



«Методы и алгоритмы
цифровой обработки сигналов
на базе MATLAB»

*Линейные дискретные
системы. Описание ЛДС во
временной области*

Клионский Д.М. – к.т.н., доцент кафедры
математического обеспечения и применения ЭВМ (МОЭВМ)

ИМПУЛЬСНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА. СООТНОШЕНИЕ ВХОД/ВЫХОД

- 1) Во временной области можно выделить **основную характеристику ЛДС** – импульсная характеристика (ИХ);
- 2) Импульсной характеристикой $h(n)$ ЛДС называют ее реакцию на цифровой единичный импульс $u0(n)$ при ННУ (нулевых начальных условиях);
- 3) Соотношение вход/выход ЛДС однозначно связанное с его основной характеристикой во временной области — **ИХ**, имеет вид **линейного математического преобразования в виде формулы свертки (линейной свертки)**

$$y(nT) = \sum_{m=0}^{\infty} h[(n-m)T] x(mT) = \sum_{m=0}^{\infty} h(mT) x[(n-m)T]$$

$$y(n) = \sum_{m=0}^{\infty} h(n-m) x(m) = \sum_{m=0}^{\infty} h(m) x(n-m)$$

РАЗНОСТНОЕ УРАВНЕНИЕ (1)

Соотношение вход/выход ЛДС, однозначно связанное с его основной характеристикой в z -области — **передаточной функцией**, имеет вид **линейного математического преобразования** в виде **разностного уравнения (РУ)**.

$$y(n) = \sum_{i=0}^{N-1} b_i x(n-i) - \sum_{k=1}^{M-1} a_k y(n-k)$$

b_i — вещественные константы (параметры ЛДС)

i — задержки воздействия и реакции

N и M — (максимальные задержки)

$x(n)$ — воздействие (входной сигнал)

$y(n)$ — реакция (выходной сигнал)



РАЗНОСТНОЕ УРАВНЕНИЕ (2). ТИПЫ ЛДС

1) **Нерекурсивная часть:**

$$\sum_{i=0}^{N-1} b_i x(n-i)$$

2) **Рекурсивная часть:**

$$\sum_{k=1}^{M-1} a_k y(n-k)$$

3) Вычисление реакции по формуле свертки или разностному уравнению осуществляется **методом прямой подстановки при ННУ.**

Типы линейных дискретных систем (ЛДС)

- 1) **Рекурсивные ЛДС;**
- 2) **Нерекурсивные ЛДС.**

ТИПЫ ЛДС

1) **Рекурсивные ЛДС** – реакция зависит от **текущего** и **предшествующих** отсчетов воздействия и **предшествующих** отсчетов реакции

$$a_k \neq 0 \text{ хотя бы для одного значения } k$$

2) **Нерекурсивные ЛДС** – реакция которой зависит только от **текущего** и **предшествующих** отсчетов воздействия и не зависит от предшествующих отсчетов реакции

$$a_k = 0 \text{ для всех } k$$

Рекурсивные и нерекурсивные ЛДС имеют соответственно **бесконечную и конечную ИХ.**



ТИПЫ ЛДС. ВЫЧИСЛЕНИЯ В MATLAB (1)

- 1) **БИХ-ЛДС** – ЛДС (рекурсивная) с бесконечной импульсной характеристикой (IIR);
- 2) **КИХ-ЛДС** – ЛДС (нерекурсивная) с конечной импульсной характеристикой (FIR).

Импульсная характеристика КИХ-ЛДС

Совпадает с коэффициентами b_i

$$h(n) = b_i, \quad n = i$$

Вычисление реакции по формуле свертки в MATLAB

Функция $y = \text{conv}(h, x)$;

h – импульсная характеристика (вектор отсчетов ИХ длины N_1); x – воздействие (вектор отсчетов воздействия длины N_2); y – вектор отсчетов реакции длины $N_1 + N_2 - 1$.

ВЫЧИСЛЕНИЯ В MATLAB (2)

Вычисление реакции по разностному уравнению в MATLAB

Функция $y = \text{filter}(b,a,x)$;

b,a – векторы коэффициентов нерекурсивной и рекурсивной частей;
 x – воздействие (вектор отсчетов воздействия); y – вектор отсчетов реакции (с длиной, равной длине воздействия).

Функция $h = \text{impz}(b,a,N)$, **Вычисление импульсной характеристики в MATLAB**

b,a – векторы коэффициентов нерекурсивной и рекурсивной частей;
 N – длина (количество отсчетов) ИХ; h – импульсная характеристика.

Импульсная характеристика может быть также вычислена с помощью функции **filter** (воздействие – цифровой единичный импульс).



«Методы и алгоритмы
цифровой обработки сигналов
на базе MATLAB»

*Линейные дискретные
системы. Описание ЛДС во
временной области*

Клионский Д.М. – к.т.н., доцент кафедры
математического обеспечения и применения ЭВМ (МОЭВМ)