

Санкт-Петербургский Государственный Электротехнический
Университет "ЛЭТИ"

кафедра физики

Задание №3 по дисциплине

"Физические основы информационных технологий"

Название: Прохождение сигнала через четырёхполюсник

Фамилия И.О.: Чернякова В.А.

Группа: 1304

Преподаватель: Альтмарк А.М.

Итоговый балл:

Крайний срок сдачи: 22.11.23

Санкт-Петербург

2023

Условие задания.

Сигнал поступает на вход четырехполюсника (контакты 1 и 2), показанного на рис.1. Четырехполюсник состоит из катушек индуктивности (L1 и L2), конденсаторов (C1 и C2) и резисторов (R1, R2, R3 и R4). Сигнал представляет собой суперпозицию гармонических функций:

$$s[t] = \sum_{k=1}^4 Amp_k \cos[\omega_k t].$$

Определить во сколько раз уменьшится амплитуда k -й гармоники на выходе четырехполюсника по сравнению с входным значением. В данном задании сигнал задается в виде массива из N элементов, который нужно взять из текстового файла. Каждый элемент массива соответствует определённому моменту времени t_i . Интервал между соседними моментами времени также дается в задании и обозначается как $\delta t = t_{i+1} - t_i$. В данном задании требуется найти АЧХ передаточной характеристики четырехполюсника, а также применить алгоритм дискретного преобразования Фурье для определения спектрального состава сигнала. Необходимо построить график АЧХ в диапазоне циклических частот ω от 0 до 100 рад/с, а также графики сигнала и его спектра.

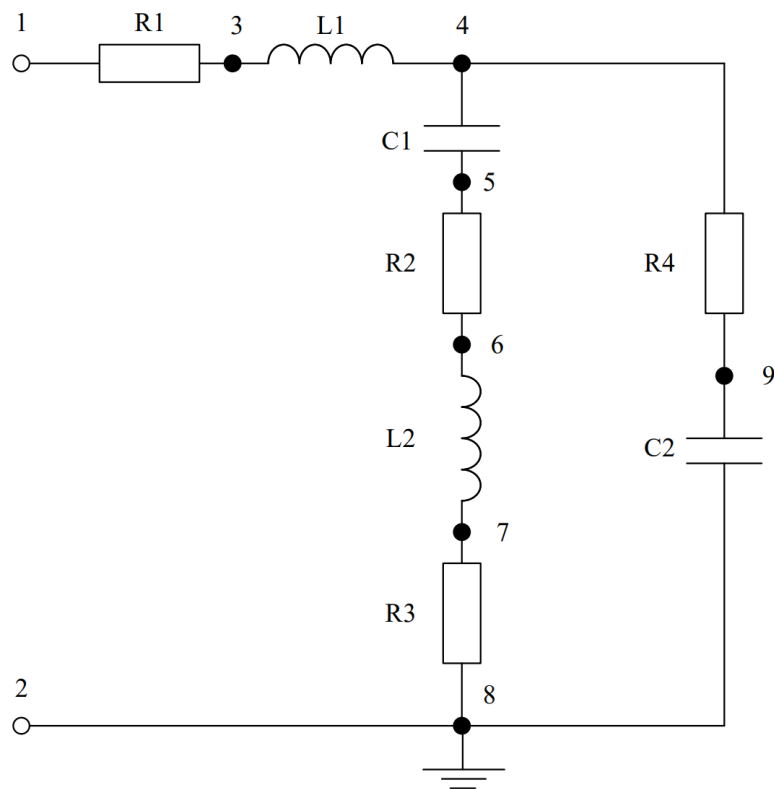


Рисунок 1 – Исследуемый четырехполюсник.

Вариант 18.

Данные.

L1, Гн: 13,5918808040161

L2, Гн: 0,792438656142625

C1, Ф: 0,0000117102061840227

C2, Ф: 0,0000127285942843008

R1, Ом: 104,236702705245

R2, Ом: 33,3716048275039

R3, Ом: 1014,67452335933

R4, Ом: 500,799783087408

Количество отсчетов N (элементов массива): 8192

Время между соседними отсчетами (δt), с: 0,0196349540849362

Контакты выхода: 7 и 8

Номер гармоники: 3

Файл сигнала: 18.txt

Файл с картинкой: 18.jpeg

Основные теоретические положения.

Передаточная функция системы $H = \frac{U_{out}}{U_{in}}$

Она показывает связь между входным и выходным напряжениями.

Для нахождения входного и выходного напряжения нужно знать импеданс Z – комплексное сопротивление для гармонического сигнала:

Резистор	Z_R	R
Конденсатор	Z_C	$\frac{1}{j\omega C}$
Катушка индуктивности	Z_L	$j\omega L$

АЧХ передаточной функции получается как $|H(j\omega)|$, и показывает изменение амплитуды сигнала в зависимости от его частоты.

Преобразование Фурье – операция, сопоставляющая для функции вещественной переменной другую функцию, описывающую коэффициенты ее разложения на элементарные гармонические колебания с разными частотами.

Для построения спектра сигнала, заданного списком значений, используется дискретное преобразование Фурье:

$$F_i = \sum_{k=1}^N S_k \exp(-j \frac{2\pi}{N} i n)$$

Абсолютное значение $|F|$ и будет АЧХ спектра сигнала. В нем, как следует из названия, есть шкалы амплитуды и частоты. АЧХ спектра гармонического колебания будет представлена одной чертой, а ω - координата будет соответствовать ее частоте в исходном сигнале.

Выполнение работы.

Были объявлены переменные, в которых хранятся данные, соответствующие варианту задания.

$$Z1[\omega] = R4 + \frac{1}{I\omega C2};$$

Вычисление импеданса первой ветви параллельного соединения.

$$Z2[\omega] = \frac{1}{I\omega C1} + R2 + I\omega L2 + R3;$$

Вычисление импеданса второй ветви параллельного соединения.

$$Zparallel[\omega] = 1 / (\frac{1}{Z1[\omega]} + \frac{1}{Z2[\omega]});$$

Вычисление общего импеданса для параллельного соединения двух ветвей, указанных выше.

$$I1[\omega] = \frac{Uin}{R1 + I\omega L1 + Zparallel[\omega]};$$

Вычисление общей силы тока в цепи.

$$Uparallel[\omega] = I1[\omega] Zparallel[\omega];$$

Вычисление падения напряжения на участке 4-8.

$$Ipar2[\omega] = \frac{Uparallel[\omega]}{Z2[\omega]};$$

Сила тока на участке цепи 4-8.

$$Uout[\omega] = Ipar2[\omega] * R3;$$

Выходное напряжение на участке 7-8.

$$\text{signalFourier} = \text{Fourier}[\text{signal}];$$

Преобразование Фурье для входного сигнала.

`outN = Length@signalFourier;`

Переменная `outN`, которая содержит количество элементов в полученном массиве `signalFourier`.

`df = 1/t;`

Вычисление частоты.

`FourierAbs = Table[{2πdf(i - 1), Abs@signalFourier[[i]]}, {i, 1, outN/5}];`

Создается новый массив `FourierAbs` с использованием функции `Table`. В каждом элементе массива хранится пара значений в виде списка: первый элемент - угловая частота (вычисленная как $2\pi df(i - 1)$), второй элемент - амплитуда сигнала после преобразования Фурье (вычисленная как `Abs@signalFourier[[i]]`).

`Abs@H[30]`

Изменение амплитуды 3 гармоник.

Разработанный программный код смотри в приложении А.

Тестирование.

На рисунках 2 – 5 представлены результат работы программы.

0.4454011632

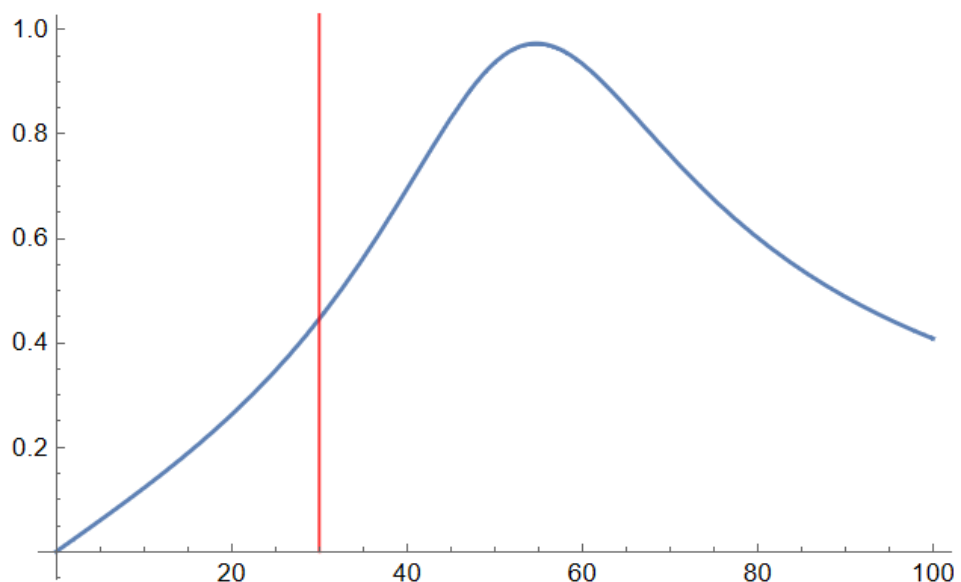


Рисунок 2 – значение изменения гармоник.

На рисунке 3 представлена АЧХ передаточной характеристики четырёхполюсника.

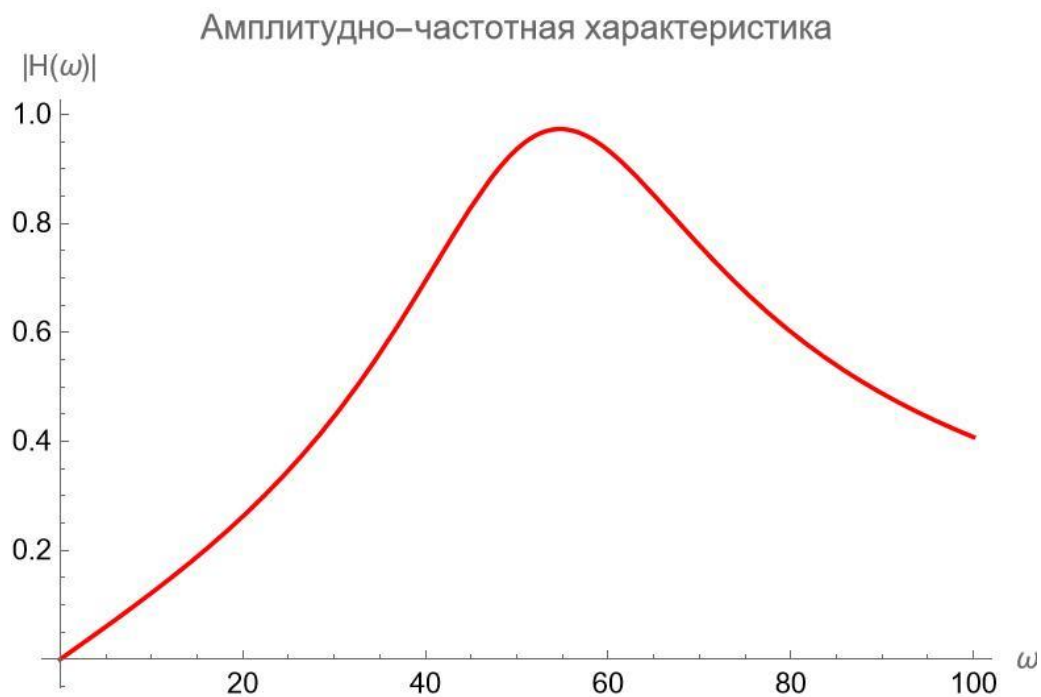


Рисунок 3 – АЧХ передаточной характеристики четырёхполюсника.

На рисунке 4 представлен график сигнала.

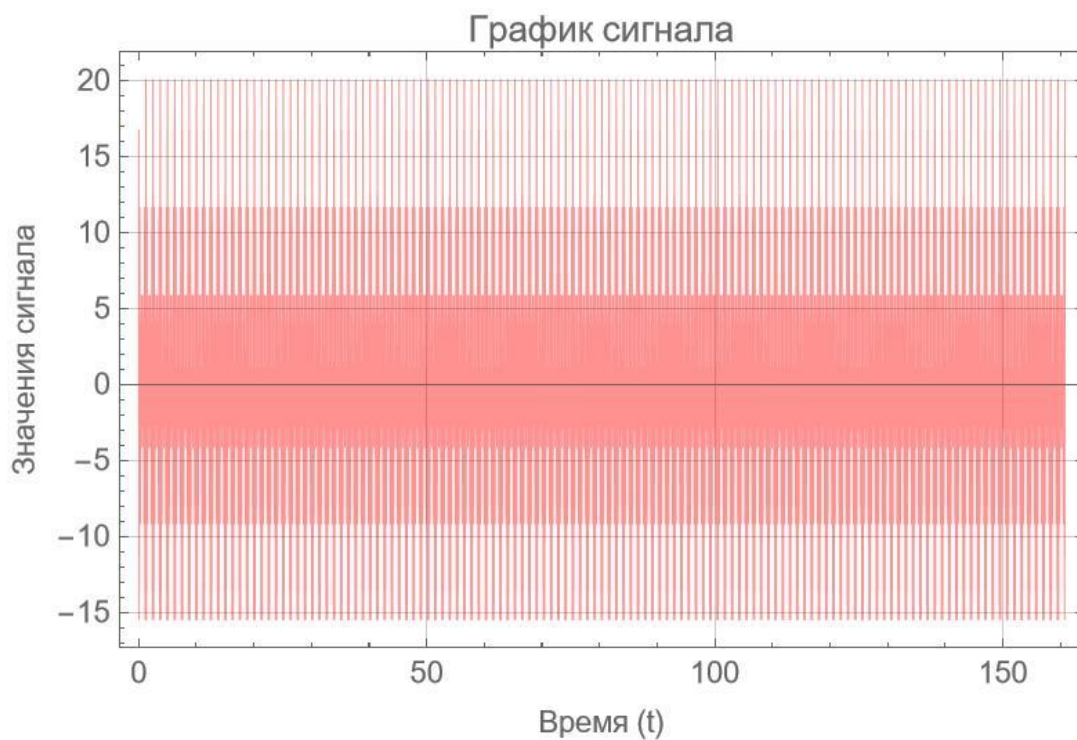


Рисунок 4 – график сигнала.

На рисунке 5 представлен график спектра.

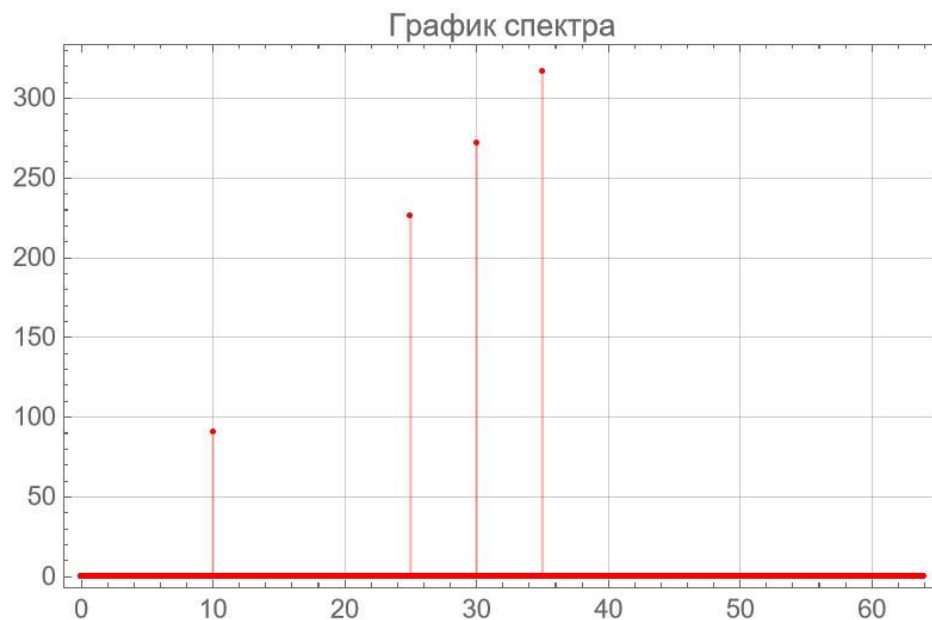


Рисунок 5 – график спектра.

Выводы.

В ходе лабораторной работы написана программа, которая вычисляет изменение амплитуды 3 гармоник, а также строит графики: АЧХ в диапазоне циклической частоты от 0 до 100 рад/с, сигнала и его спектра.

ПРИЛОЖЕНИЕ А.

ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ

Файл: IDZ3.nb

```
L1 = SetPrecision[13.5918808040161, 13];
L2 = SetPrecision[0.792438656142625, 13];
C1 = SetPrecision[1.17102061840227 ^-5, 13];
C2 = SetPrecision[1.27285942843008 ^-5, 13];
R1 = SetPrecision[104.236702705245, 13];
R2 = SetPrecision[33.3716048275039, 13];
R3 = SetPrecision[1014.67452335933, 13];
R4 = SetPrecision[500.799783087408, 13];
n = 8192;
\[Delta]t = SetPrecision[0.0196349540849362, 13];
t = \[Delta]t n;
Z1[\[Omega]_] = R4 + 1/(I \[Omega] C2);
Z2[\[Omega]_] = 1/(I \[Omega] C1) + R2 + I \[Omega] L2 + R3;
Zparallel[\[Omega]_] = 1/(1/Z1[\[Omega]] + 1/Z2[\[Omega]]);
I1[\[Omega]_] = Uin/(R1 + I \[Omega] L1 + Zparallel[\[Omega]]);
Uparallel[\[Omega]_] = I1[\[Omega]] Zparallel[\[Omega]];
Ipar2[\[Omega]_] = Uparallel[\[Omega]]/Z2[\[Omega]];
Uout[\[Omega]_] = Ipar2[\[Omega]]*R3;
H[\[Omega]_] = Uout[\[Omega]]/Uin;
AFCh = Plot[Abs@H[\[Omega]], {\[Omega], 0, 100},
  AxesLabel -> {"\[Omega]", "|H(\[Omega])|"},
  PlotLabel -> "Амплитудно-частотная характеристика",
  PlotStyle -> {Red}]
signal =
  Flatten[Import[
"C:\Users\22153\Documents\ЛЭТИ\ФОИТ\IDZ3\Сигналы\2.txt",
  "Table"]];
signalTable = Table[{(i - 1) \[Delta]t, signal[[i]]}, {i, 1, n}];
headers = {"t", "U(t)"};
table = Grid[Prepend[signalTable, headers], Frame -> All,
  Alignment -> Center,
  Background -> {{LightRed, None}, {LightGreen, None}}];
table;
ListLinePlot[signalTable,
  FrameLabel -> {"Время (t)", "Значения сигнала"},

```



```

    PlotLabel -> "График сигнала", Frame -> True, GridLines ->
Automatic,
    PlotStyle -> {Red, Thin}]
signalFourier = Fourier[signal];
outN = Length@signalFourier;
df = 1 / t;
FourierAbs =
    Table[{2 \[Pi] df (i - 1), Abs@signalFourier [[i]]}, {i, 1,
outN/5}];
ListPlot[FourierAbs, Filling -> Axis, PlotRange -> Full,
    PlotLabel -> "График спектра", Frame -> True, GridLines ->
Automatic,
    PlotStyle -> {Red, Thin}]
Abs@H[30]
Show[Plot[Abs@H[\[Omega]], {\[Omega], 0, 100}],
    ListPlot[{{30, 3}}, Filling -> Axis, PlotStyle -> {Red}]]

```