

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

«ОСНОВЫ РАБОТЫ В ПАКЕТЕ MATLAB. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТЫХ РАДИОСИГНАЛОВ»

Цели работы

1. Научиться работать с командным окном MATLAB.
2. Научиться создавать с диапазоны данных и вычислять функции от них.
3. Научиться работать с m-файлами.
4. Изучение технологии построения двумерных графиков.
5. Построение модели модуляции аналоговых радиосигналов.

РАЗДЕЛ 1. СИСТЕМА РАБОТЫ С МАТРИЦАМИ MATLAB. КОМАНДНОЕ ОКНО

Основное предназначение пакета MATLAB – обработка матриц. В нём представлен широкий ряд вычислительных возможностей. Физика, статистика, биология, экономика, телекоммуникации – вот далеко не полный ряд его сфер применения. Одним из существенных преимуществ системы – это разнообразные и удобные графические средства для визуализации данных.

После запуска программы MATLAB на мониторе появляется главное окно, содержащее разные элементы. Главным из них является *командное окно* – клиентская часть окна со *знаком приглашения* >> и мигающим курсором справа. Теперь можно вводить с клавиатуры числа, имена переменных и выражения. Имена переменных (идентификаторы переменных) можно формировать по тем же принципам, как и в языках программирования C, C++, Java. Для присваивания переменной значения используется оператор =.

Например

```
>> a=2  
a =  
    2
```

Некоторые имена зарезервированы. Наберите с клавиатуры true и нажмите на **Enter**.

```
>> true  
ans =  
    1
```

Также можно вызвать переменные `false` и `pi`. В последнем случае получится округлённое значение известной константы.

```
>> pi
ans =
    3.1416
```

Для получения более точного значения необходимо выполнить команду `format long` и повторить запрос. Другими командами, управляющими форматами вывода являются: `format rat` и `format short` (рекомендуется проверить, запрашивая, например, `pi`).

РАЗДЕЛ 2. СКАЛЯРНЫЙ ТИП ДАННЫХ

Основным типом данных, с которыми производятся вычисления в среде MATLAB, являются `double`, предназначенный для работы с конечными десятичные дробями, приближающими с заданной точностью произвольные вещественные числа. У целых же чисел отсутствуют дробные части, но они всё равно представляются системой MATLAB на машинном уровне в той же форме, что и дробные числа. Близкие к максимальному и минимальному по модулю вещественным числам представимым в системе MATLAB зарезервированы под именами `realmax` и `realmin`. При желании значения переменных с этими именами можно изменить, но эта замена будет сохраняться только в пределах текущего сеанса работы.

В командном окне можно производить вычисления с помощью арифметических выражений, содержащих операторы `+`, `-`, `*`, `/`, `^`.

```
>> (1+3*pi)/(pi-1)
ans =
    4.8678
```

```
>> 2^0.5
ans =
    1.4142
```

и встроенных функций, например

```
>> sqrt(2)
ans =
    1.4142
```

```
> exp(1)
ans =
    2.7183
```

Система MATLAB всегда хранит в переменной `ans` последнее из вычисленных и не сохранённых пользователем выражений.

РАЗДЕЛ 3. ФОРМИРОВАНИЕ ОДНОМЕРНЫХ И ДВУМЕРНЫХ МАССИВОВ

Для создания одномерного массива можно использовать один из нескольких способов:

1. Поэлементное присваивание (*операция индексации*)

```
>> a(1)=10;a(2)=20;a(3)=30
```

```
a =
```

```
10    20    30
```

2. Операция конкатенации. Значения в этом методе перечисляются в квадратных скобках, при этом для их разделения можно использовать пробел

```
>> b=[10 20 30]
```

```
b =
```

```
10    20    30
```

или запятую

```
>> c=[10,20,30]
```

```
c =
```

```
10    20    30
```

Операция конкатенации допускает добавление элементов к созданному ранее массиву

```
>> a=[a 40]
```

```
a =
```

```
10    20    30    40
```

3. Специальные команды для формирования массивов заданного размера с одинаковыми элементами

```
>> zeros(1,5)
```

```
ans =
```

```
0     0     0     0     0
```

```
>> ones(1,5)
```

```
ans =
```

```
1     1     1     1     1
```

Попробуйте, также вызвать команды: `zeros(5,1)`, `ones(5,1)`, `zeros(5)`, `ones(5)`.

4. Операция формирования диапазона числовых значений, представляемых арифметическую прогрессию

```
>> diap=2.8:0.1:3.15
```

```
diap =
```

```
2.8000    2.9000    3.0000    3.1000
```

Последняя операция пригодится нам для выполнения Лабораторной работы.

Работу с двумерными и многомерными массивами в Лабораторной работе мы рассматривать не будем.

РАЗДЕЛ 4. ОПЕРАЦИИ С ОДНОМЕРНЫМИ МАССИВАМИ

В среде MATLAB можно производить вычисления с набором чисел так же легко, как и с одиночными числами. Это является одним из самых заметных и важных преимуществ системы MATLAB над другими программными пакетами, ориентированными на вычисления и программирование.

Для выяснения размерности массива можно использовать две операции:

```
>> size(a)
```

```
ans =
```

```
1      4
```

```
>> length(a)
```

```
ans =
```

```
4
```

К арифметическим операциям с массивами относятся:

Сложение со скаляром

```
>> a=a+1
```

```
a =
```

```
11    21    31    41
```

Умножение на скаляр

```
>> a=a*2
```

```
a =
```

```
22    42    62    82
```

Также производятся операции вычитания и деления

Возведение элементов массива в степень осуществляется с помощью оператора `.`[^]

```
>> a.^0.5  
ans =  
    4.6904    6.4807    7.8740    9.0554
```

Можно также использовать массив в качестве аргумента функции

```
>> sqrt(a)  
ans =  
    4.6904    6.4807    7.8740    9.0554  
  
>> sin(a)  
ans =  
   -0.0089   -0.9165   -0.7392    0.3132
```

С массивами одинаковой размерности можно производить бинарные операции, такие как сложение

```
>> b+c  
ans =  
    20    40    60
```

умножение

```
>> b.*c  
ans =  
   100   400   900
```

вычитание `-`, деление `./` и возведение в степень `.`[^]. Заметим, что представленные выше операции (кроме определения размерности) относятся к поэлементным. Это значит, что арифметическая операция производится с парами элементов массивов-операндов имеющих одинаковый индекс. Результат сохраняется в новом массиве такой же размерности, как и два исходных.

Такие операции, как скалярное произведение и матричное произведение матриц в Лабораторной работе не рассматриваются. С ними можно ознакомиться, например, на ресурсе <https://studfiles.net/preview/6654106/>

РАЗДЕЛ 5. РАБОТА С М-ФАЙЛАМИ. ПОСТРОЕНИЕ ГРАФМКОВ ФУНКЦИЙ

Создадим простой скрипт для построения синусоиды.

Совокупность команд можно сохранять и, при необходимости, вызывать и редактировать. Для этого можно воспользоваться одним из трёх способов:



1. В группе команд FILE вкладки HOME нажать на кнопку



2. В выпадающем меню выбрать команду *Script*.

3. Использовать комбинацию **ctrl+N**.

Далее наберите в окне редактора код

```
t=[0:0.01:2];  
f=sin(t);  
plot(t,f)
```

Точка с запятой в конце первой и второй команды нужна для того, чтобы значения полученных диапазонов не выводились и не перегружали командное окно.

Фазовая частота колебаний при этом равна 1. То есть одно полное колебание происходит с периодом $2\pi \approx 6.28$. Частота ν колебаний при этом равна $\nu = \frac{1}{2\pi} \approx 0.159$. Поэтому рассмотренный промежуток модельного времени t невелик – немного превышает четверть периода. Теперь получим колебание с периодом $\nu = 1$ и совместим его на одной области построения графиков графического окна (канве) с предыдущим графиком.

```
t=[0:0.01:2];  
f=sin(t);  
W=2*pi;  
f0=sin(W*t);  
plot(t,f,t f0)  
legend f f0
```

При выполнении заданий к Лабораторным работам Вам пригодится умение совмещать несколько графиков на одной канве.

Обратите внимание на автоматическую окраску графиков. В многочисленной литературе по системе MATLAB (в том числе и в библиографии к дисциплине) можно найти информацию о настройках свойств графиков, в том числе и о цветовых.

Последняя команда добавляет легенду графиков.

Обратите внимание, что второй график (совершивший два полных колебания) более удобен для анализа потому, что легко определить его характерные точки, а именно: точки пересечения с осью абсцисс $x = 0.0, 0.5, \dots, 2.0$, максимумы $x = 0.25, 1.25$ и минимумы $x = 0.75, 1.75$, поэтому в дальнейшем будем использовать частоты кратные 2π . Это может

пригодиться для того чтобы сделать правильные выводы к полученным результатам.

Теперь построим график затухающих колебаний.

```
t=[0:0.01:8];  
A=exp(-0.5*t);  
W=2*pi;  
f=A.*sin(W*t);  
plot(t,A,t,-A,t,f,'LineWidth',3)  
legend A -A f  
grid on
```

В уже знакомой нам команде `plot()` использована настройка ширины линии.

Последняя команда нужна для построения сетки в графическом окне.

РАЗДЕЛ 6. ПРОСТЕЙШИЕ МЕТОДЫ МОДУЛЯЦИИ РАДИОСИГНАЛОВ

В старых книгах по радиотехнике, таких как

Шаг за шагом. От детекторного приёмника до супергетеродина. Р.С. Сворень. Детгиз, М. 1963.

можно встретить описание методов модуляции сигналов, используемых на заре радиотехники. Это амплитудная и частотная модуляция. Именно эти два метода и являются объектом для моделирования в данной Лабораторной работе.

Модуляция представляет собой метод шифрования низкочастотного (модулирующего шифруемого) сигнала с помощью высокочастотного (модулируемого шифрующего несущего) сигнала. Последний представляет собой простую гармонику, которую в Лабораторной работе представим в виде $f_0(t) = \sin(W_0 \cdot t)$. Шифруемый сигнал представим в виде $A(t) = \sin(W_1 \cdot t) + \cos(W_2 \cdot t)$.

Амплитудная модуляция представляет собой высокочастотное колебание переменной амплитуды и постоянной частоты. При этом мгновенное значение амплитуды зависит от мгновенного значения модулирующего (шифруемого) сигнала. В простейшем случае значение одной функции прямо пропорционально значению другой. В Лабораторной работе амплитудную модуляцию представим в виде $F_{amp}(t) = A(t) \cdot \sin(W_0 \cdot t)$.

В общем случае при моделировании модулированного сигнала вышеуказанная зависимость амплитуды имеет монотонный характер (то есть, возрастание и убывание двух функций происходит синхронно). В реальных радиотехнических цепях зависимость может быть достаточно сложной (в том числе и с задержкой). Изучение современной теории моделирования аналоговых и цифровых сигналов

выходит за рамки курса. Интересующиеся могут в дальнейшем самостоятельно освоить эту интересную имеющую прикладное значение теорию воспользовавшись общей библиографией курса.

Частотная модуляция представляет собой высокочастотное колебание постоянной амплитуды и переменной частоты. При этом мгновенное значение частоты зависит от мгновенного значения модулирующего (шифруемого) сигнала. В Лабораторной работе частотную модуляцию представим в виде $F_{tah}(t) = \sin(W_{tah} \cdot t)$, где $W_{tah} = W_0 + A(t)$.

РАЗДЕЛ 7. ПЛАН ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Создать модели амплитудной и частотной модуляции сигнала.

1. Построить диапазон значений t времени от 1.0 до 3.0 с шагом 0.001.
2. Сформировать модулируемый сигнал A в виде двух гармоник, см. Раздел 6., с частотами W_1 и W_2 соответствующими варианту (см. Таблицу 1). Все частоты должны быть использованы в формулах в качестве переменных с соответствующими именами: W_1 , W_2 , W_0 , W_{tah} .
3. Произвести амплитудную модуляцию F_{amp} сигнала A , с частотой $\frac{W_0}{2\pi} = 10$ согласно представлению в Разделе 6. и построить график трёх функций: модулирующего сигнала A , “отраженного модулирующего сигнала” $-A$ и модулированного сигнала F_{amp} .

Добавьте легенду.

Для того, чтобы во всех вариантах границы были стандартными и не зависели от реальных максимальных и минимальных значений функции $A(t)$, добавьте в скрипт команду:

```
axis([1 3 -2 2])
```

Включите в отчёт график.

Для сохранения (захвата) графика в буфер обмена необходимо в графическом окне выполнить команду *Edit–Copy Figure*.

Сделайте выводы.

4. Произвести частотную модуляцию F_{tah} сигнала A согласно представлению в Разделе 6. в том же скрипте, где создана амплитудная модуляция, и построить график трёх функций модулирующего сигнала A , модулируемого сигнала f_0 и модулированного сигнала F_{tah} . Предыдущий график прокомментируйте с помощью символа % перед командой `plot()`.

Добавьте легенду.

Включите в отчёт листинг кода и график. Сделайте выводы.

Главный вопрос: в каких точках графики f_0 и $F_{\text{тах}}$ накладываются друг на друга?

Таблица 1. Частоты W_1 и W_2 для 10 вариантов

Номер варианта	$\frac{W_1}{2\pi}$	$\frac{W_2}{2\pi}$
1	0.5	1.0
2	1.0	0.5
3	0.6	0.9
4	0.9	0.6
5	0.6	1.2
6	1.2	0.6
7	0.7	1.4
8	1.4	0.7
9	0.8	1.2
10	1.2	0.8

РАЗДЕЛ 8. ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчет по лабораторной работе должен содержать следующее.

1. Титульный лист.
2. Цель Лабораторной работы.
3. Вариант задания.
4. Полный компилируемый листинг реализованной программы.
5. Графики сигналов с легендами.
6. Выводы.

РАЗДЕЛ 9. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково основное предназначение пакета MATLAB?
2. Какой основной тип данных используется в системе MATLAB?
3. Какие существуют способы для формирования одномерных массивов?

4. Для чего нужны m-файлы?
5. Какую функцию можно использовать для построения двумерных графиков?
6. Что такое модуляция сигнала
7. В чём заключается технология амплитудной модуляции сигнала?
8. В чём заключается технология частотной модуляции сигнала?

Более объёмную информацию о работе в среде MATLAB, в частности о работе с двумерными и многомерными массивами можно получить, например, воспользовавшись ресурсом

<https://studfiles.net/preview/6654106/>