

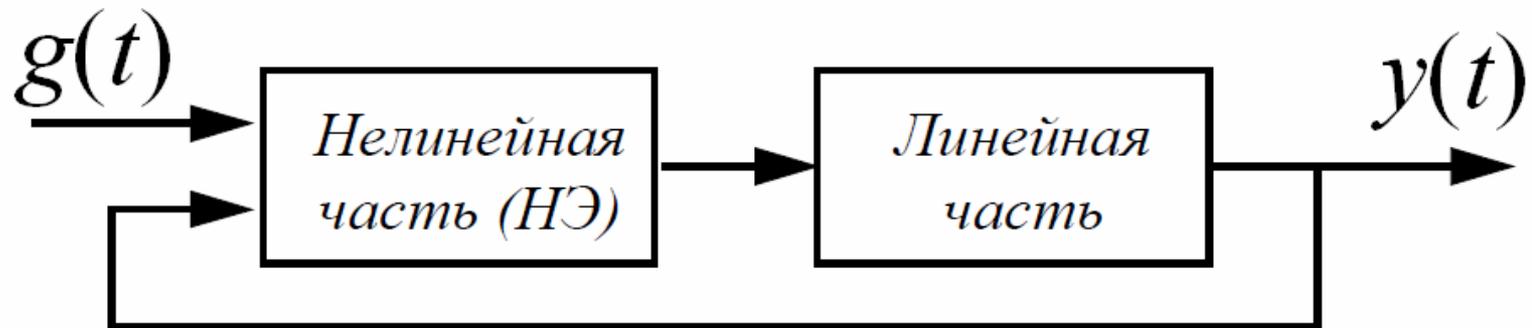
Основы теории управления

Лекция 12

Нелинейные системы

Нелинейные САУ

- Нелинейным элементом (звеном) называется устройство, процессы в котором описываются нелинейными математическими моделями.
- Нелинейной системой называется такая система, в которой присутствует хотя бы одно нелинейное звено.



Математическое описание нелинейных САУ

Динамические характеристики нелинейных звеньев и систем описываются нелинейными обыкновенными дифференциальными уравнениями.

$$\begin{cases} \dot{x} = f(t, x, u), & x \in R^n, & u \in R^m, \\ y = g(t, x), & y \in R^m, & n \geq m, \end{cases}$$

где x – вектор состояния, u – управление, y – выход, f и g – нелинейные вектор-функции.

Математическое описание нелинейных САУ

В частном случае управляющее воздействие может входить в уравнение состояния в виде суммы с нелинейными коэффициентами:

$$\begin{cases} \dot{x} = f(t, x) + B(t, x)u, \\ y = g(t, x), \end{cases}$$

где B – матрица нелинейных коэффициентов размера $n \times m$.

Такие системы называются нелинейными нестационарными системами с аддитивным управлением.

Математическое описание нелинейных САУ

Если параметры системы с течением временем не меняются и возмущающие воздействия пренебрежимо малы, то она называется нелинейной **стационарной** системой:

$$\begin{cases} \dot{x} = f(x) + B(x)u, \\ y = g(x). \end{cases}$$

Математическое описание нелинейных САУ

В случае, когда отсутствует управляющее воздействие, система называется нелинейной **нестационарной автономной**:

$$\begin{cases} \dot{x} = f(t, x), \\ y = g(t, x). \end{cases}$$

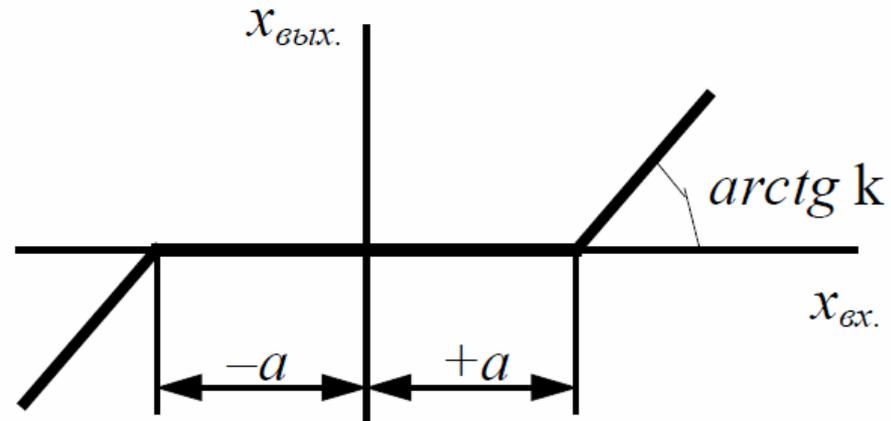
Если правая часть уравнений не зависит от времени, то система становится нелинейной **стационарной автономной**.

Типы нелинейности

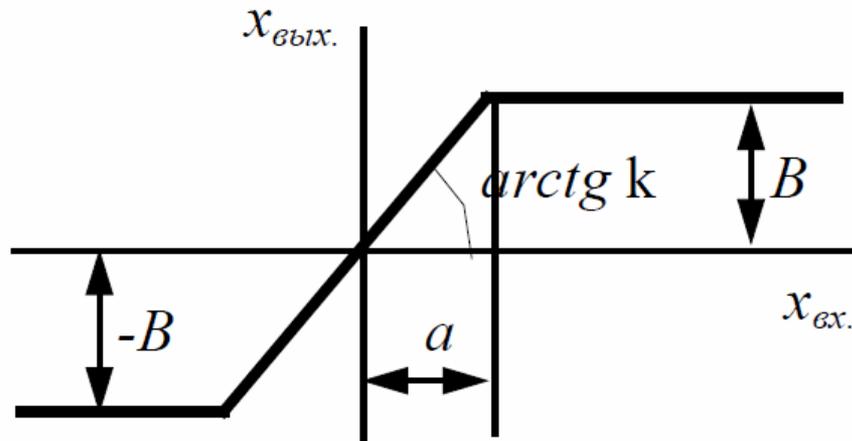
- Все нелинейности можно разделить на **однозначные** и **неоднозначные**.
- Нелинейный элемент (НЭ), у которого между входной и выходной величинами имеется однозначная зависимость как при увеличении, так и при уменьшении входного сигнала, называется НЭ с **однозначной** нелинейной характеристикой.
- Если статическая характеристика элемента при увеличении входа изменяется по одной зависимости, а при уменьшении входа – по другой, то это НЭ с **неоднозначной** нелинейной характеристикой.

Однозначные типовые нелинейные характеристики

1. Нечувствительность.

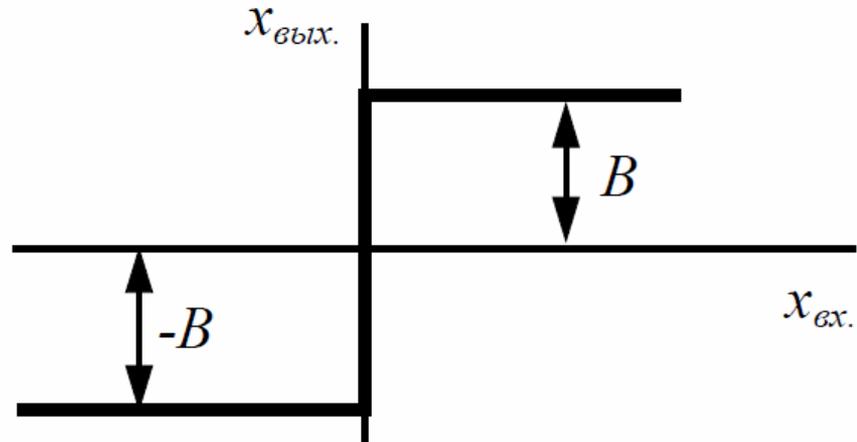


2. Ограничение (насыщение).

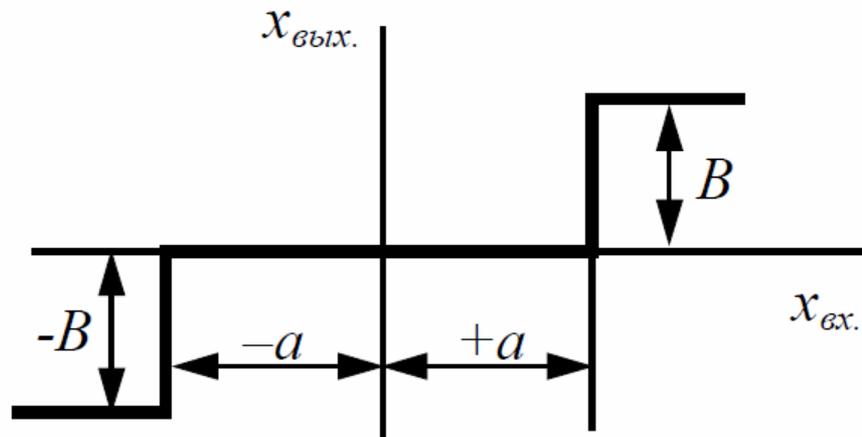


Однозначные типовые нелинейные характеристики

3. Релейная идеальная.

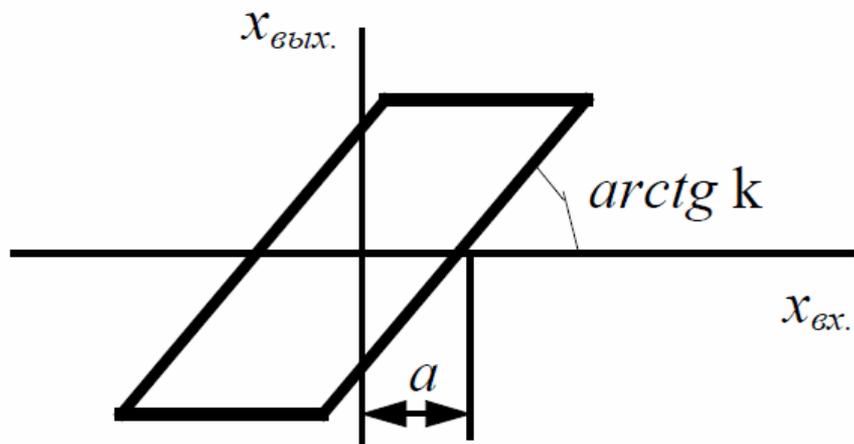


4. Релейная с зоной нечувствительности.

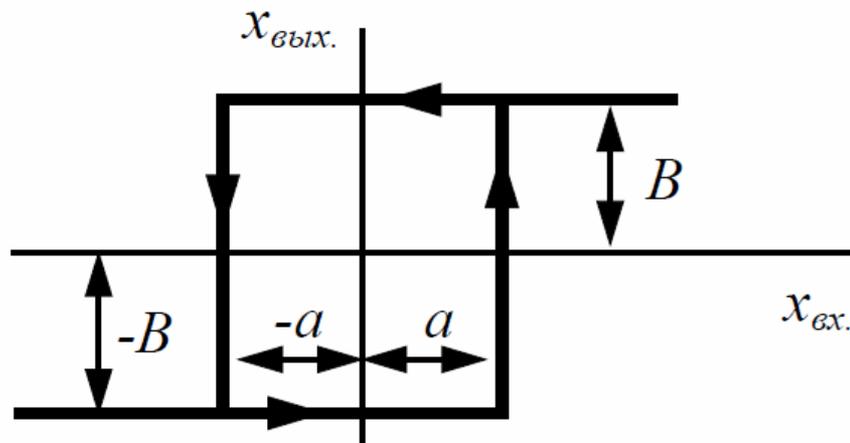


Неоднозначные типовые нелинейные характеристики

1. Зазор.

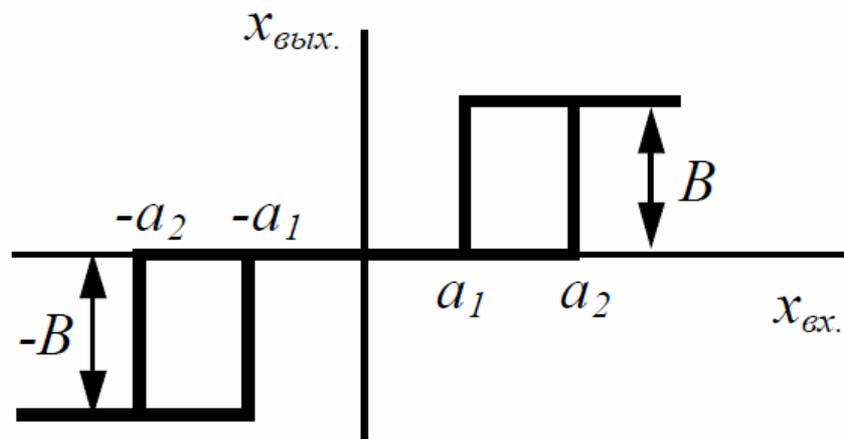


2. Релейная с гистерезисом.



Неоднозначные типовые нелинейные характеристики

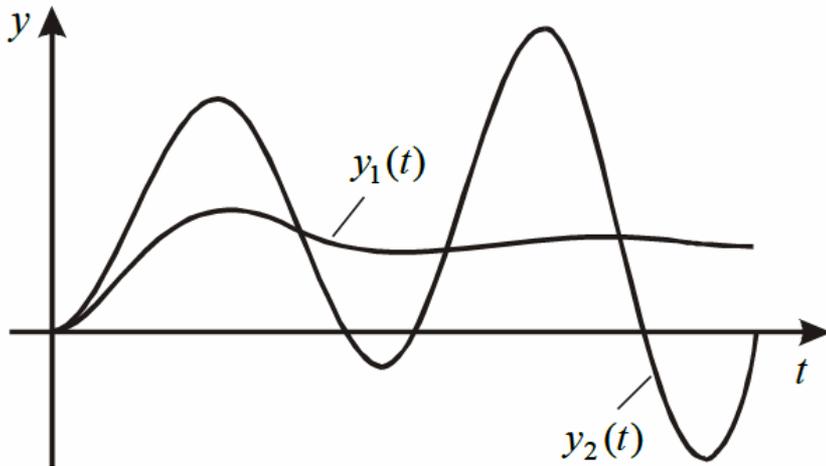
3. Релейная с нечувствительностью и гистерезисом.



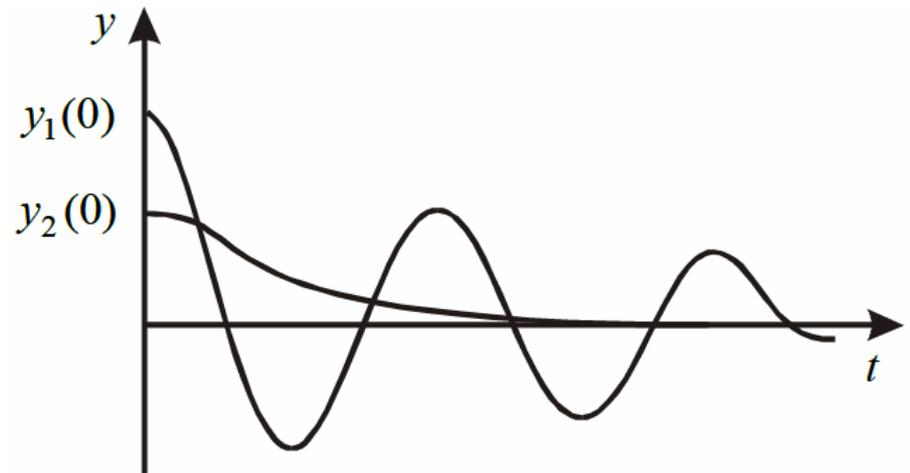
Особенности процессов в нелинейных САУ

1. Вид и качество переходного процесса существенно зависят от величины входного воздействия и начальных условий.

Изменение входного воздействия



Изменение начальных условий

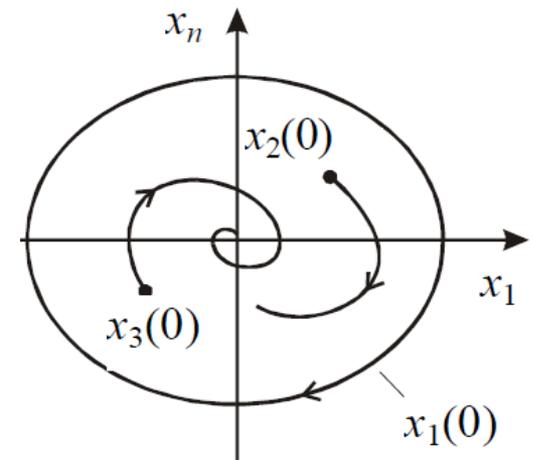


Особенности процессов в нелинейных САУ

2. Реакцию нелинейной системы автоматического управления на несколько произвольных внешних воздействий нельзя рассматривать как сумму составляющих на каждое воздействие отдельно.

3. В нелинейных системах возможно возникновение **автоколебаний**, т. е. таких собственных периодических процессов, параметры которых (частота и фаза) не зависят от начальных условий.

4. В нелинейной системе может быть несколько состояний равновесия, к которым стремятся переходные процессы.



Сравнение линейных и нелинейных САУ

Линейные системы	Нелинейные системы
1. Принцип суперпозиции справедлив.	1. Принцип суперпозиции не выполняется.
2. Возможно только одно состояние равновесия. Причем устойчивое состояние равновесия всегда устойчиво асимптотически.	2. Возможно несколько (больше 1) состояний равновесия. Одновременно в системе могут быть как устойчивые, так и неустойчивые состояния равновесия.
3. Особые движения, в частности, режим автоколебаний, не возможны.	3. При постоянных входных воздействиях возможны особые движения, т.е. переходная составляющая, не возрастающая и незатухающая во времени. Если это особое движение периодическое, то оно называется автоколебаниями.

Методы исследования нелинейных САУ

1. Точные аналитические методы.

- Метод фазового пространства.
- Метод исследования абсолютной устойчивости.
- Прямой метод А.М. Ляпунова.
- Метод сечения пространства параметров.
- Метод разделения движения на быстрые и медленные.

2. Приближенные методы.

- Метод гармонической линеаризации.
- Графоаналитические методы построения переходных процессов.

3. Методы моделирования.

- Аналоговое моделирование.
- Цифровое моделирование.

Спасибо за внимание!