

Лабораторная работа №1

Методы кодирования и модуляция сигналов

Газизянов Владислав Альбертович

Содержание

1 Цель работы	5
2 Задание	6
3 Выполнение лабораторной работы	7
3.1 1.3.1. Построение графиков в Octave	7
3.2 Создание сценария построения графиков	7
3.3 1.3.2. Разложение импульсного сигнала в частичный ряд Фурье	10
3.4 1.3.3. Определение спектра и параметров сигнала	13
3.5 1.3.4. Амплитудная модуляция	17
3.6 1.3.5. Кодирование сигнала и исследование самосинхронизации	19
4 Выводы	22

Список иллюстраций

3.1	Окно редактора Octave с кодом для построения графика функции	8
3.2	График функции $y = \sin x + (1/3) \sin 3x + (1/5) \sin 5x$	9
3.3	Совмещённый график функций y_1 и y_2 на одном поле	10
3.4	Код сценария <code>meandr.m</code> для разложения меандра в ряд Фурье	11
3.5	Графики меандра, построенные с различным количеством гармоник (1-8)	12
3.6	Графики меандра, построенные через синусный ряд Фурье	13
3.7	Код сценария <code>spectre.m</code> для генерации сигналов и анализа спектра	14
3.8	Графики двух синусоидальных сигналов и их спектров	15
3.9	Исправленные графики спектров сигналов	16
3.10	График суммарного сигнала и его спектр	17
3.11	Сигнал и огибающая при амплитудной модуляции	18
3.12	Спектр сигнала при амплитудной модуляции	19
3.13	Структура проекта и код главного скрипта <code>main.m</code>	20
3.14	Пример кода функций кодирования AMI и NRZ	20
3.15	Графики кодированных сигналов	21

Список таблиц

1 Цель работы

Изучение методов кодирования и модуляции сигналов с использованием языка программирования Octave. Определение спектральных характеристик сигналов, исследование амплитудной модуляции и свойств самосинхронизации различных кодов.

2 Задание

1. Построить графики тригонометрических функций с использованием Octave.
2. Реализовать разложение импульсного сигнала (меандра) в частичный ряд Фурье.
3. Определить спектр отдельных сигналов и их суммы с использованием быстрого преобразования Фурье.
4. Исследовать амплитудную модуляцию сигналов.
5. Реализовать различные методы кодирования сигналов и исследовать их свойства самосинхронизации.

3 Выполнение лабораторной работы

3.1 1.3.1. Построение графиков в Octave

3.2 Создание сценария построения графиков

Был запущен Octave с оконным интерфейсом. В окне редактора создан новый сценарий `plot_sin.m`, содержащий код для построения графика функции $y = \sin x + (1/3) \sin 3x + (1/5) \sin 5x$ на интервале $[-10; 10]$. Сценарий включает формирование массивов данных, настройку параметров графика и экспорт результатов в форматы EPS и PNG.

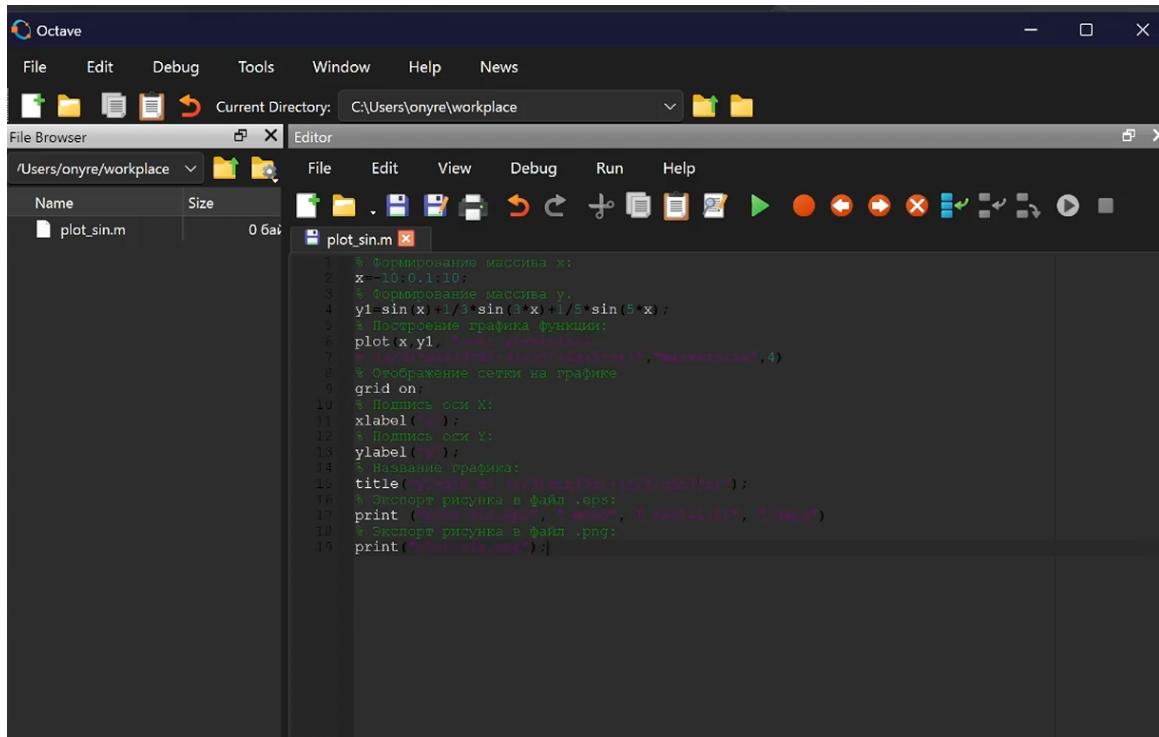


Рисунок 3.1: Окно редактора Octave с кодом для построения графика функции

3.2.1 Построение и экспорт графика

После выполнения сценария было открыто окно с построенным графиком. График успешно отображает заданную тригонометрическую функцию с наложенной сеткой, подписями осей и заголовком. Файлы с графиком экспортированы в указанные форматы.

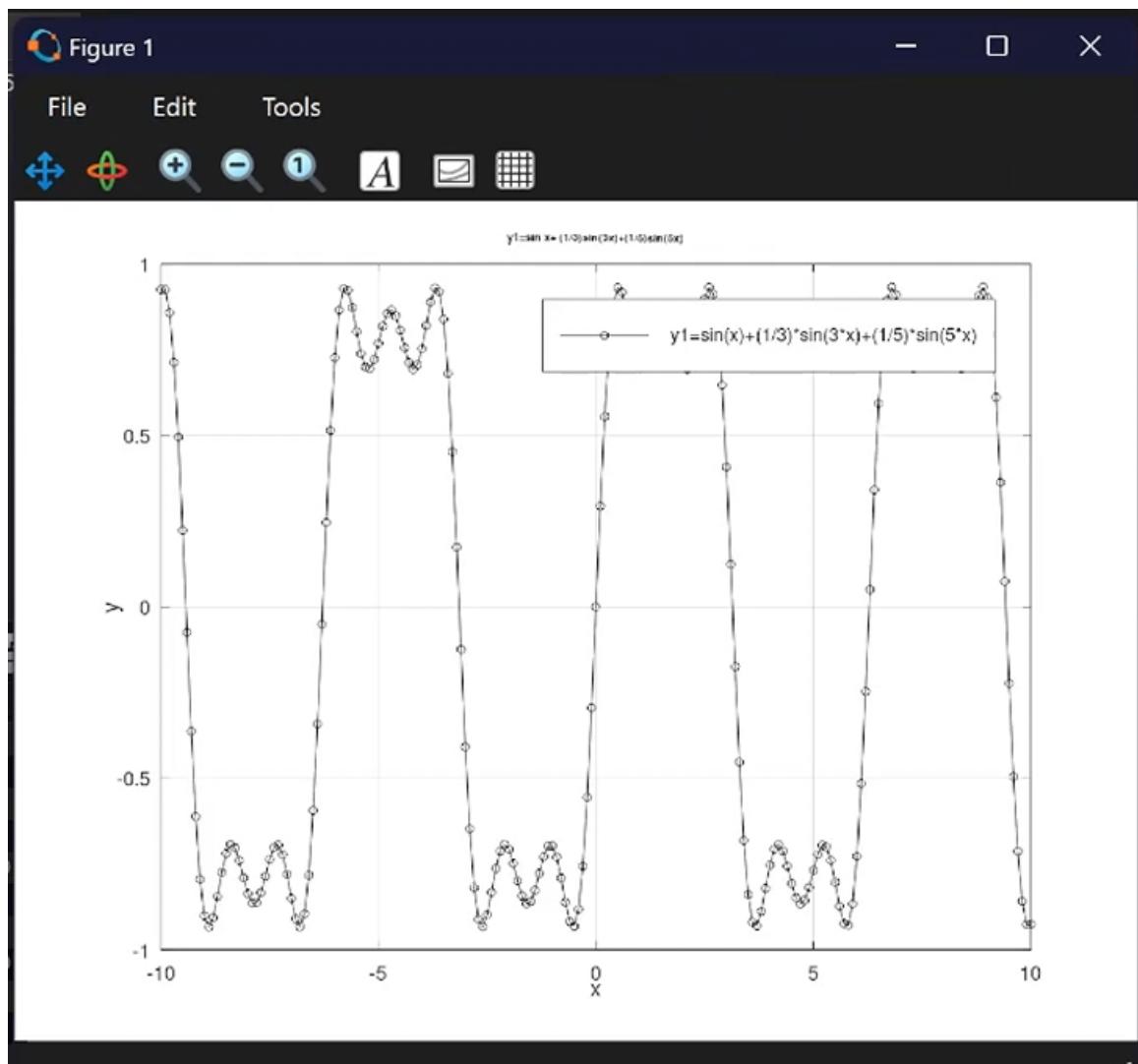


Рисунок 3.2: График функции $y = \sin x + (1/3) \sin 3x + (1/5) \sin 5x$

3.2.2 Создание комплексного графика

Сценарий был модифицирован для построения на одном графике двух функций: $y_1 = \sin x + (1/3) \sin 3x + (1/5) \sin 5x$ и $y_2 = \cos x + (1/3) \cos 3x + (1/5) \cos 5x$. Использованы разные типы линий для наглядного сравнения функций.

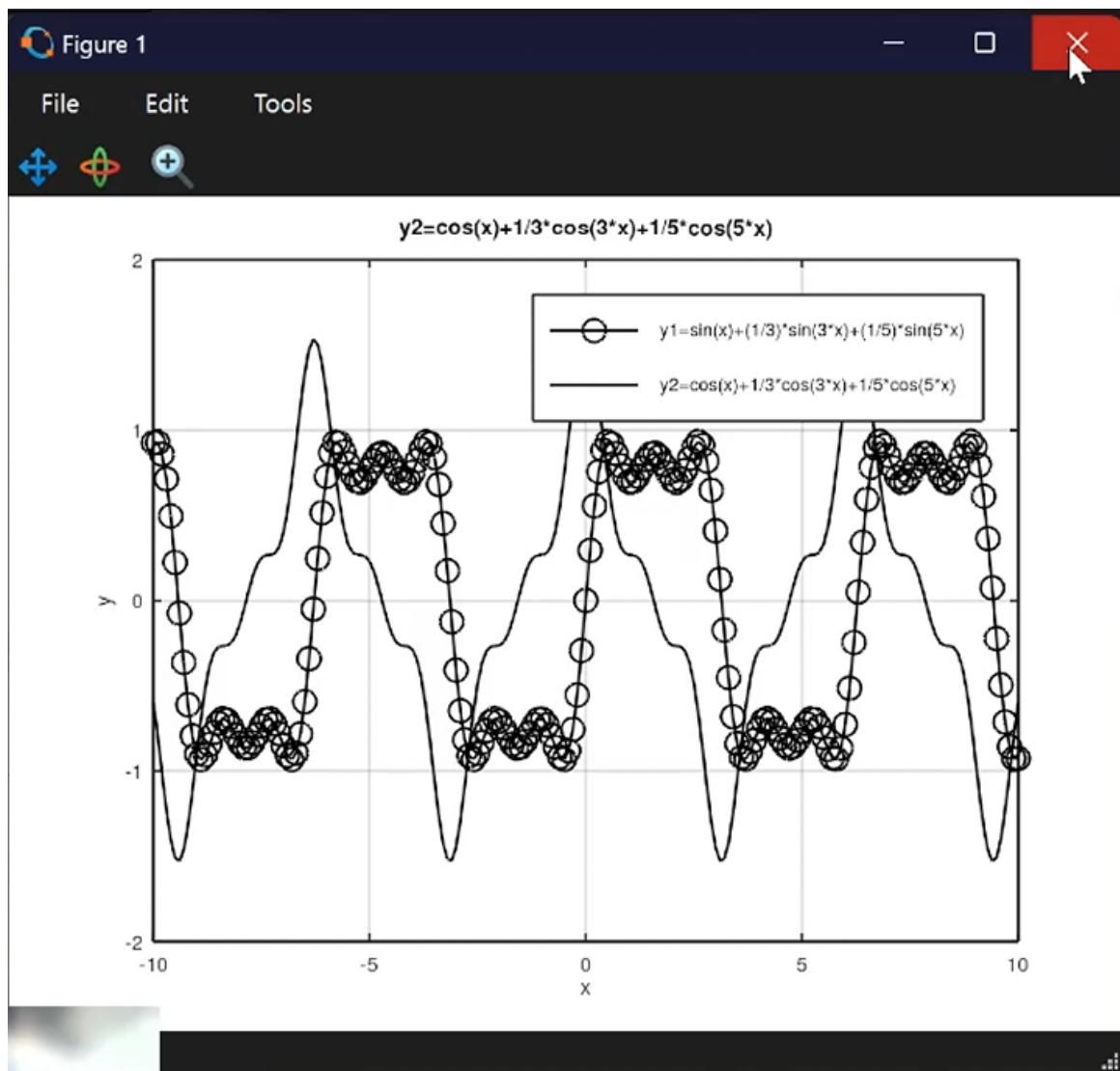


Рисунок 3.3: Совмещённый график функций y_1 и y_2 на одном поле

3.3 1.3.2. Разложение импульсного сигнала в частичный ряд Фурье

3.3.1 Разработка сценария для меандра

Создан новый сценарий `meandr.m` для разложения импульсного сигнала в форме меандра в частичный ряд Фурье. В коде заданы параметры: количество

гармоник ($N = 8$), частота дискретизации, амплитуда и период сигнала.

```
1 % meandr.m
2 % количество отсчетов (гармоник):
3 N=8;
4 % частота дискретизации:
5 t=-1:0.01:1;
6 % значение амплитуды:
7 A=1;
8 % период:
9 T=1;
10 % амплитуда гармоник
11 nh=(1:N)*2-1;
12 % массив коэффициентов для ряда, заданного через cos:
13 Am=2/pi ./ nh;
14 Am(2:2:end) = -Am(2:2:end);
15 % массив гармоник:
16 harmonics=cos(2 * pi * nh' * t/T);
17 % массив элементов ряда:
18 s1=harmonics.*rperm(Am',1,length(t));
19 % Суммирование ряда:
20 s2=cumsum(s1);
21 % Построение графиков:
22 for k=1:N
23 subplot(4,2,k)
24 plot(t, s2(k,:))
25 end
```

Рисунок 3.4: Код сценария meandr.m для разложения меандра в ряд Фурье

3.3.2 Реализация ряда Фурье через косинусы

Реализовано разложение меандра через косинусный ряд Фурье. Сформированы массивы коэффициентов и гармоник. Для визуализации использовано суммирование ряда с накоплением и построение отдельных графиков для разного количества гармоник с помощью функции subplot.

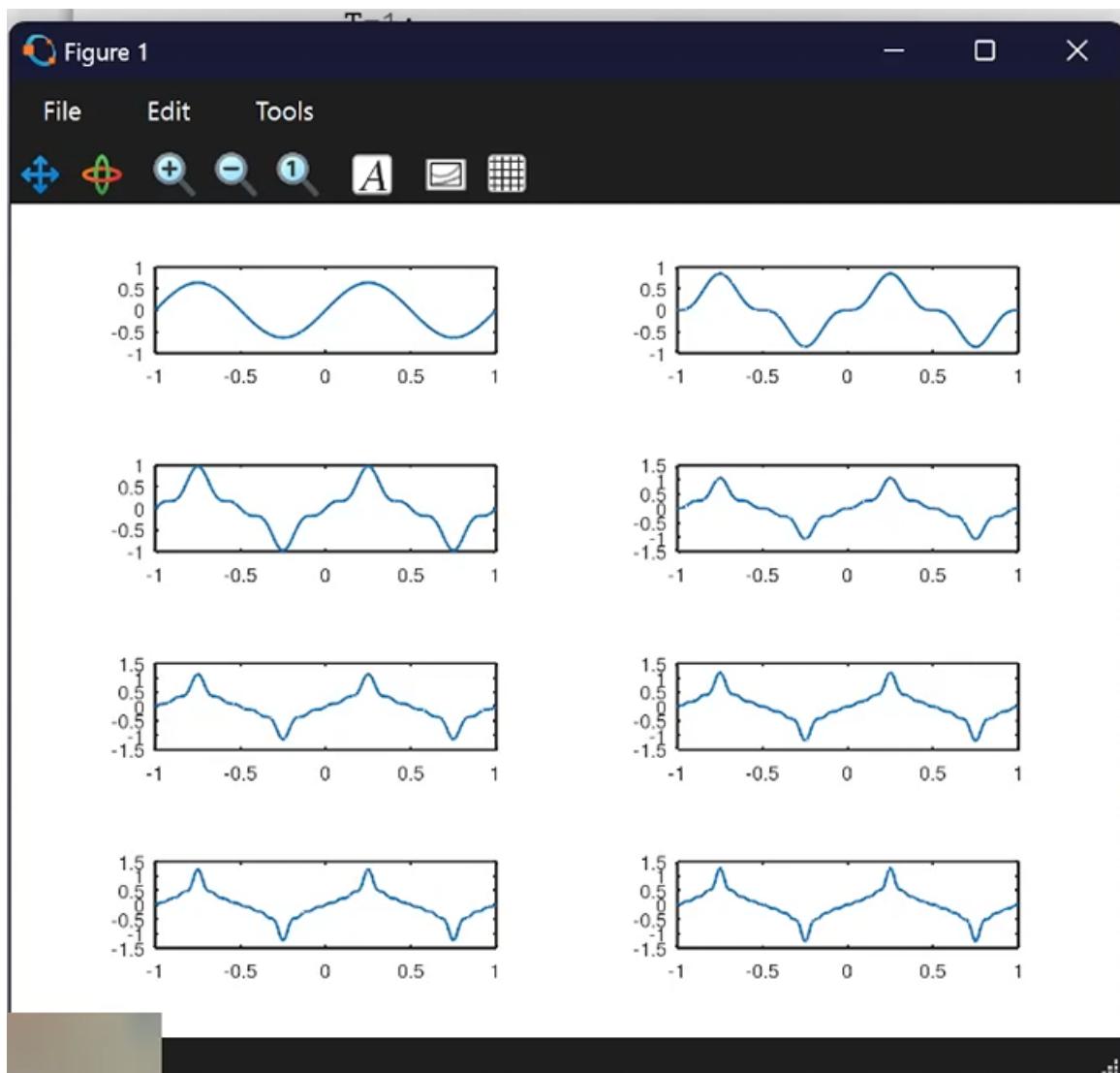


Рисунок 3.5: Графики меандра, построенные с различным количеством гармоник (1-8)

3.3.3 Модификация кода для синусного ряда

Код скорректирован для реализации разложения меандра через синусный ряд Фурье. Получены соответствующие графики, демонстрирующие формирование меандра из синусоидальных компонент.

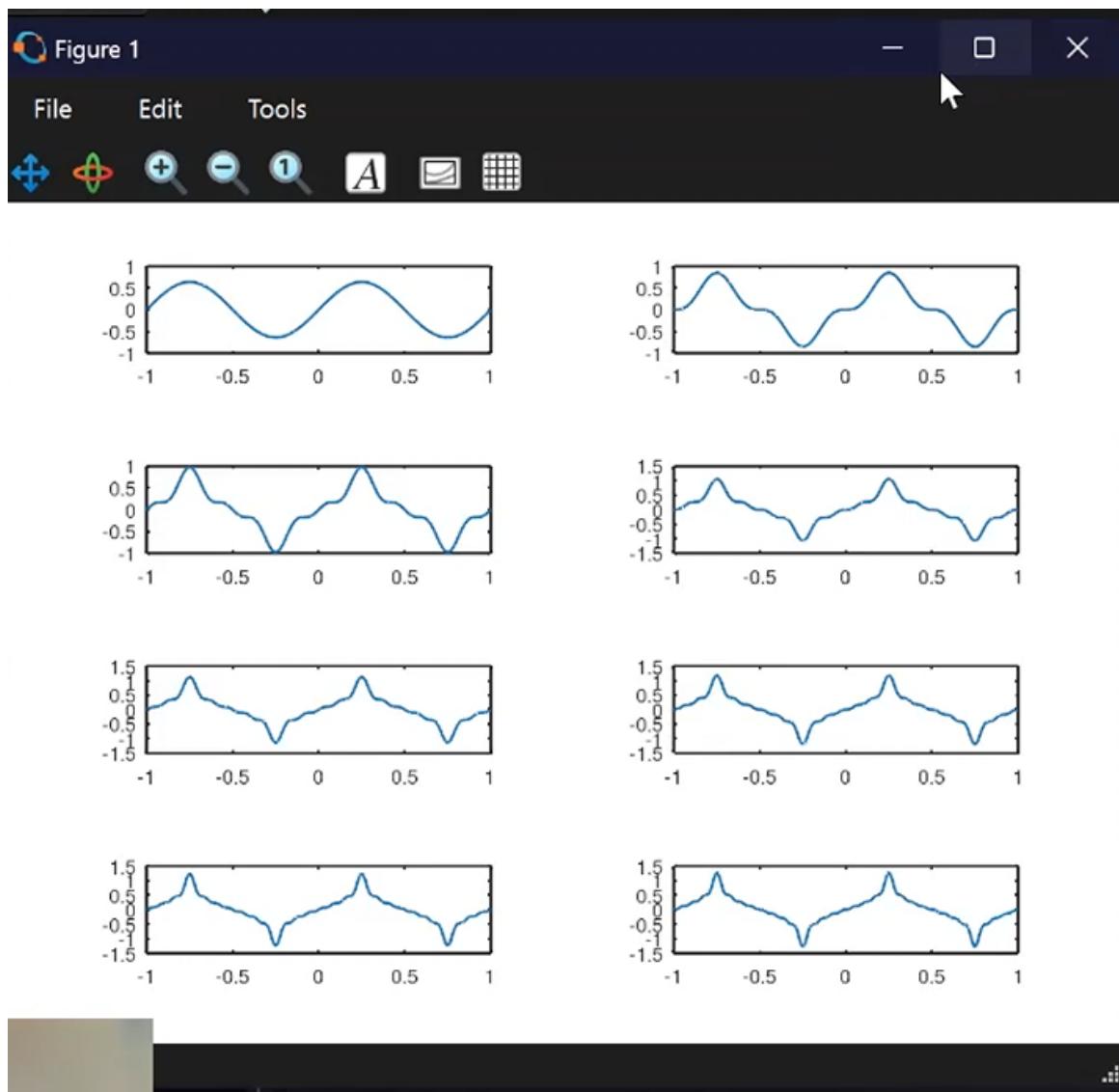


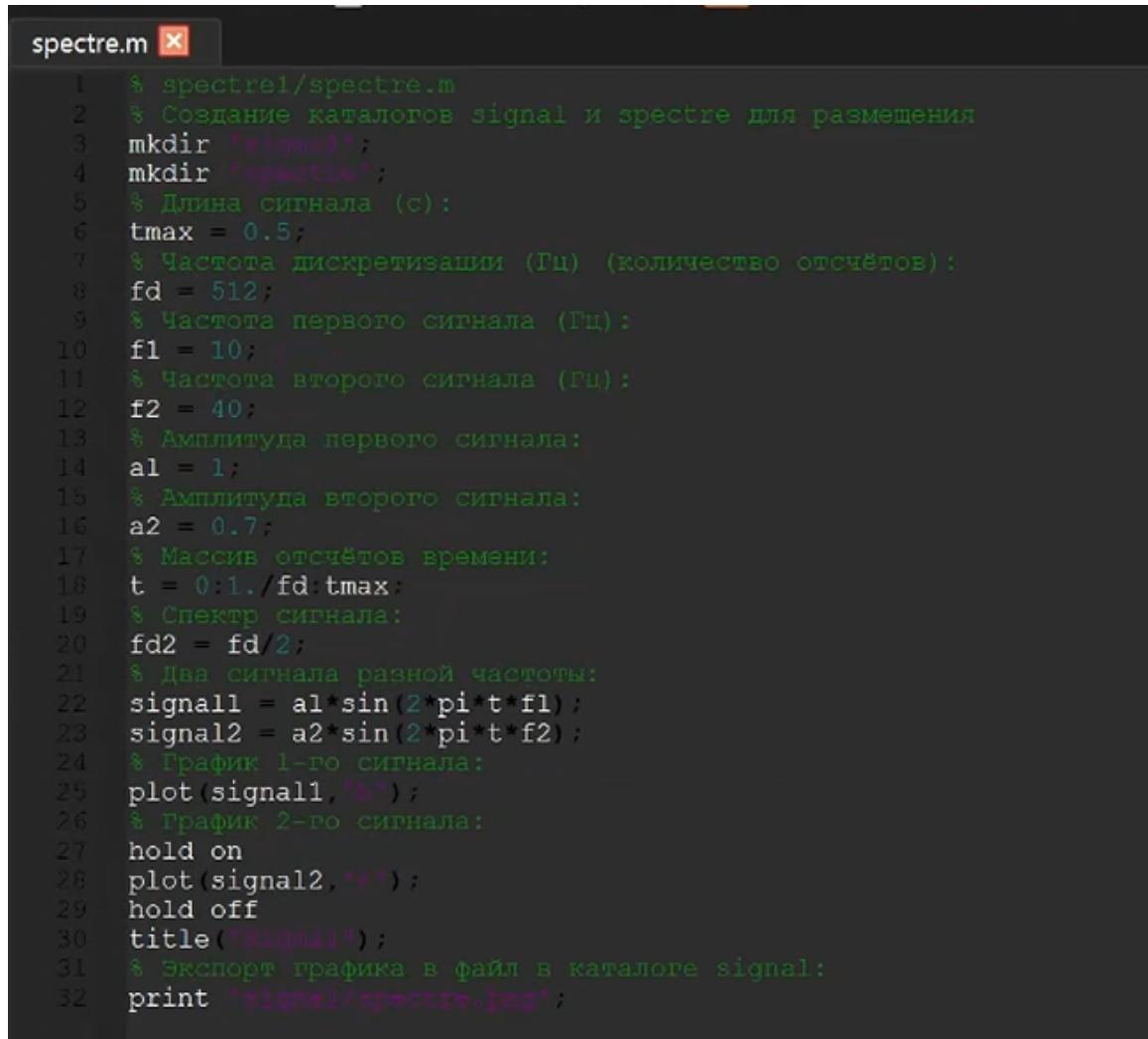
Рисунок 3.6: Графики меандра, построенные через синусный ряд Фурье

3.4 1.3.3. Определение спектра и параметров сигнала

3.4.1 Создание сценария для анализа спектра

В каталоге `spectrel` создан сценарий `spectre.m` для анализа спектров двух синусоидальных сигналов с частотами 10 Гц и 40 Гц. В коде заданы параметры: длина сигнала, частота дискретизации 512 Гц, амплитуды и массивы отсчётов

времени.



```
spectre.m
1 % spectre1/spectre.m
2 % Создание каталогов signal и spectre для размещения
3 mkdir 'signal';
4 mkdir 'spectre';
5 % Длина сигнала (с):
6 tmax = 0.5;
7 % Частота дискретизации (Гц) (количество отсчётов):
8 fd = 512;
9 % Частота первого сигнала (Гц):
10 f1 = 10;
11 % Частота второго сигнала (Гц):
12 f2 = 40;
13 % Амплитуда первого сигнала:
14 a1 = 1;
15 % Амплитуда второго сигнала:
16 a2 = 0.7;
17 % Массив отсчётов времени:
18 t = 0:1./fd:tmax;
19 % Спектр сигнала:
20 fd2 = fd/2;
21 % два сигнала разной частоты:
22 signal1 = a1*sin(2*pi*t*f1);
23 signal2 = a2*sin(2*pi*t*f2);
24 % График 1-го сигнала:
25 plot(signal1,'r');
26 % График 2-го сигнала:
27 hold on
28 plot(signal2,'g');
29 hold off
30 title("Signal");
31 % Экспорт графика в файл в каталоге signal:
32 print 'signal/spectre.pdf';
```

Рисунок 3.7: Код сценария spectre.m для генерации сигналов и анализа спектра

3.4.2 Построение графиков сигналов и их спектров

Построены графики двух исходных синусоидальных сигналов. С помощью функции `fft` (быстрое преобразование Фурье) вычислены и визуализированы их спектры амплитуд. На графиках спектров видны пики на соответствующих частотах 10 Гц и 40 Гц.

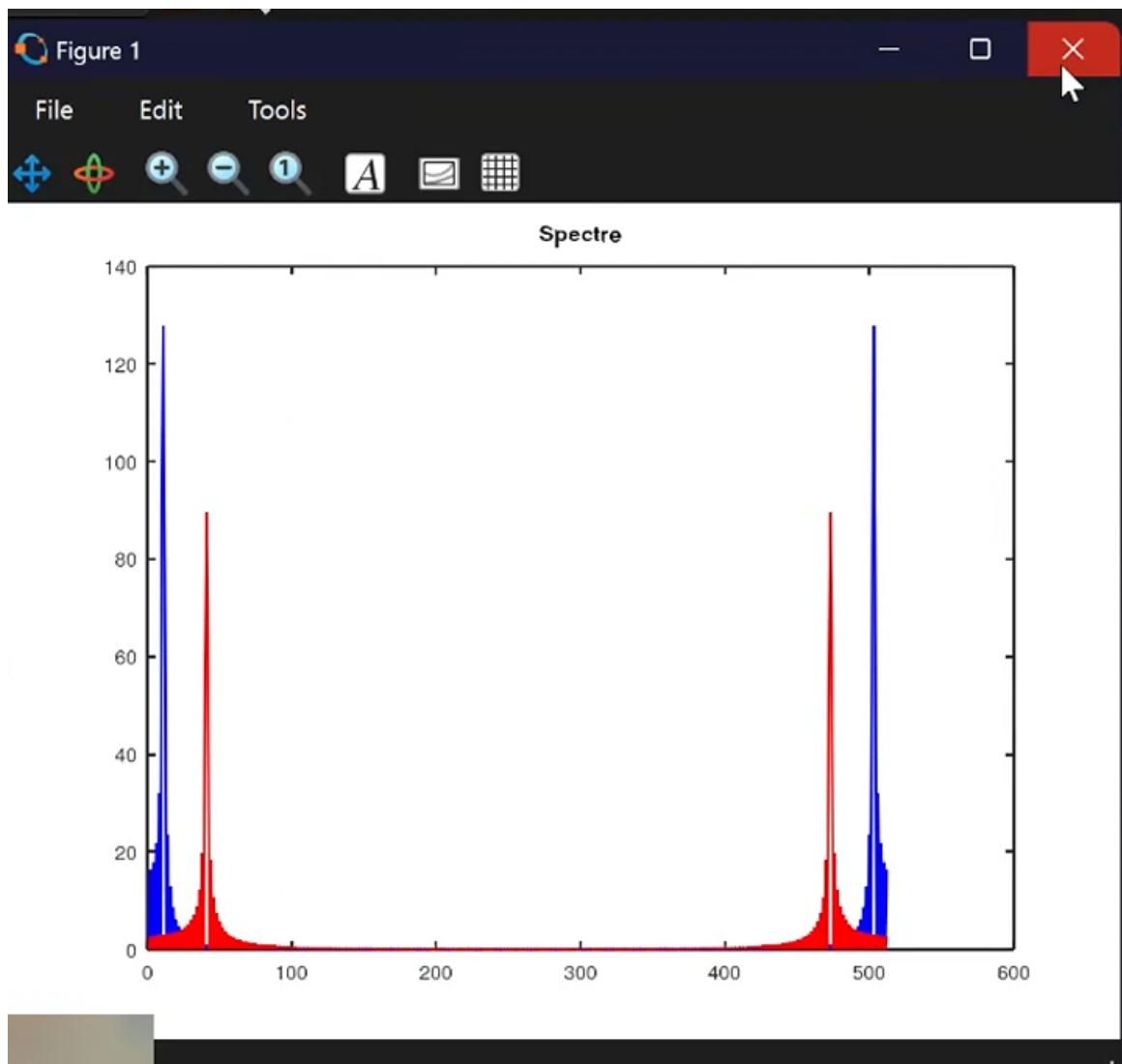


Рисунок 3.8: Графики двух синусоидальных сигналов и их спектров

3.4.3 Коррекция графиков спектра

Выполнена коррекция графиков спектра: отброшены дублирующие отрицательные частоты, проведена нормировка амплитуд и построен исправленный график в диапазоне от 0 до 100 Гц.

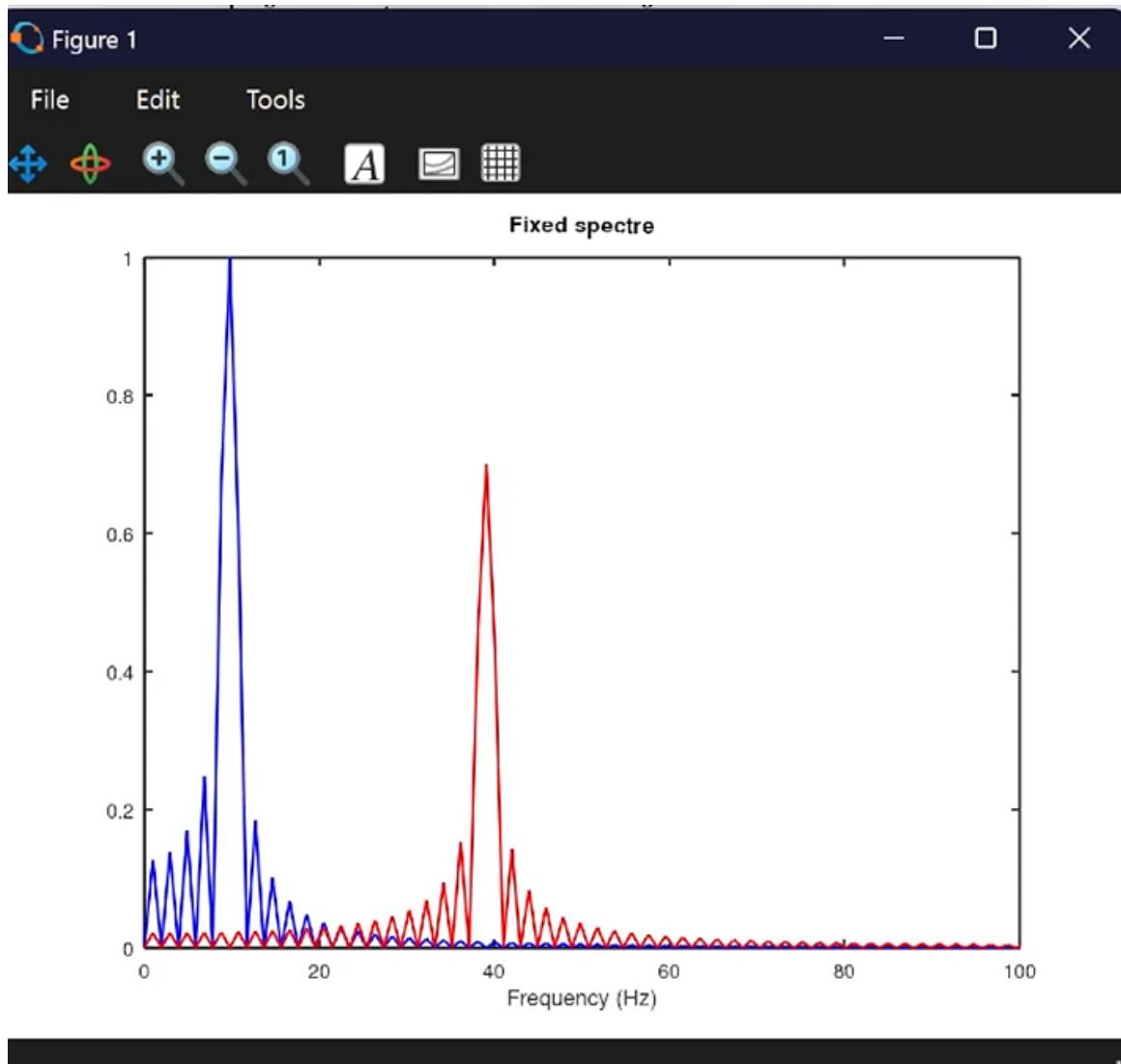


Рисунок 3.9: Исправленные графики спектров сигналов

3.4.4 Анализ спектра суммы сигналов

Создан сценарий `spectre_sum.m` в каталоге `spectr_sum` для анализа спектра суммы двух синусоидальных сигналов. Полученный спектр суммарного сигнала подтвердил свойство линейности преобразования Фурье: спектр суммы равен сумме спектров.

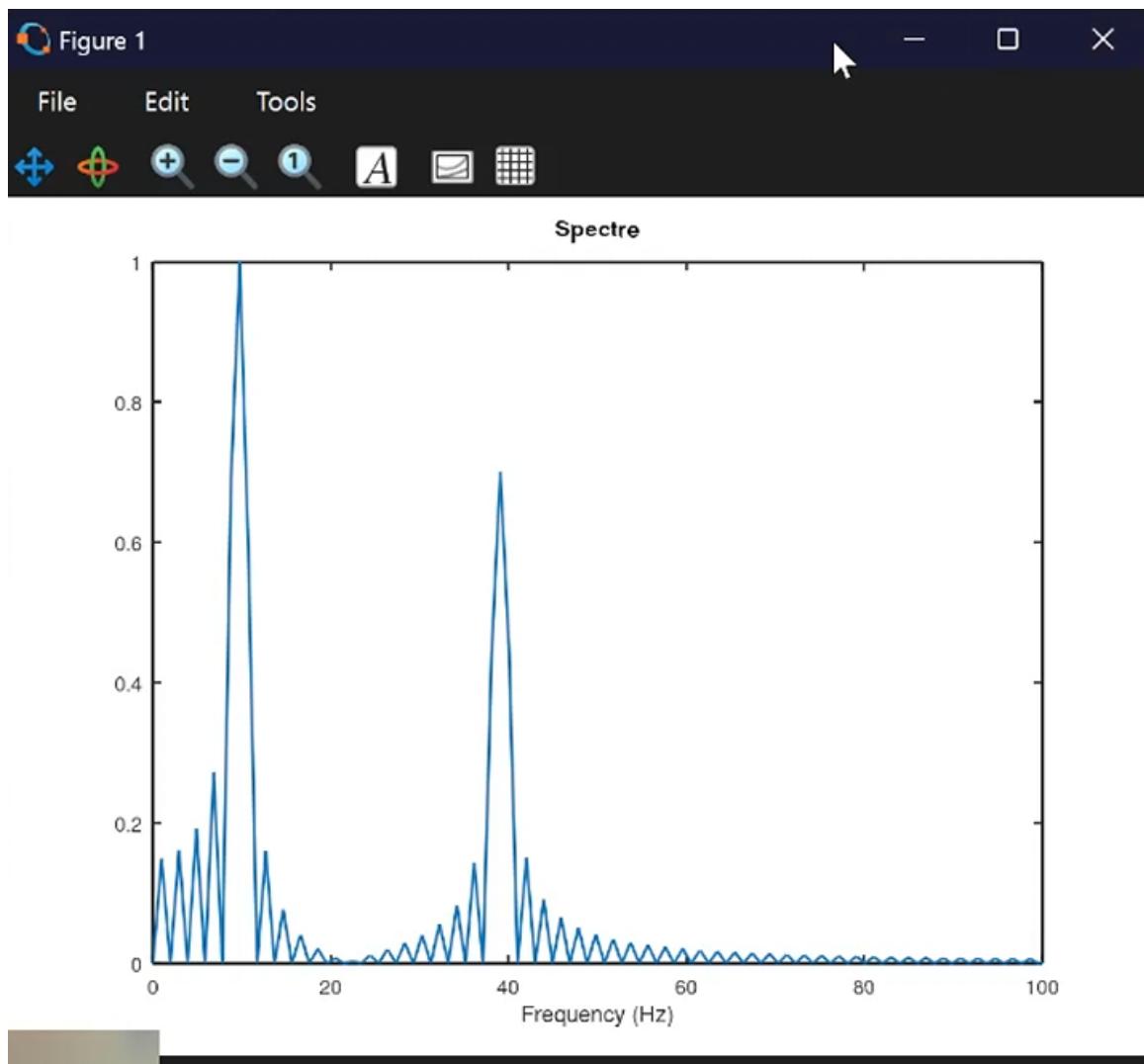


Рисунок 3.10: График суммарного сигнала и его спектр

3.5 1.3.4. Амплитудная модуляция

3.5.1 Реализация амплитудной модуляции

В каталоге `modulation` создан сценарий `am.m` для демонстрации амплитудной модуляции. Реализовано перемножение низкочастотного сигнала (5 Гц) и высокочастотной несущей (50 Гц). На графике отображён модулированный сигнал и его огибающая.

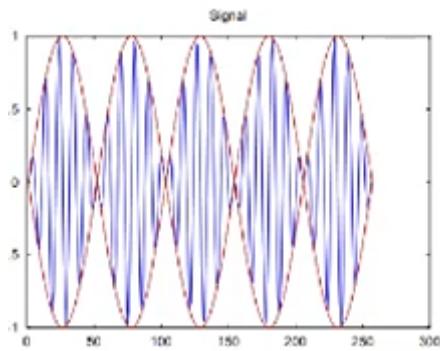


Рисунок 3.11: Сигнал и огибающая при амплитудной модуляции

3.5.2 Анализ спектра модулированного сигнала

Вычислен и построен спектр амплитудно-модулированного сигнала. На спектре наблюдаются характерные боковые полосы вокруг частоты несущей (50 Гц), что соответствует теоретическим ожиданиям для амплитудной модуляции.

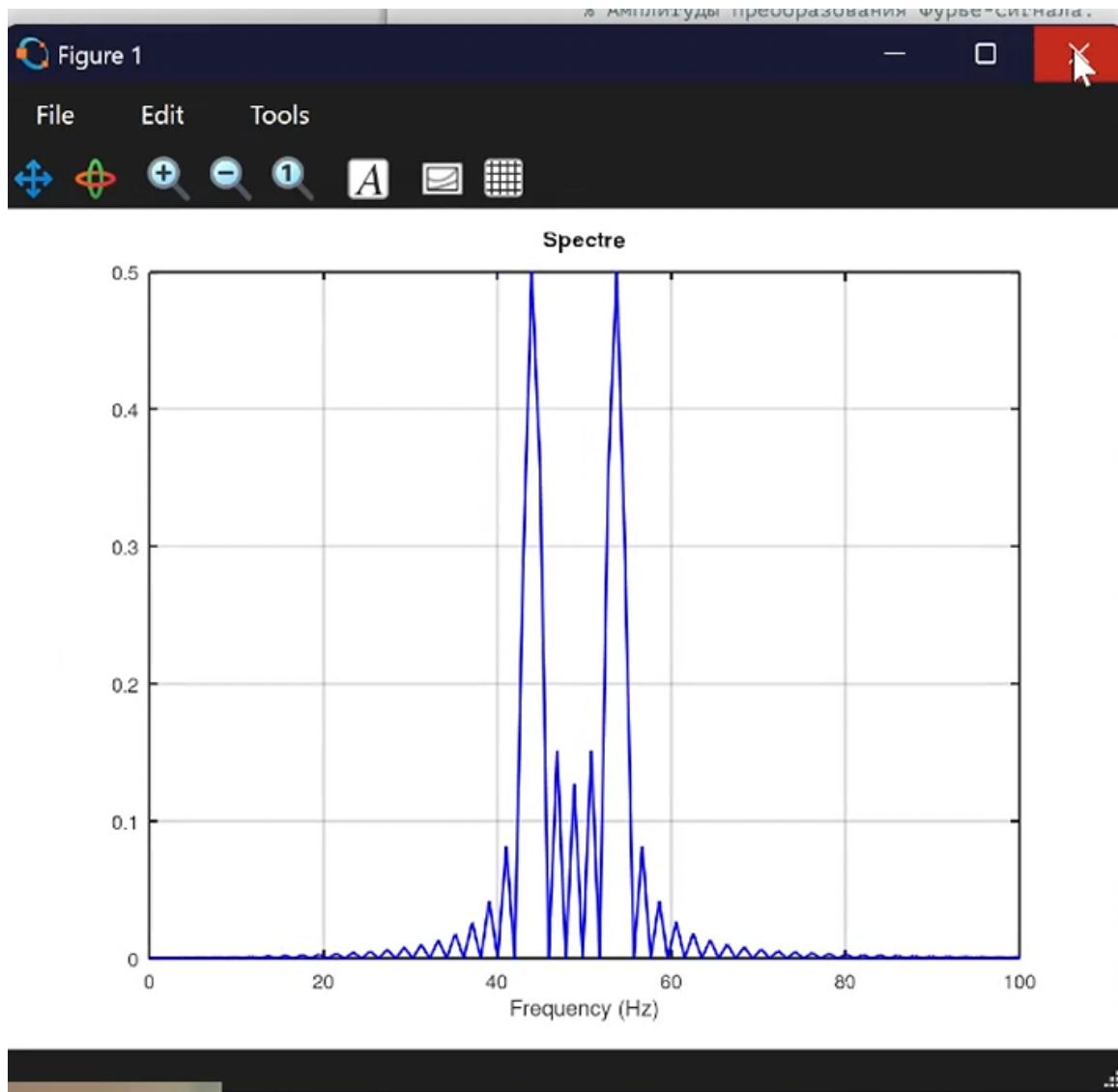


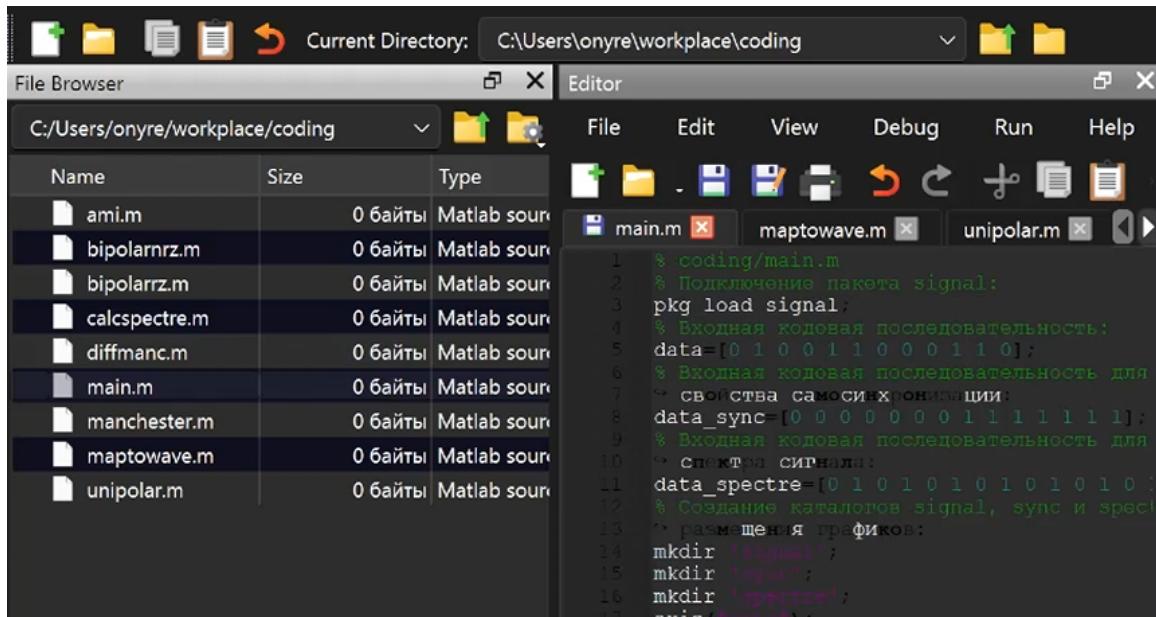
Рисунок 3.12: Спектр сигнала при амплитудной модуляции

3.6 1.3.5. Кодирование сигнала и исследование самосинхронизации

3.6.1 Подготовка среды и создание файлов проекта

Создан каталог `coding` с набором файлов для реализации различных методов кодирования. Проверена и при необходимости установлена библиотека `signal`

для Octave. В файле `main.m` заданы тестовые битовые последовательности.



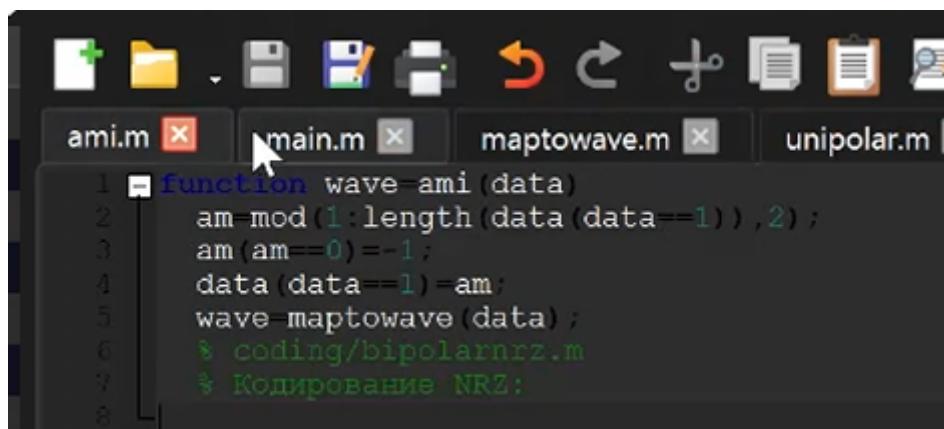
The screenshot shows the Octave IDE interface. The top bar displays the current directory as `C:\Users\onyre\workplace\coding`. The left side is a File Browser showing a list of MATLAB source files: `ami.m`, `bipolarnrz.m`, `bipolarrz.m`, `calcspectre.m`, `diffmanc.m`, `main.m`, `manchester.m`, `maptowave.m`, and `unipolar.m`. The right side is an Editor window containing the `main.m` script. The script includes code for loading the `signal` package, defining data sequences, and creating subfolders for signal, sync, and spectre plots.

```
% coding/main.m
% Подключение пакета signal:
pkg load signal;
% Входная кодовая последовательность:
data=[0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0];
% Входная кодовая последовательность для
% свойства самосинхронизации:
data_sync=[0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1];
% Входная кодовая последовательность для
% слотков сигнала:
data_spectre=[0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0];
% Создание каталогов signal, sync и spectre
% размещения графиков:
mkdir 'signal';
mkdir 'sync';
mkdir 'spectre';
axis('off');
```

Рисунок 3.13: Структура проекта и код главного скрипта `main.m`

3.6.2 Реализация функций кодирования

Разработаны функции для различных методов кодирования: `unipolar` (униполярное), `ami` (AMI), `bipolarnrz` (NRZ), `bipolarrz` (RZ), `manchester` (Манчестерское), `diffmanc` (Дифференциальное манчестерское). Каждая функция преобразует битовую последовательность в соответствующий волновой сигнал.



The screenshot shows the Octave IDE with the `ami.m` script selected in the editor tab bar. The editor displays the following MATLAB code:

```
function wave=ami(data)
am=mod(1:length(data(data==1)),2);
am(am==0)=-1;
data(data==1)=am;
wave=maptowave(data);
% coding/bipolarnrz.m
% Кодирование NRZ:
```

Рисунок 3.14: Пример кода функций кодирования AMI и NRZ

3.6.3 Построение графиков кодированных сигналов

Запущен главный скрипт `main.m`. Получены графики кодированных сигналов для заданной битовой последовательности $[0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0]$. Визуально проанализированы особенности каждого метода кодирования.

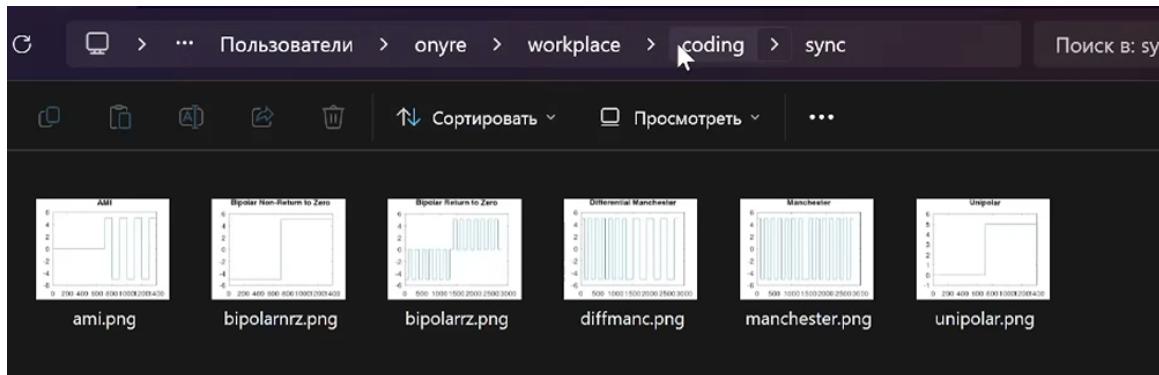


Рисунок 3.15: Графики кодированных сигналов

4 Выводы

- Освоены базовые навыки работы в среде Octave, включая создание скриптов, построение графиков и экспорт результатов.
- Практически исследовано разложение периодического сигнала (меандра) в ряд Фурье, подтверждено формирование сигнала из ограниченного набора гармоник.
- Применено быстрое преобразование Фурье для анализа спектров сигналов, подтверждено свойство линейности преобразования Фурье.
- Исследован процесс амплитудной модуляции, визуализированы модулированный сигнал, его огибающая и спектр.
- Реализованы и проанализированы различные методы цифрового кодирования сигналов (униполярный, AMI, NRZ, RZ, Манчестерский, дифференциальный манчестерский).
- Проверено свойство самосинхронизации для различных кодов, выявлены коды, устойчивые к длинным последовательностям одинаковых битов.
- Проанализированы спектральные характеристики различных методов кодирования, что важно для оценки эффективности использования полосы пропускания канала связи.