

Электротехника и электроника

Доцент Габриелян Ш.Ж.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

1 Основные понятия и определения

Электрическая цепь

Электрическая цепь - совокупность соединенных проводами элементов, образующая путь для электрического тока при условии, что электромагнитные процессы могут быть описаны с помощью понятий о токе, электродвижущей силе (ЭДС) и напряжении.

Элемент электрической цепи

- *Элемент электрической цепи — отдельное устройство, входящее в состав цепи и выполняющее в ней определенную функцию,*
- *К основным элементам электрической цепи относятся: резистор, индуктивная катушка, конденсатор, источники тока и ЭДС.*

Схема электрической цепи

- *Схема электрической цепи — это графическое изображение цепи с помощью условных обозначений ее элементов и их соединений.*

Электрический ток проводимости

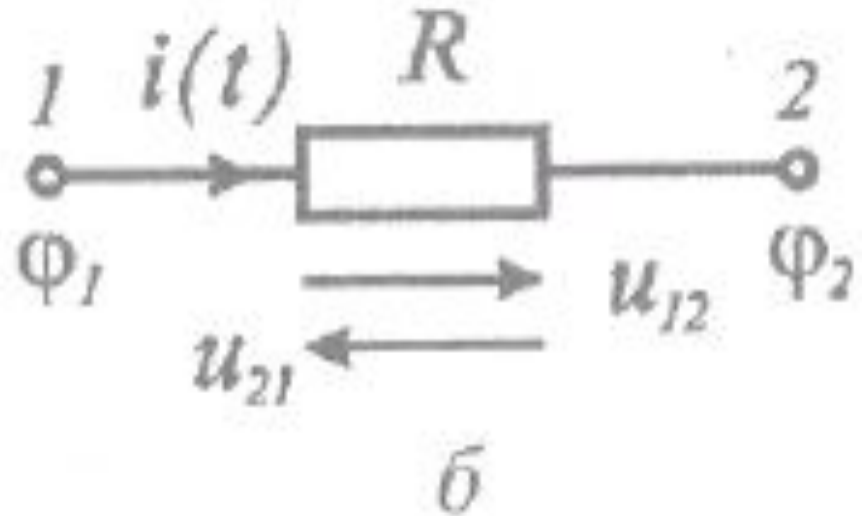
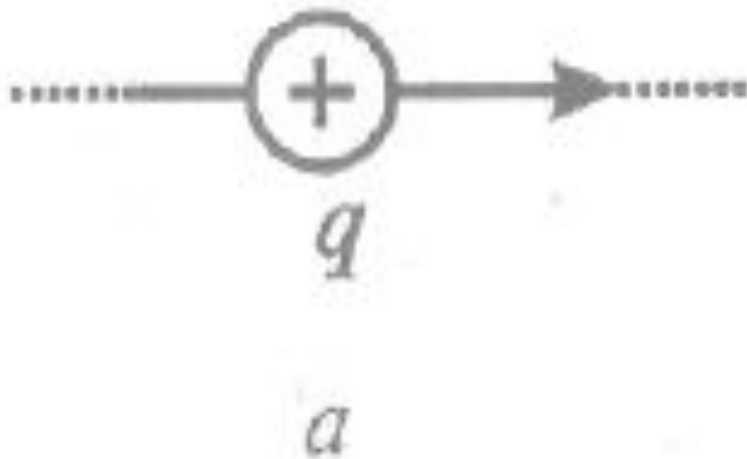
- Электрический ток проводимости — это упорядоченное движение носителей электрического заряда в веществе или вакууме.
- Ток определяется производной по времени t от электрического заряда q , переносимого через поперечное сечение проводника:

$$I(t) = dq/dt.$$

- В системе СИ заряд q измеряется в кулонах (Кл), время t — в секундах (с), ток i — в амперах (А).

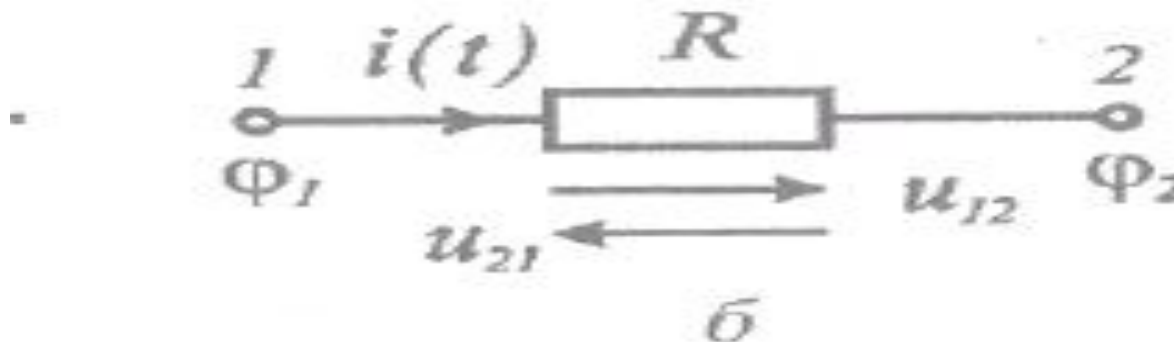
Направление тока

За направление тока $I(t)$ принято направление движения положительного заряда q



Электрическое напряжение

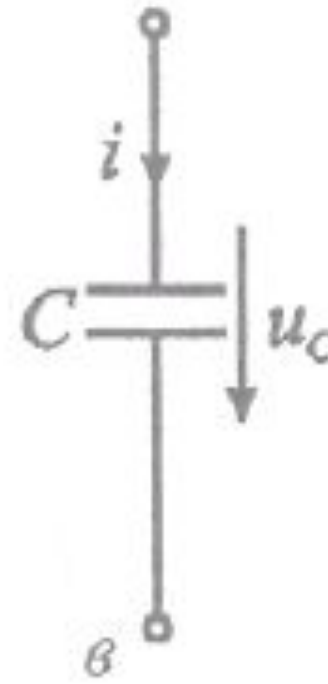
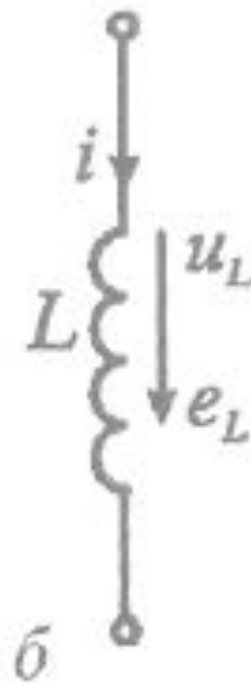
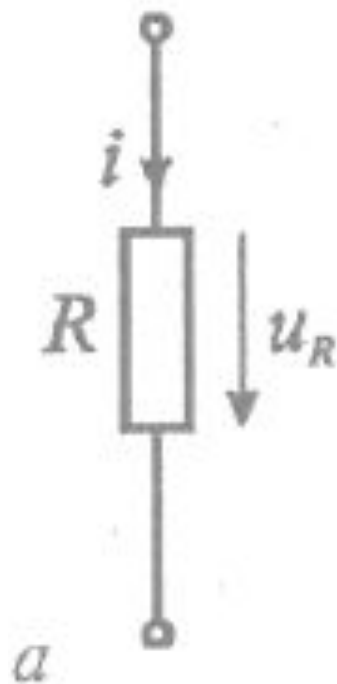
Электрическое напряжение $U(t)$ — это разность электрических потенциалов φ_1 и φ_2 между зажимами 1 и 2 участка цепи R , по которому проходит ток $i(t)$, т. е. $U(t) = \varphi_1 - \varphi_2$.



Разность электрических потенциалов

- Разность электрических потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$ определяется энергией W , затрачиваемой на перемещение единицы заряда q из точки 1 в точку 2, т. е.
$$U(t) = dW/dt.$$
- В системе СИ энергия измеряется в джоулях (Дж), а напряжение в вольтах (В).

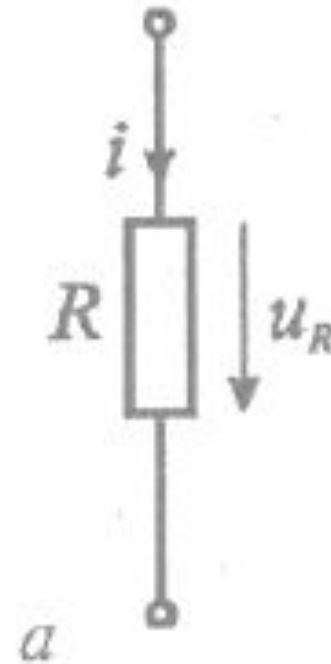
Постоянные пассивные элементы: резистор (*a*), катушка индуктивности (*б*) и конденсатор (*в*)



Сопротивление (R, r)

- Сопротивление (R, r) - элемент цепи, в котором происходит необратимое преобразование электрической энергии в тепловую, а напряжение на его зажимах и ток через него связаны пропорциональной зависимостью:

$$U = R \cdot i, \quad R = U/i$$



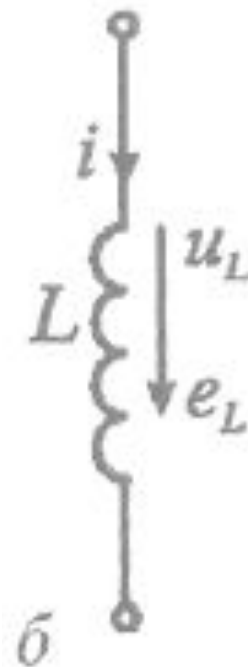
Проводимость g

- Величина, обратная сопротивлению, называется *проводимостью*:
$$g = 1/R, g = i/U.$$
- Сопротивление R (или r) измеряется в омах (Ом), а проводимость g — в сименсах (См).

Индуктивность L

Индуктивность L —
элемент цепи, в
магнитном поле которого
происходит обратимое
накопление энергии, а
напряжение на его
зажимах и ток через него
связаны через
производную:

$$U_L = L \cdot di/dt.$$



Потокосцепление Ψ

- При протекании тока i через индуктивную катушку с числом витков m в ней возникают магнитный поток Φ и потокосцепление:

$$\Psi = m\Phi,$$

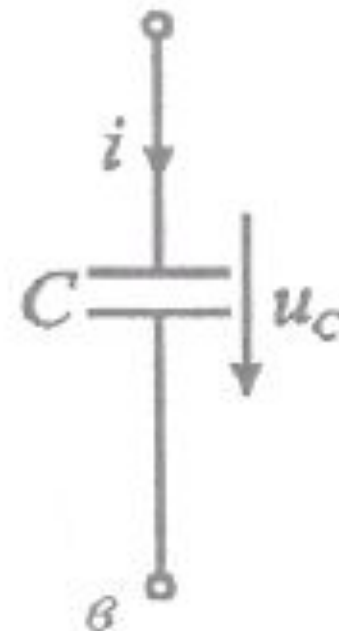
$$\Psi = L \cdot I, L = \Psi/I.$$

- В системе СИ потокосцепление Ψ измеряется в веберах (Вб), индуктивность L — в генри (Гн).

Емкость C

- Емкость C — элемент цепи, в электрическом поле которого происходит обратимое накопление энергии, а напряжение на его зажимах и ток через него связаны через интегрирование:

$$U_C = 1/C \int i dt.$$



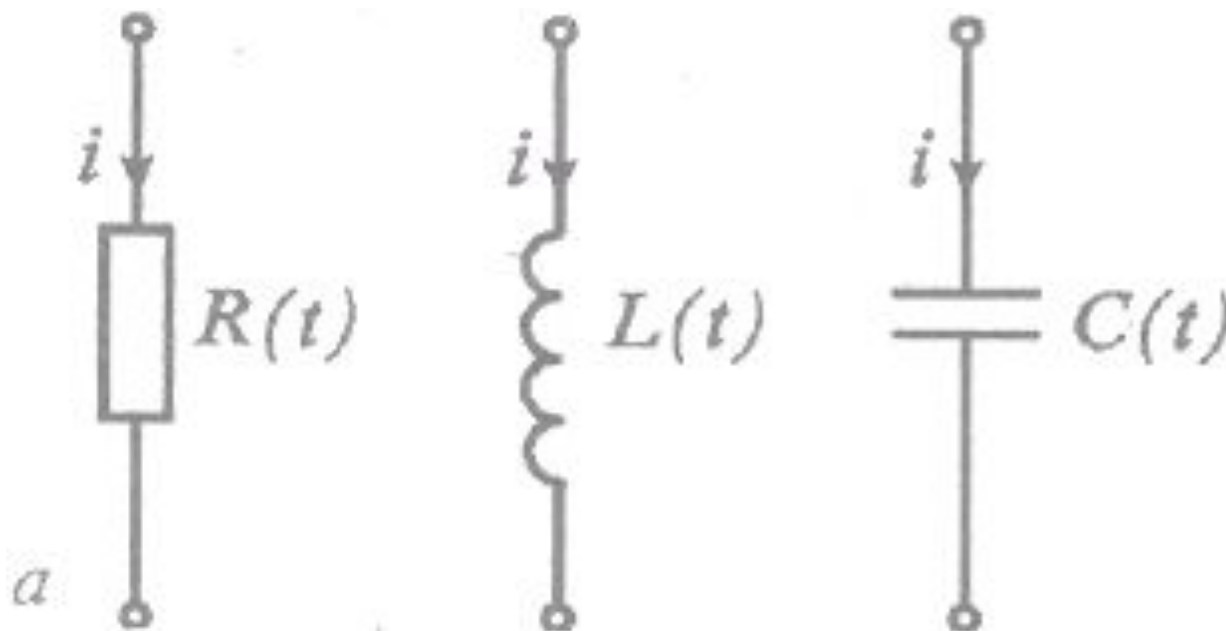
Заряд q

- При прохождении тока через емкостный элемент (конденсатор) на его обкладках накапливается заряд Q , значение которого пропорционально напряжению на зажимах этого элемента, т. е.

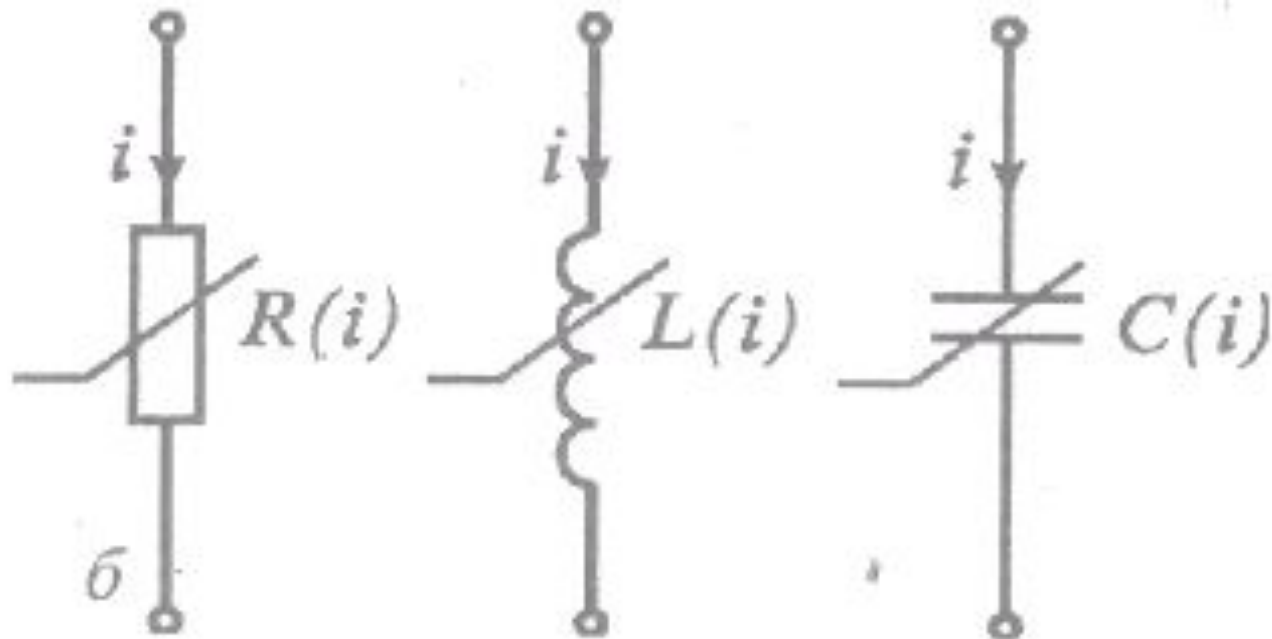
$$q = C \cdot U_c ,$$

- где C — емкость, измеряемая в фарадах (Ф).

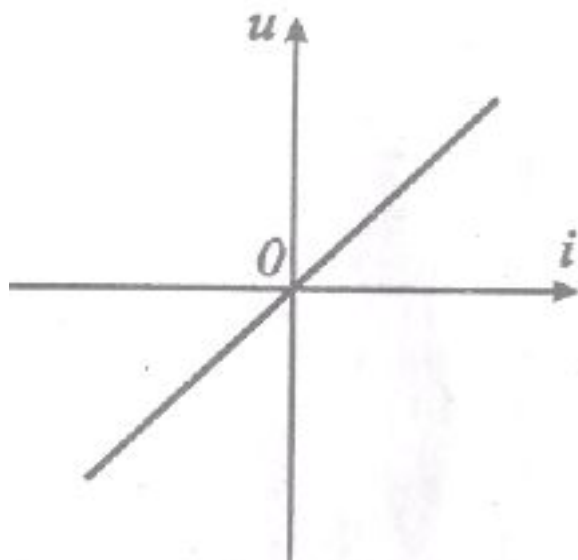
Пассивные элементы с переменными параметрами



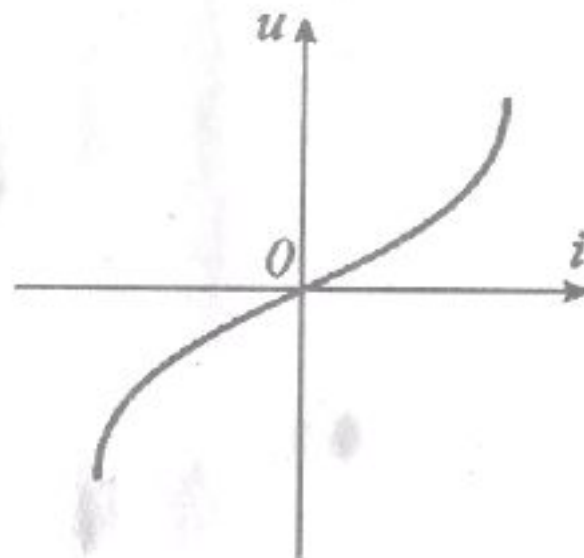
Пассивные нелинейные элементы



Вольтамперные характеристики линейного и нелинейного элементов электрической цепи



a



б

Активные электрические элементы

- К активным элементам относятся источники энергии, которые могут быть либо источниками электродвижущей силы (ЭДС) или напряжения, либо источниками тока.

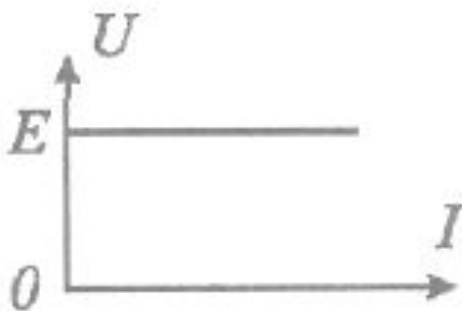
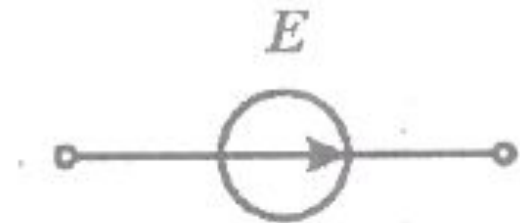
Электродвижущая сила (ЭДС)

- Под ЭДС понимается энергия в электрической цепи, необходимая для поддержания в ней тока, численно равная разности потенциалов (напряжению) на концах разомкнутой цепи.

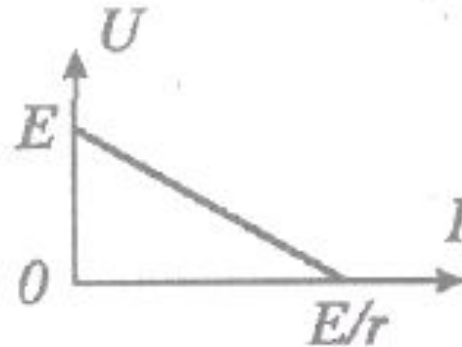
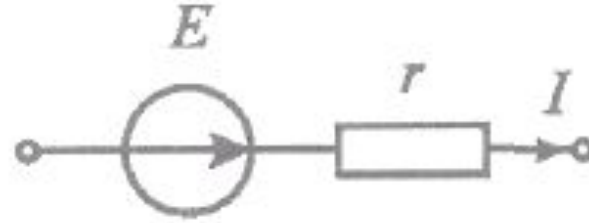
Идеальный и реальный источники ЭДС

- *Идеальный источник ЭДС* - источник электрической энергии, напряжение на зажимах которого не зависит от протекающего через него тока; при этом принимается, что его внутреннее сопротивление $r = 0$.
- *Реальные источники ЭДС* характеризуются наличием определенного внутреннего сопротивления $r > 0$.

Обозначение и вольтамперные
характеристики источников ЭДС:
идеального (*а*) и реального (*б*)



а

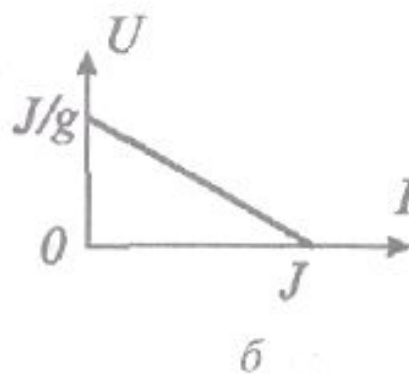
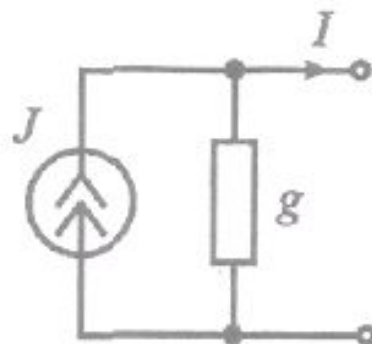
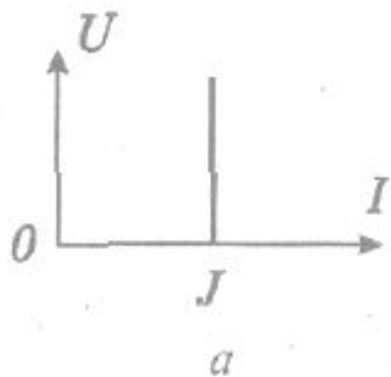


б

Идеальный источник тока

- *Идеальный источник тока* - это источник электрической энергии, ток которого не зависит от напряжения на его зажимах; при этом принимается, что его внутреннее сопротивление $r = \infty$.
- Реальный источник тока характеризуется конечным внутренним сопротивлением
$$r = 1/g$$

Обозначение и вольтамперные характеристики источников тока: идеального (а) и реального (б)



Топологические характеристики электрических цепей

- При расчете электрической цепи важное значение отводится ее геометрическому образу, свойства которого основаны на топологии — разделе математики, позволяющим исследовать геометрические свойства фигур независимо от их размеров и прямолинейности.
- К числу основных геометрических понятий из топологии в теории электрических цепей используются: **ветвь, узел, контур, граф**.

Ветвь электрической цепи

- **Ветвь** - участок электрической цепи, представляющий собой один элемент или последовательное соединение нескольких элементов, через которые протекает один и тот же ток.

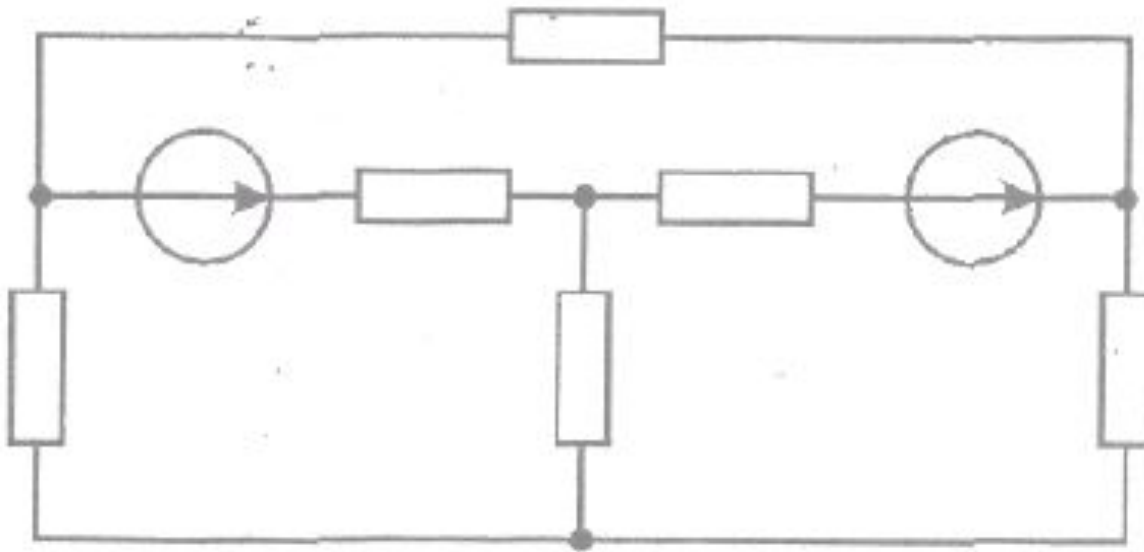
Узел электрической цепи

- Узел электрической цепи — место соединения не менее трех ветвей; на схеме узел обозначается точкой.

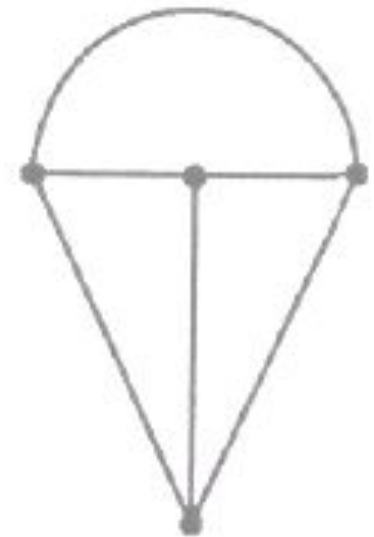
Контур электрической цепи

- *Контур* электрической цепи — это любой замкнутый путь, проходящий по нескольким ветвям.

Пример электрической цепи (а), имеющей 4 узла, 6 ветвей и три контура и ее топологический образ (б)



a

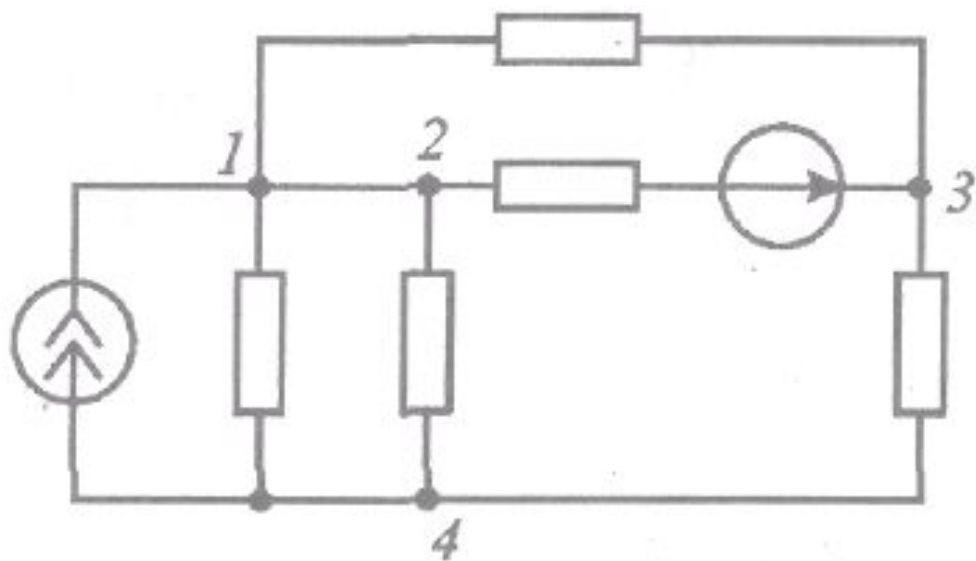


б

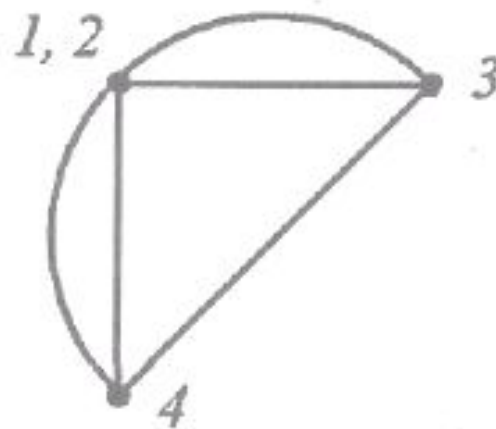
Граф цепи, узел и ветвь графа

- *Граф цепи* — это такое изображение ее схемы, на котором все узлы заменены точками, а ветви — линиями.
- *Узел графа* — точка соединения трех и более ветвей.
- *Ветвь графа* — это ветвь схемы цепи, вырожденная в линию. Она образуется лишь из ветвей цепи, содержащих такие элементы, как R , L и C .
- Ветвь цепи, содержащая лишь идеальные источники энергии, не образует ветви на графе.

Электрическая цепь с идеальным источником энергии (а) и ее топологический образ (б)



a



б

Дерево и хорда графа

- *Дерево графа* — любая совокупность ветвей графа, соединяющих все его узлы без образования контуров.
- ***Хорда графа*** - ветвь графа, не принадлежащая его дереву.

*Разновидности деревьев (сплошные линии) и
хорд (пунктирные линии) для приведенного
графа*

