

## Лекция №2.

### Законы электрических цепей ([1] - стр. 7-14, 22-26).

#### Активные элементы.

Являются источниками энергии сигнала, разделяются на:

- управляемые;
- независимые.

Независимые источники напряжения могут быть:

- идеальными;
- реальными.

- ♦ *Идеальный источник напряжения* – в идеальном источнике напряжения напряжение не зависит от тока, потребляемого схемой от этого источника. (Рис 2.1)

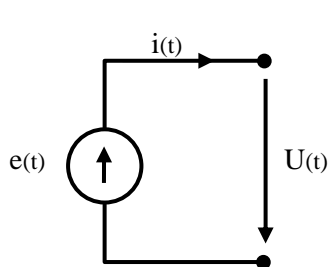


Рис 2.1

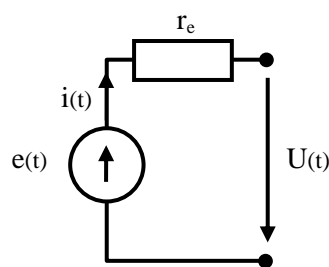


Рис 2.2

- ♦ *Реальный источник напряжения* – в реальном источнике напряжения напряжение зависит от тока, потребляемого схемой от этого источника. (Рис 2.2)

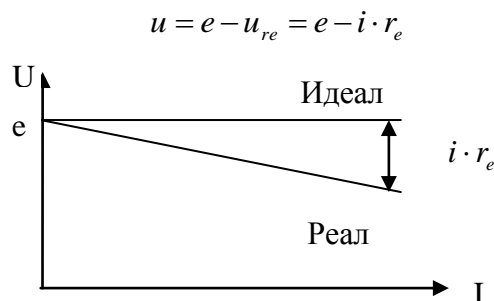


Рис 2.3

В реальном источнике напряжения, часть ЭДС теряется на внутреннем сопротивлении источника. Потери тем меньше, чем **меньше** это сопротивление. (рис 2.3)

Независимые источники тока:

- идеальные;
- реальные.

- ♦ *Идеальный источник тока* – в идеальном источнике тока ток во внешней цепи, подключенный к источнику, не зависит от внешней цепи, но напряжение  $U(t)$  зависит от внешней цепи. (Рис 2.4)

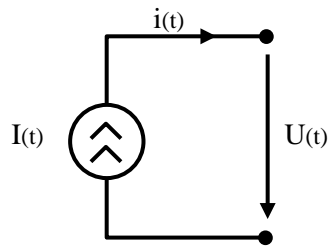


Рис 2.4

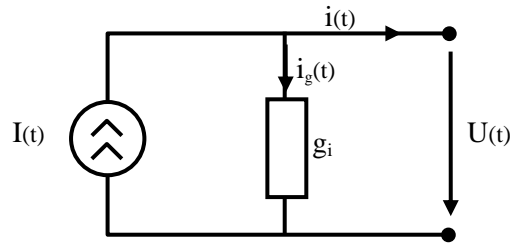


Рис 2.5

- ♦ **Реальный источник тока** – в реальном источнике тока ток источника ответвляется через внутреннюю проводимость источника, поэтому ток во внешней сети зависит от напряжения, созданного источником тока на клеммах этой цепи. (Рис 2.5)

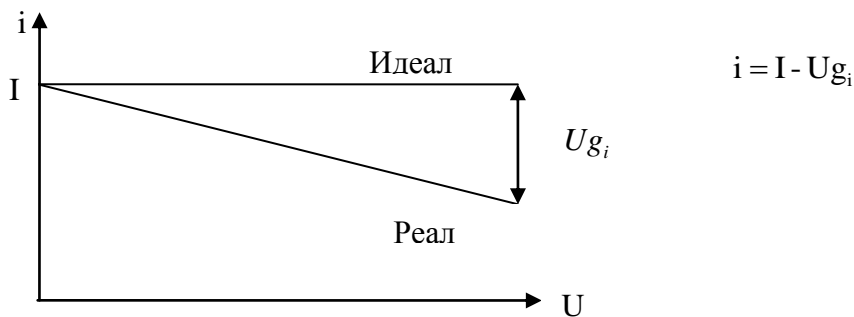


Рис 2.6

- ✓ В реальном независимом источнике тока, ток ответвляется через внутреннюю проводимость источника. Этот ток **увеличивается с увеличением** внутренней проводимости источника. Следовательно, источник тем лучше, чем **меньше** его внутренняя проводимость. (Рис 2.6)

#### Двухполюсники.

- ♦ **Двухполюсники** - элементы цепи, у которых для внешнего подключения доступны две клеммы (2 полюса). При этом втекающий и вытекающий токи равны.

Напряжение на клеммах двухполюсника и ток, протекающий через него полностью определены.

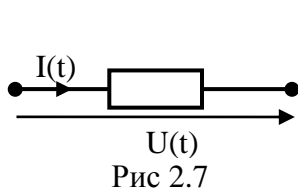


Рис 2.7

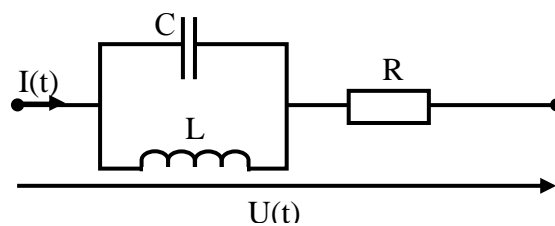


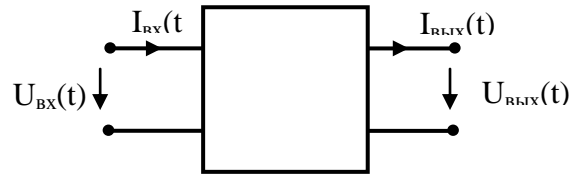
Рис 2.8 Пассивный двухполюсник

Примеры двухполюсников:

- пассивные элементы ( $R, L, C$ )
- активные элементы (источники тока и напряжения)
- произвольная схема с двумя клеммами для подключения к внешней цепи (см. рис.2.8)

### Четырехполюсники.

♦ Элементы цепи, у которых для внешнего подключения доступны 4 клеммы. Для описания достаточно 4-х элементов: 2 тока, 2 напряжения



Примеры четырехполюсников: транзистор (см. рис.2.9.), : делитель напряжения (см. рис.2.10.),

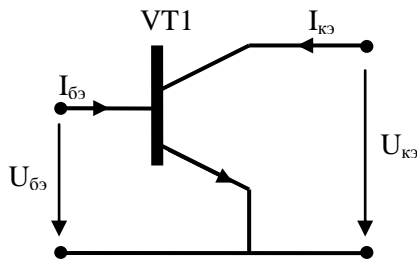


Рис.2.9. Транзистор

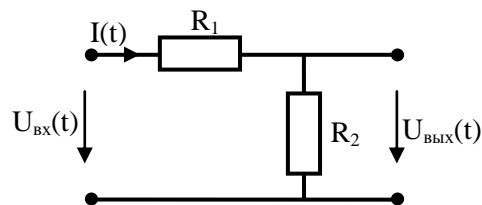


Рис.2.10. Делитель напряжения

## **Законы электрических цепей.**

### 1. Закон сохранения энергии.

♦ В любой момент времени, алгебраическая сумма мгновенных мощностей для всех ветвей цепи равна нулю.

$$\sum_{k=1}^n P_k(t) = 0$$

### 2. Закон Кирхгофа для токов в узле цепи.

♦ Для любого узла в любой момент времени сумма втекающих в узел токов равна сумме вытекающих токов из этого узла.

♦ Алгебраическая сумма токов для данного узла равна 0.

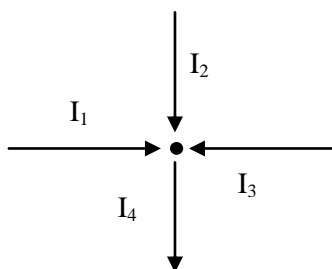


Рис.2.11. Узел

- $i_1 + i_2 + i_3 = i_4$  или  $i_1(t) + i_2(t) + i_3(t) = i_4(t)$

- $i_1 + i_2 + i_3 - i_4 = 0$  или

$$i_1(t) + i_2(t) + i_3(t) - i_4(t) = 0$$

✓ При расчетах выбор направления токов произволен

- ✓ Закон обобщается и на сечение электрической цепи – это сечение можно рассматривать как расширенный узел. (См. рис.2.12)

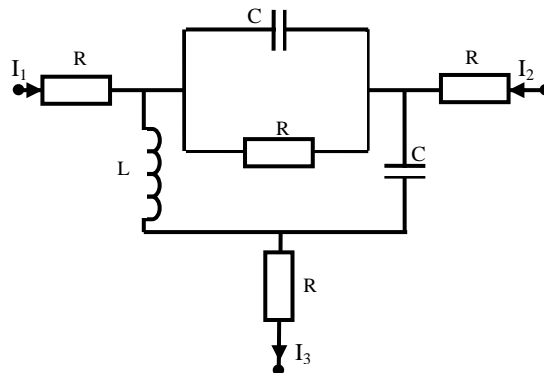


Рис.2.12. Расширенный узел

Тогда закон Кирхгофа для расширенного узла  $I_1 + I_2 = I_3$ .

### 3. Закон Кирхгофа для напряжений на контуре.

- ◆ Алгебраическая сумма напряжений на контуре в любой момент времени равна 0, если напряжение на элементе контура по знаку совпадает с направлением обхода, то это напряжение берется со знаком “+”, в противном случае с “-”. На рисунке 2.13 изображен замкнутый контур из пассивных элементов, для которого на основании закона Кирхгофа для напряжений при обходе по часовой стрелке

$$U_2 + U_4 - U_3 - U_1 = 0$$

$$U_2(t) + U_4(t) - U_3(t) - U_1(t) = 0$$

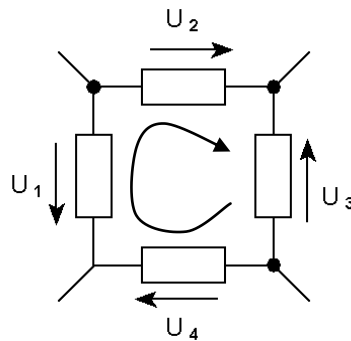


Рис.2.13. Замкнутый контур из пассивных элементов.

- ◆ Алгебраическая сумма напряжений на замкнутом контуре равна алгебраической сумме ЭДС на этом же контуре.

На рисунке 2.14. изображена схема электрической цепи. Выделим га этой схеме замкнутый контур  $e_1, R_1, R_2, e_2$  из пассивных и активных элементов. Для этого контура на основании закона Кирхгофа для напряжений при обходе по часовой стрелке

$$e_1 - e_2 = U_1 - U_2$$

$$e_1(t) - e_2(t) = U_1(t) - U_2(t)$$

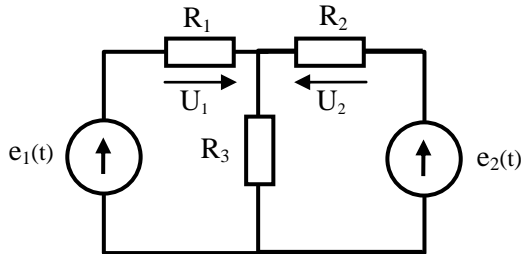


Рис.2.14. Схема из активных и пассивных элементов.

- ✓ Правило справедливо для любого контура, в том числе и для контура имеющего разрыв.

### Классификация цепей.

- ✓ Методы анализа цепей зависят от уравнения ветви, которое связывает между собой ток и напряжение. Вид уравнения и определяет вид цепи.
- ✓ Существует три вида цепей:
  1. Линейные цепи с постоянными параметрами, описываются линейными, дифференциальными уравнениями с постоянными элементами  $R, L, C$  – не зависящими от времени  $t$ . Это - ЛИВ цепи (Линейные инвариантные цепи).
  2. Линейные цепи с переменными параметрами, описываются линейными, дифференциальными уравнениями с переменными  $R, L, C$ , зависящими от  $t$ .
  3. Нелинейные цепи, описываются нелинейными дифференциальными уравнениями. В этих цепях есть хотя бы один элемент, в котором напряжение и ток связаны между собой нелинейной функцией.

## Принципы, используемые при анализе линейных цепей.

### 1. Принцип суперпозиции (наложения).

- ♦ Отклик на сумму элементарных воздействий равен сумме откликов на каждое из этих воздействий.

Принцип суперпозиции используется для решения двух проблем:

- 1) для представления сложных воздействий в виде суммы простых воздействий;
- 2) для определения общей реакции цепи от нескольких независимых источников сигнала.

Рисунок 2.15 иллюстрирует принцип суперпозиции. На этом рисунке  $U(t)$  – сумма элементарных воздействий,  $U_1(t)$  и  $U_2(t)$  – элементарные воздействия,  $I(t)$  – сумма элементарных откликов,  $I_1(t)$  и  $I_2(t)$  – элементарные отклики.

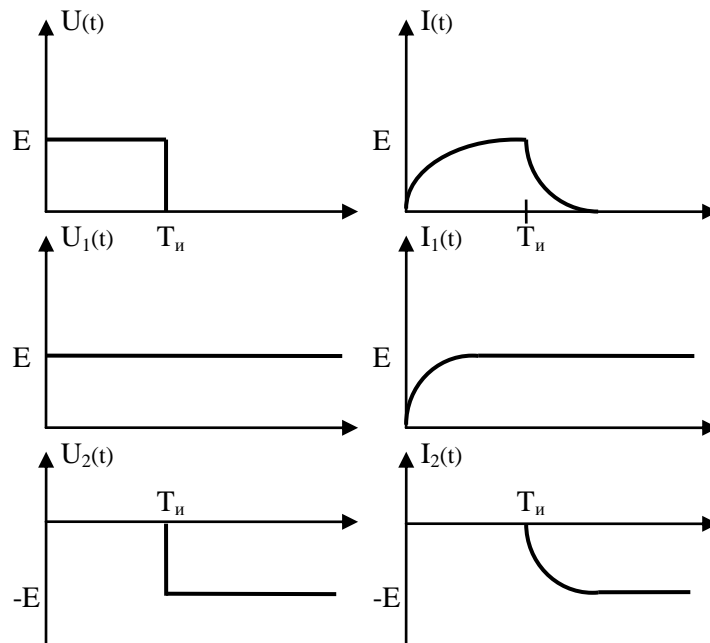


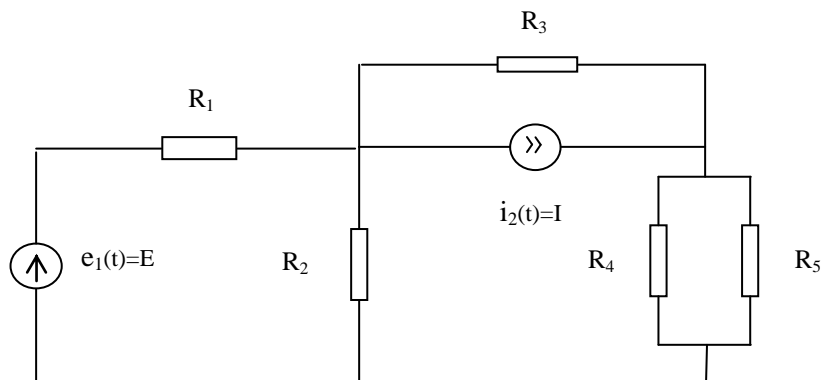
Рис.2.15. Иллюстрация принципа суперпозиции.

### Контрольные вопросы к лекции №2

1. Какие виды активных элементов вы знаете?
2. В чем отличие реального источника напряжения от идеального и как приблизить реальный источник напряжения к идеальному?
3. В чем отличие реального источника тока от идеального и как приблизить реальный источник тока к идеальному?
4. Дайте определение двухполюснику. Приведите примеры двухполюсников.
5. Дайте определение четырехполюснику. Приведите примеры четырехполюсников.
6. Сформулируйте закон сохранения энергии для электрической цепи.
7. Сформулируйте закон Кирхгофа для токов в узле цепи.
8. Сформулируйте закон Кирхгофа для напряжений на контуре цепи.
9. Сформулируйте принцип суперпозиции.
10. Для решения каких задач используется принцип суперпозиции?

Типовые задачи лекции 2

1. Используя законы Кирхгофа, Ома и принцип наложения



(суперпозиции), определите ток, протекающий через  $R_5$  в схеме, изображенной на рисунке, если  $e_1(t)=E$ ,  $i_2(t)=I$ ,  $R_1=R_2=R_3=R_4=R_5=R$ .