

# **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

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

## 9 лекция. Нелинейные электрические цепи

***Нелинейные электрические цепи постоянного тока* – цепи, содержащие нелинейные элементы (НЭ), нелинейные сопротивления (НС), нелинейные индуктивности или нелинейные емкости.**

**При помощи нелинейных элементов можно:**

- Выпрямлять переменный ток.
- Стабилизировать напряжение и ток.
- Преобразовывать форму сигналов.
- Генерировать и усиливать сигналы различной формы.
- Производить вычислительные операции и т.п.

## Параметры линейных элементов:

$$R = u / i,$$

$$L = \Psi / i,$$

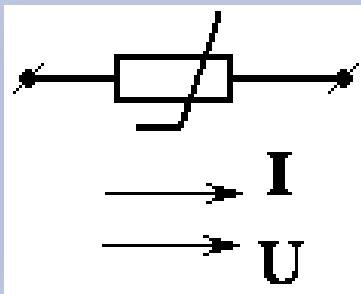
$$C = q / u$$

- **постоянные величины и однозначно определяют эти элементы.**
- Параметры НЭ – **непостоянны**, часто определяются экспериментально и задаются в виде графиков, таблиц, аналитически или другими способами.
- Нелинейные сопротивления в отличие от линейных сопротивлений обладают **нелинейными вольтамперными характеристиками (ВАХ – это зависимость тока, протекающего через сопротивление, от напряжения на нем)**.

# Классификация резистивных элементов

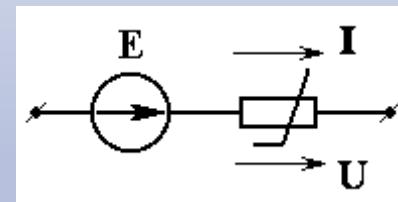
## **Пассивные элементы**

- ВАХ проходит через начало координат.
- В ПЭ происходят необратимые преобразования электрической энергии в другие виды.



## **Активные элементы**

- ВАХ не проходит через начало координат.
- Схема замещения содержит источник ЭДС (или тока).



*По расположению ВАХ пассивного элемента относительно начала координат они делятся на:*

### **Симметричные**

**Лампы накаливания**

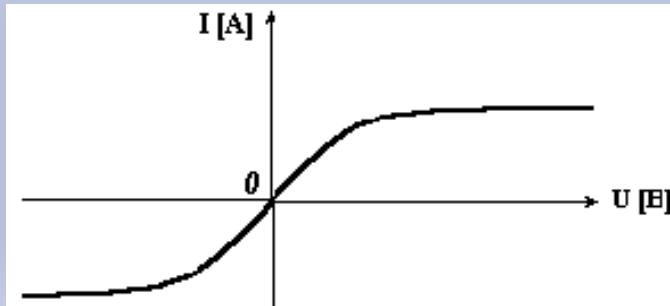
### **Несимметричные**

**Полупроводниковые  
диоды**

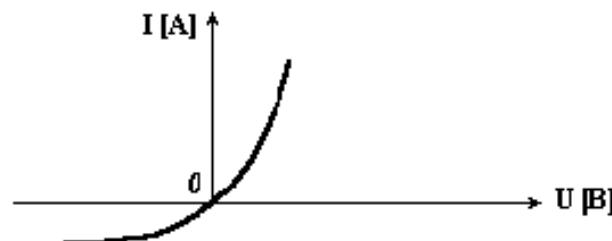
**Не зависят от направления тока. С увеличением протекающего тока сопротивление их уменьшается**

**Зависят от направления тока и способны пропускать ток только в одном, проводящем, направлении.**

Вольтамперные характеристики:  
симметричные



несимметричные



## *Нелинейные элементы могут быть подразделены на две большие группы:*

<b>Неуправляемые элементы</b>	<b>Управляемые элементы</b>
Есть только основная цепь	Кроме основной цепи, есть вспомогательная (управляющая) цепь. Воздействуя на ток или напряжение которой можно менять ВАХ основной цепи.
<b>ВАХ</b> изображается одной кривой	-изображается семейством кривых
<b>Входят:</b> диод, лампа накаливания, полупроводниковые выпрямители	- транзистор, тиристор, магнитный усилитель и др.
<b>Общее свойство:</b> односторонняя проводимость – при одной полярности напряжения их сопротивление близко к нулю, при противоположной – очень большое или бесконечно большое.	- у них управляющий параметр – электрический (напряжение или ток)

# Графический метод расчета

## **нелинейной цепи постоянного тока с резистивными элементами.**

***Задача анализа нелинейной цепи***  
**– состоит в определении токов и  
напряжений на участках нелинейной  
цепи при заданных ВАХ нелинейных  
элементов, сопротивлениях линейных  
элементов и источников ЭДС (или  
тока).**

# Расчет нелинейной цепи при последовательном соединении пассивных нелинейных элементов.

На рис. 1а показано последовательное соединение двух нелинейных элементов НЭ1 и НЭ2, характеристики которых представлены на рис. 1б.

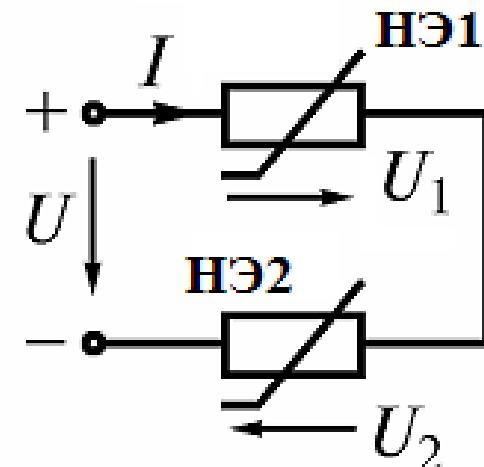


Рис. 1а

Метод сводится к графическому решению уравнения, составленного по 2-му закону Кирхгофа для двух последовательно соединенных НЭ1 и НЭ2.

$$U = U_1 + U_2$$

где  $U$  – общее напряжение на элементах;  
 $U_1$ ;  $U_2$  – напряжение на соответствующих элементах.

Для решения задачи ВАХ нелинейных элементов строятся в одной системе координат. При последовательном соединении в НЭ протекает *один и тот же ток*.

Поэтому:

1. Задаемся  
несколькими  
значениями тока (5-6  
значений):  $I_1, I_2, I_3$  и  
т.д.

2. Проводим на графике  
линии параллельные  
оси абсцисс.

3. Суммируем соответствующие значения напряжений на НЭ1  
и НЭ2.

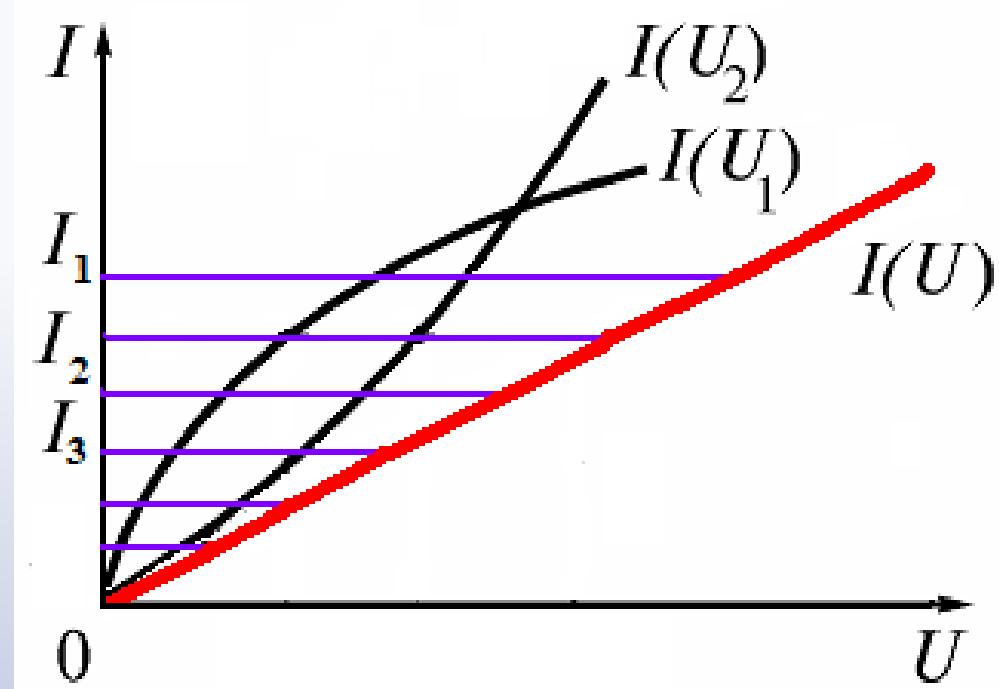


Рис. 16

4. Соединяя кривой полученные точки, строим эквивалентную  
(результатирующую) ВАХ  $I(U)$  цепи.

5. На суммарной ВАХ по заданному напряжению  $U$  находим ток  $I$ .

6. По ВАХ отдельных нелинейных элементов определяем напряжения  $U_1$  и  $U_2$  на этих элементах.

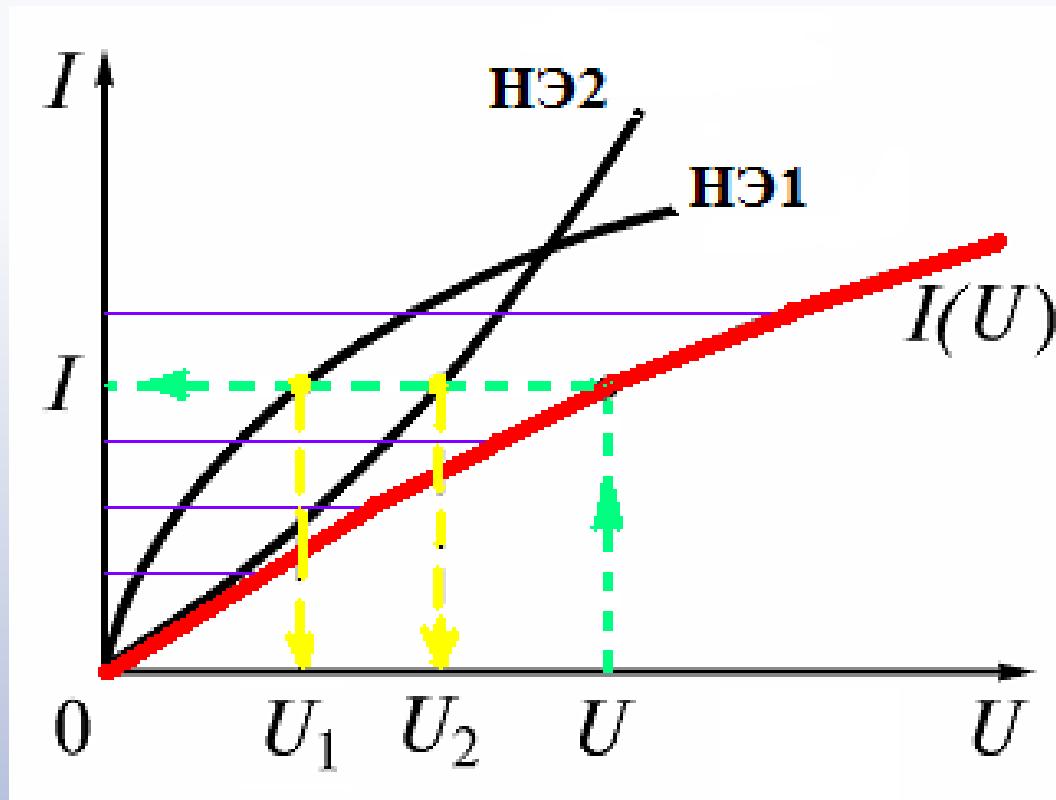


Рис. 1в

Такие же построения для расчета тока и напряжений можно выполнить, если один из элементов линейный. Аналогично решается задача расчета цепи, состоящей из трех или более последовательно соединенных нелинейных элементов.

## Расчет нелинейной цепи при параллельном соединении пассивных нелинейных элементов.

На рис. 2а показаны соединенные параллельно два нелинейных элемента НЭ1 и НЭ2, ВАХ которых  $I_1(U)$  и  $I_2(U)$  заданы на рис. 2.б.

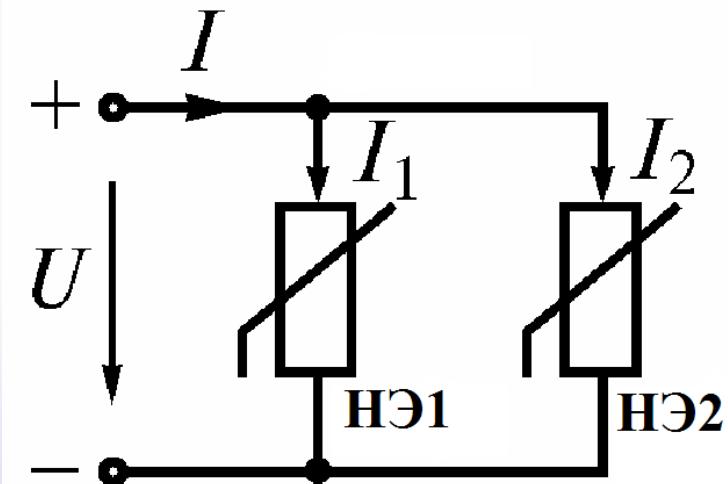


Рис. 2а

Метод сводится к графическому решению уравнения, составленного по 1-му закону Кирхгофа для двух параллельно соединенных нелинейных элементов.

$$I = I_1 + I_2$$

где  $I$  – общий ток;

$I_1$ ;  $I_2$  – токи в соответствующих ветвях.

Для решения задачи ВАХ нелинейных элементов строятся в одной системе координат. При параллельном соединении  $U_1 = U_2 = U$ .

Поэтому:

1. Задаемся несколькими значениями напряжений (5-6 значений):  $U_1, U_2, U_3$  и т.д.

2. Проводим на графике линии параллельные оси ординат.

3. Суммируем соответствующие значения токов на НЭ1 и НЭ2.

4. Соединяя кривой полученные точки, строим ВАХ  $I(U)$  цепи.

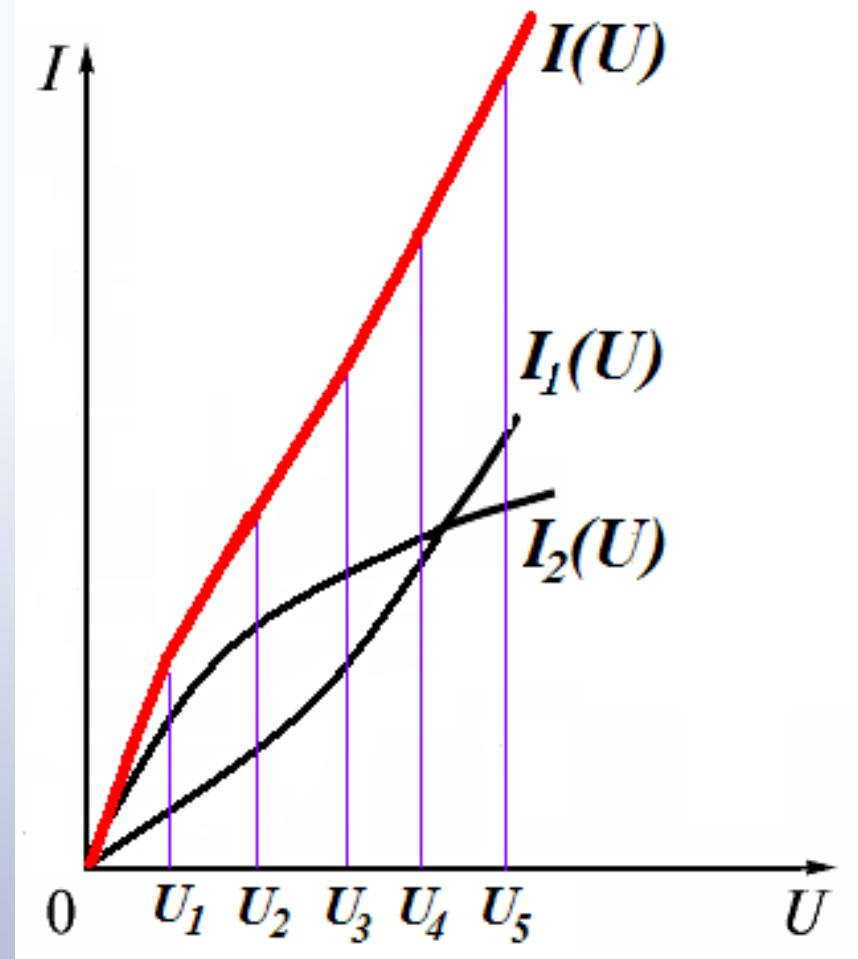


Рис. 26

5. На суммарной ВАХ по известному напряжению  $U$  находят ток  $I$ .

6. По ВАХ отдельных нелинейных элементов определяем токи в ветвях  $I_1$

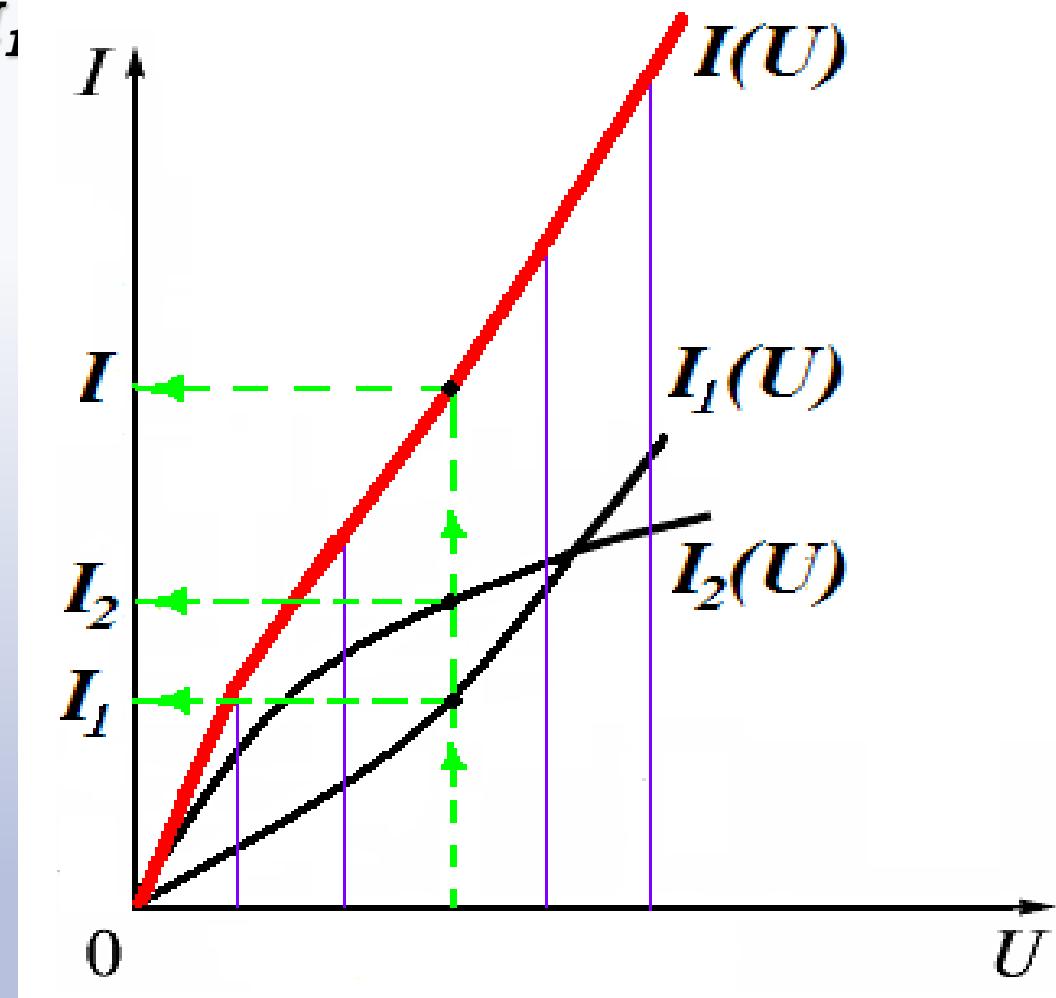
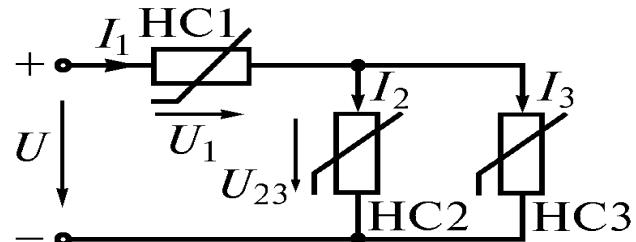


Рис. 2в

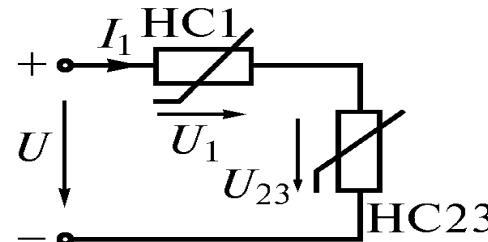
Таким же способом можно рассчитать электрическую цепь с любым числом параллельно включенных нелинейных элементов.

# Расчет нелинейной цепи при смешанном соединении пассивных нелинейных элементов.

**Расчет сводится к двум предыдущим случаям (рис.3).**



а)



в)

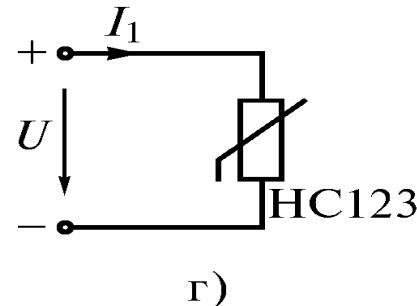
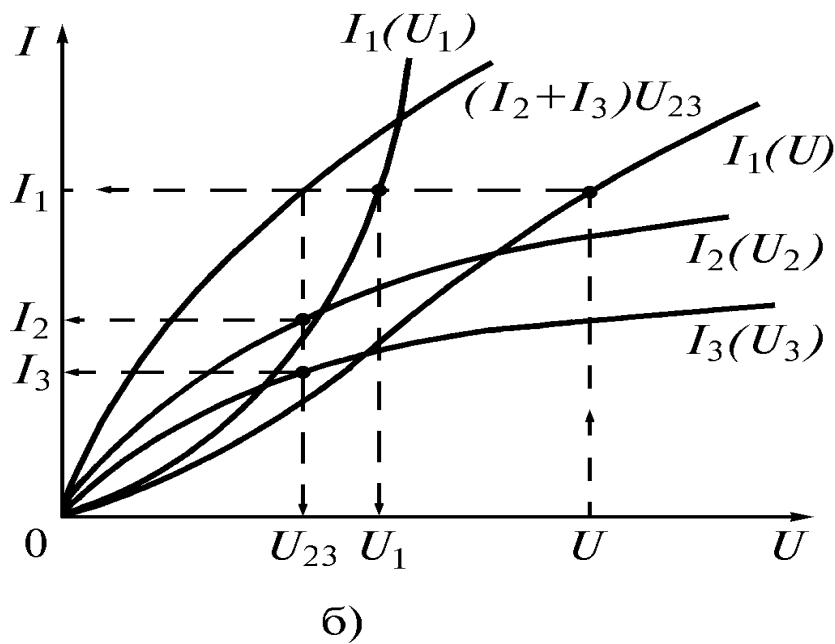


Рис. 3