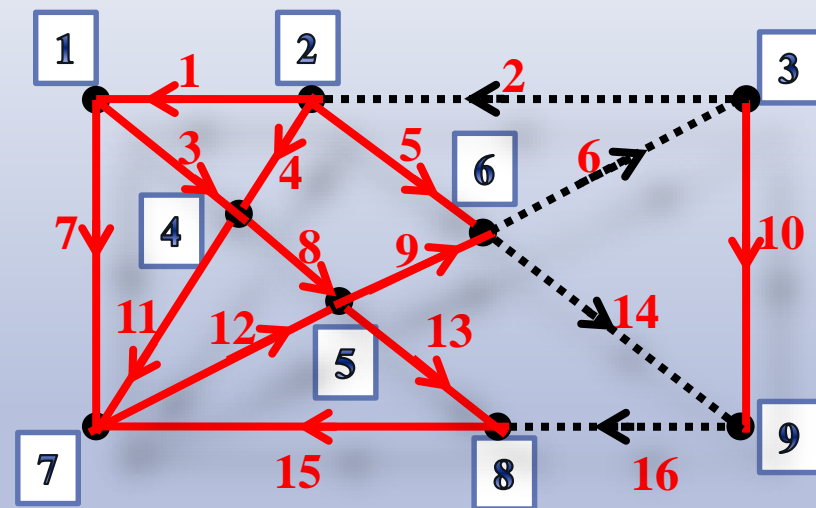
1,2,3,4,10,11,12,16



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^* - строк 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: $i=1...(m-1)$

Столбцы: $j=1...(n)$

Номер узла

номер ветви

$$a_{ij} = 1$$

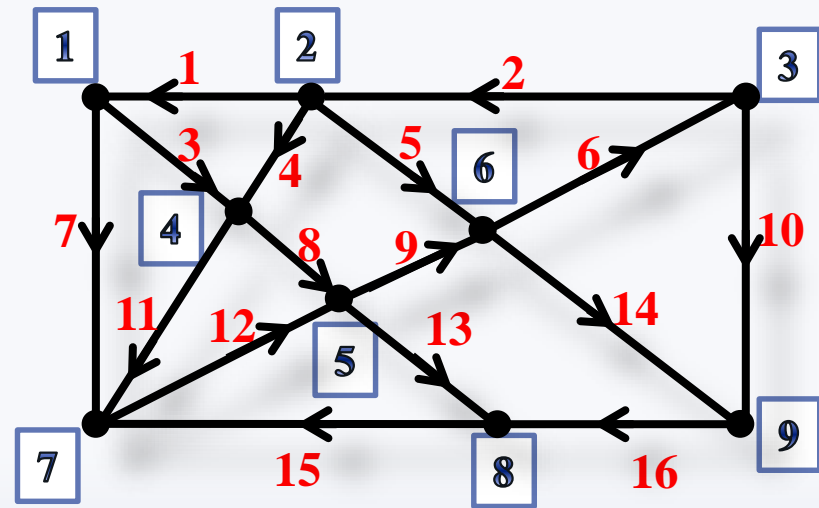


1



$$a_{ij} = -1$$

$$a_{ij} = 0$$



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

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

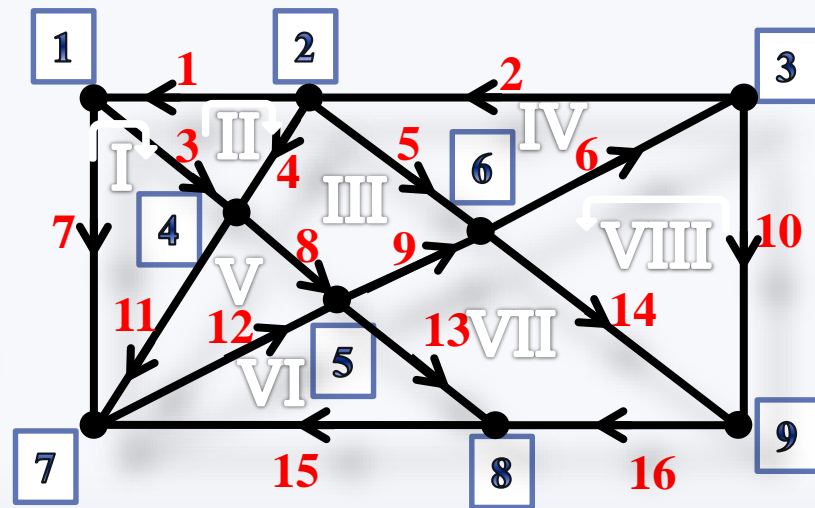
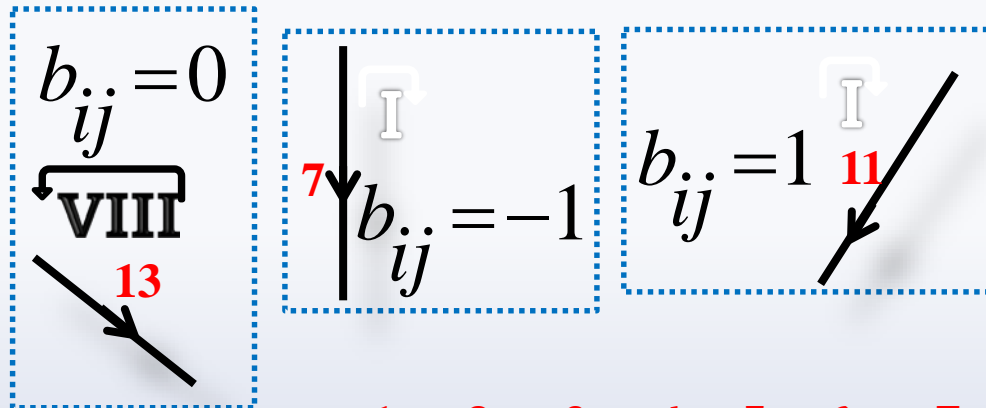
В-матрица

Строки: $i=1...(k)$

Столбцы: $j=1...(n)$

Номер контура

номер ветви



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

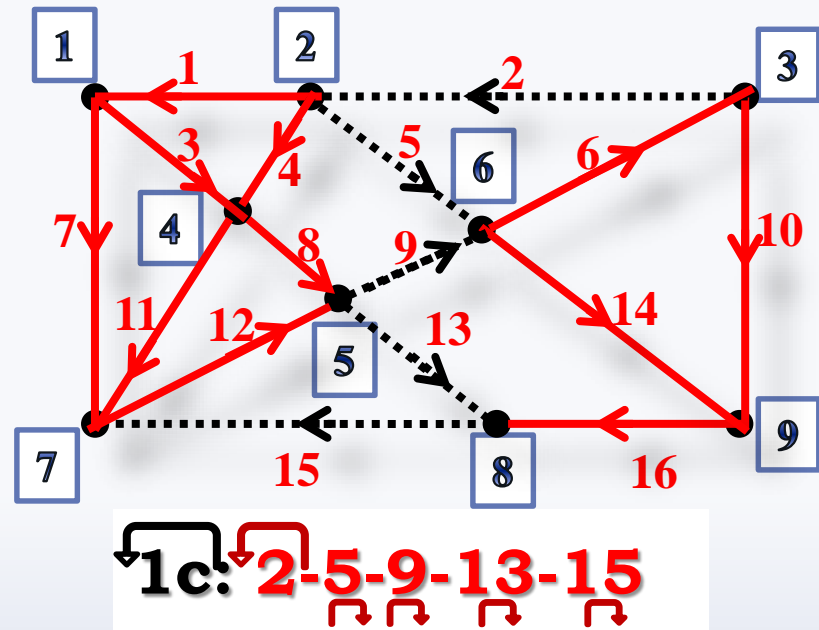
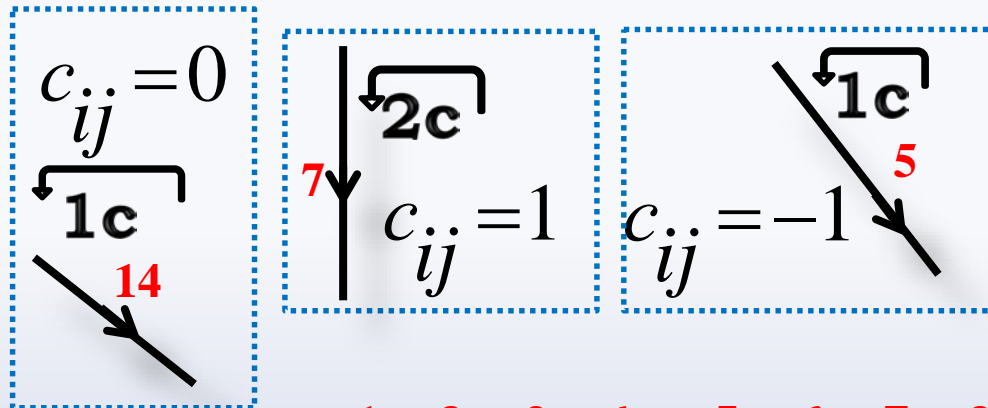
С-матрица

Строки: $i=1...(c)$

Столбцы: $j=1...(n)$

Номер сечения

номер ветви



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1c	0	1	0	0	-1	0	0	0	-1	0	0	0	-1	0	-1	0
2c	0															
3c	0															
4c	0															
5c	0															
6c	0															
7c	0															
8c	0															

Домашнее задание

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

