

НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

- ◎ **Нелинейными** называются элементы, параметры которых зависят от величины и (или) направления связанных с этими элементами переменных (напряжения, тока, магнитного потока, заряда, температуры, светового потока и др.)

НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

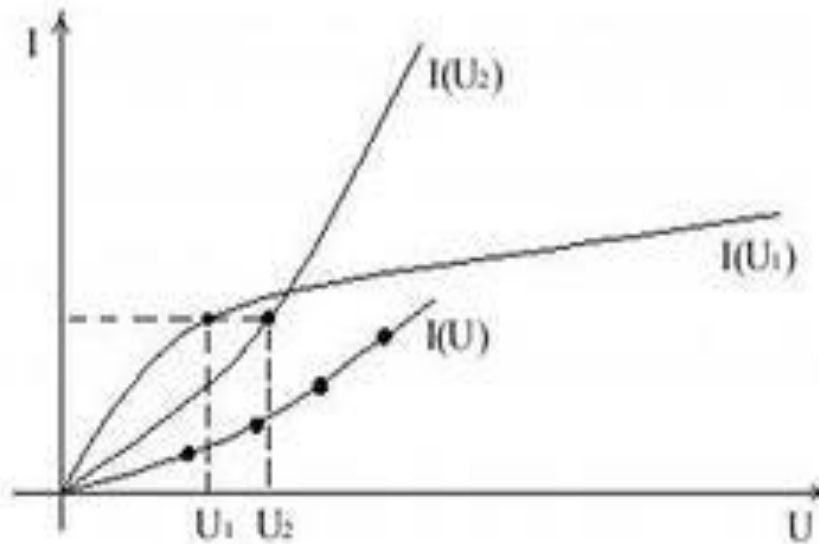
- К нелинейным элементам электрических цепей относятся разнообразные электронные, полупроводниковые и ионные приборы, устройства, содержащие намагничивающие обмотки с ферромагнитными магнитопроводами (при переменном токе), лампы накаливания, электрическая дуга и др.

ВАХ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

- ⊙ Важнейшей характеристикой нелинейных элементов является **вольт-амперная характеристика (ВАХ)**, представляющая собой зависимость между током нелинейного элемента и напряжением на его выводах: $I(U)$ или $U(I)$.

ВАХ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

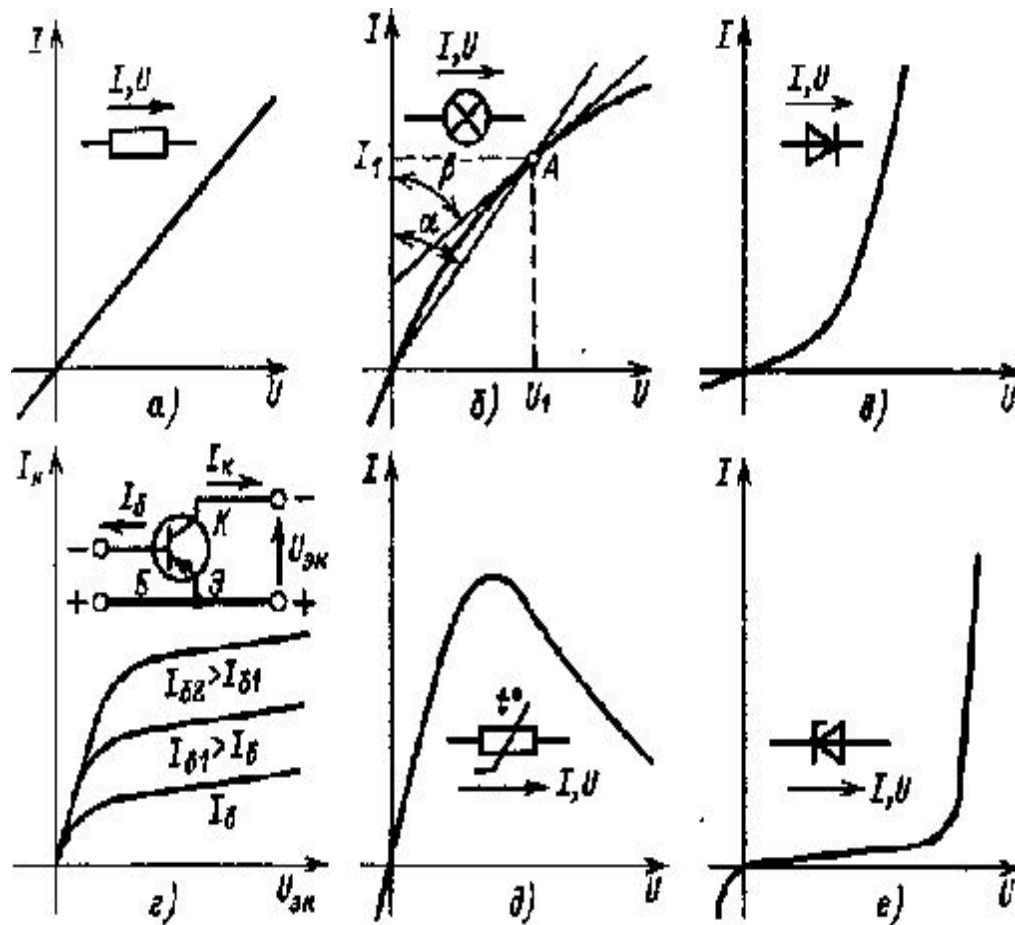
- Вольт-амперная характеристика (ВАХ) нелинейных элементов отличается от прямой линии.



ВАХ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

- Нелинейные элементы описываются нелинейными характеристиками, которые не имеют строгого аналитического выражения, определяются экспериментально и задаются таблично или графиками.

ВАХ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ



а — линейный элемент
 б — лампа накаливания
 в - полупроводниковый диод
 г - транзистор (при различных токах базы)
 д - терморезистор
 е - стабилитрон

КЛАССИФИКАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

- ◎ Нелинейные элементы можно разделить на **двух – и многополюсные**. Последние содержат три (различные полупроводниковые и электронные триоды) и более (магнитные усилители, многообмоточные трансформаторы, тетроды, пентоды и др.) полюсов, с помощью которых они подсоединяются к электрической цепи.

КЛАССИФИКАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

- ◎ Нелинейные элементы можно разделить на **инерционные** и **безынерционные**.

КЛАССИФИКАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

- ◎ **Инерционными** называются элементы, характеристики которых зависят от скорости изменения переменных.

Для таких элементов **статические характеристики**, определяющие зависимость между действующими значениями переменных, отличаются от **динамических характеристик**, устанавливающих взаимосвязь между мгновенными значениями переменных.

КЛАССИФИКАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

- ◎ **Безынерционными** называются элементы, характеристики которых не зависят от скорости изменения переменных.

Для таких элементов **статические и динамические** характеристики совпадают.

КЛАССИФИКАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

- ◎ Понятия инерционных и безынерционных элементов относительно: элемент может рассматриваться как безынерционный в допустимом (ограниченном сверху) диапазоне частот, при выходе за пределы которого он переходит в разряд инерционных.

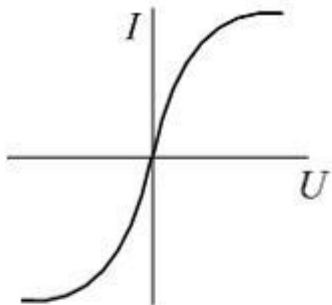
КЛАССИФИКАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

- ◎ В зависимости от вида характеристик различают нелинейные элементы с симметричными и несимметричными характеристиками.

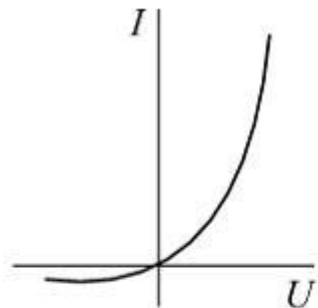
КЛАССИФИКАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

- ◎ **Симметричной** называется характеристика, не зависящая от направления определяющих ее величин, т. е. имеющая симметрию относительно начала системы координат $F(x) = -F(-x)$.
- ◎ Для **несимметричной** характеристики это условие не выполняется, т.е. $F(x) \neq -F(-x)$

КЛАССИФИКАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

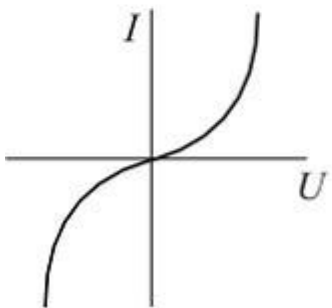


a

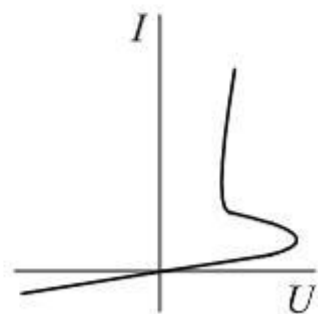


б

a, б – симметричные ВАХ



в



г

б, г – несимметричные ВАХ

КЛАССИФИКАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

- ◎ По типу характеристики можно также разделить все нелинейные элементы на элементы **однозначной** и **неоднозначной** характеристиками.
- ◎ **Однозначной** называется характеристика , у которой каждому значению x соответствует единственное значение y и наоборот.
- ◎ В случае **неоднозначной** характеристики каким-то значениям x может соответствовать два или более значения y или наоборот.

КЛАССИФИКАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

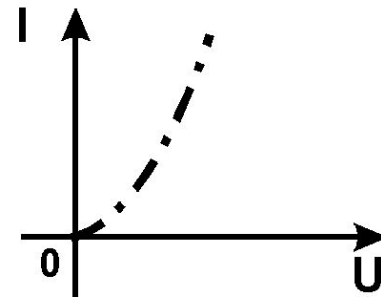
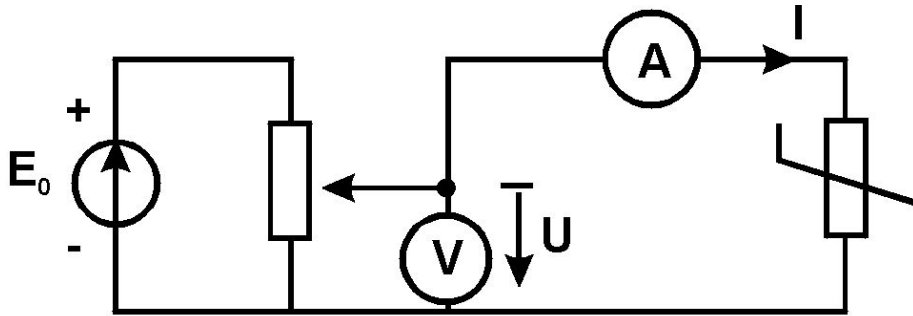
- ⊙ Все нелинейные элементы можно разделить на **управляемые** и **неуправляемые**.
- ⊙ В отличие от неуправляемых управляемые нелинейные элементы (обычно трех- и многополюсники) содержат управляющие каналы, изменяя напряжение, ток, световой поток и др. в которых, изменяют их основные характеристики.

КЛАССИФИКАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

- ◎ Примеры неуправляемых нелинейных элементов: лампы накаливания, электрическая дуга, бареттер, стабилитрон, нелинейное полупроводниковое сопротивление, диоды и др.
- ◎ Примеры управляемых нелинейных элементов: электронные лампы, транзисторы, тиристоры и др.

НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

- **Нелинейными** называются электрические цепи, содержащие нелинейные элементы



МЕТОДЫ РАСЧЕТА НЕЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЕЙ

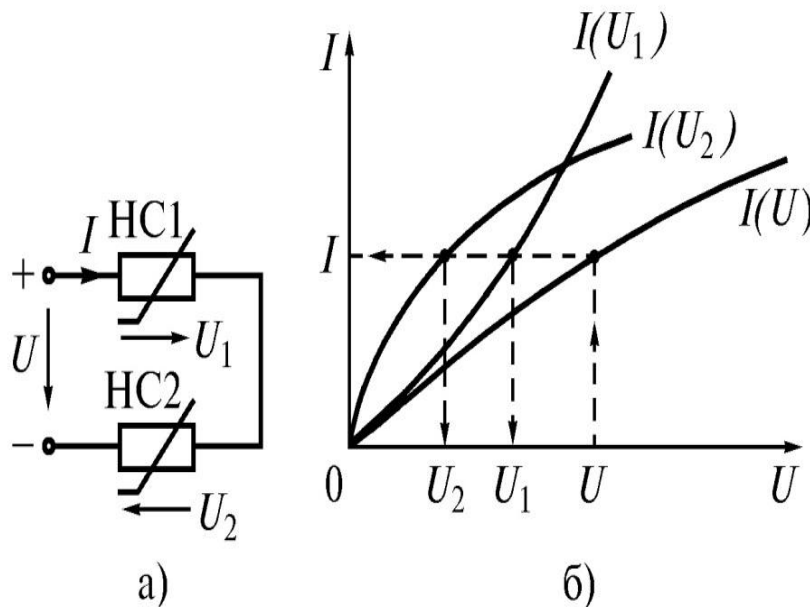
- ◎ Общих методов расчета нелинейных цепей не существует. Известные приемы и способы имеют различные возможности и области применения. В общем случае при анализе нелинейной цепи описывающая ее система нелинейных уравнений может быть решена следующими методами:
 - ◎ графическими;
 - ◎ аналитическими;
 - ◎ графо-аналитическими;
 - ◎ итерационными.

ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА НЕЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

При использовании этих методов задача решается путем графических построений на плоскости. При этом характеристики всех ветвей цепи следует записать в функции одного общего аргумента. Благодаря этому система уравнений сводится к одному нелинейному уравнению с одним неизвестным. Формально при расчете различают цепи с последовательным, параллельным и смешанным соединениями.

ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА НЕЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цепи с последовательным соединением нелинейных резистивных элементов



а - схема
последовательного
соединения двух
нелинейных элементов
НЭ1 и НЭ2

б - характеристики $I(U_1)$
и $I(U_2)$ для НЭ1 и НЭ2
соответственно

При последовательном соединении нелинейных резисторов в качестве общего аргумента принимается ток, протекающий через последовательно соединенные элементы.

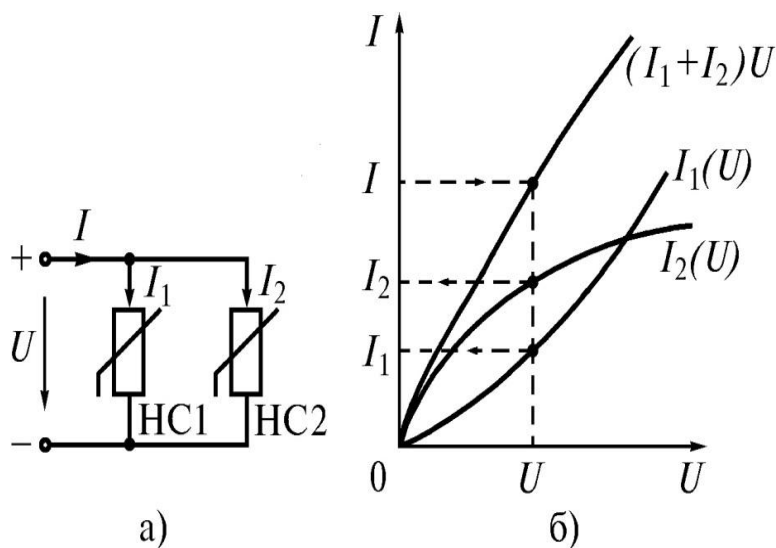
ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА НЕЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цепи с последовательным соединением нелинейных резистивных элементов

По заданным ВАХ отдельных нелинейных резистивных элементов $U_1(I)$, $U_2(I)$ в системе декартовых координат $U-I$ строится результирующая зависимость $U(I)=\sum U_n(I)$ (рис б). Затем на оси напряжений откладывается точка, соответствующая в выбранном масштабе заданной величине напряжения на входе цепи, из которой восстанавливается перпендикуляр до пересечения с зависимостью $U(I)$. Из точки пересечения перпендикуляра с кривой $U(I)$ опускается ортогональ на ось токов – полученная точка соответствует искомому току в цепи, по найденному значению которого с использованием зависимостей $U_1(I)$ и $U_2(I)$ определяются напряжения U_1 и U_2 на отдельных нелинейных резистивных элементах.

ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА НЕЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цепи с параллельным соединением нелинейных резистивных элементов



а - схема параллельного
соединения двух нелинейных
элементов НЭ1 и НЭ2

б - характеристики $I(U_1)$ и $I(U_2)$
для НЭ1 и НЭ2
соответственно

При параллельном соединении нелинейных резисторов в качестве общего аргумента принимается напряжение, приложенное к параллельно соединенным элементам.

ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА НЕЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цепи с параллельным соединением нелинейных резистивных элементов

По заданным ВАХ $I_1(U)$, $I_2(U)$ отдельных резисторов в системе декартовых координат U - I строится результирующая зависимость $I(U) = \sum I_n(U)$. Затем на оси токов откладывается точка, соответствующая в выбранном масштабе заданной величине тока источника на входе цепи (при наличии на входе цепи источника напряжения задача решается сразу путем восстановления перпендикуляра из точки, соответствующей заданному напряжению источника, до пересечения с ВАХ $I_n(U)$, из которой восстанавливается перпендикуляр до пересечения с зависимостью $I(U)$). Из точки пересечения перпендикуляра с кривой $I(U)$ опускается ортогональ на ось напряжений – полученная точка соответствует напряжению на нелинейных резисторах, по найденному значению которого с использованием зависимостей $I_n(U)$ определяются токи I_1 и I_2 в ветвях с отдельными резистивными элементами.

ВОПРОСЫ

1. Какие элементы электрических цепей являются не линейными?
2. Как классифицируются нелинейные элементы?
3. Назовите примеры нелинейных элементов цепей?
4. Что такое вольт-амперная характеристика?
5. В чем заключается графический метод расчета нелинейных электрических цепей постоянного тока?

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ