

кафедра физики

Задание №3 по дисциплине

"Физические основы информационных технологий"

Название: Прохождение сигнала через четырёхполюсник

Фамилия И.О.:

Чубан Д.В.

группа:

1303

Преподаватель:

Альтмарк А.М.

Итоговый балл:

Крайний срок сдачи:

22.11.23

### Условие задания 3

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  $\omega$  от 0 до 100 рад/с, а также графики сигнала и его спектра.

Параметры четырехполюсника, номер гармоники, номера выходных контактов четырехполюсника, массивы со входным сигналом можно найти в файле “FOIT\_IDZ3.xlsx”.

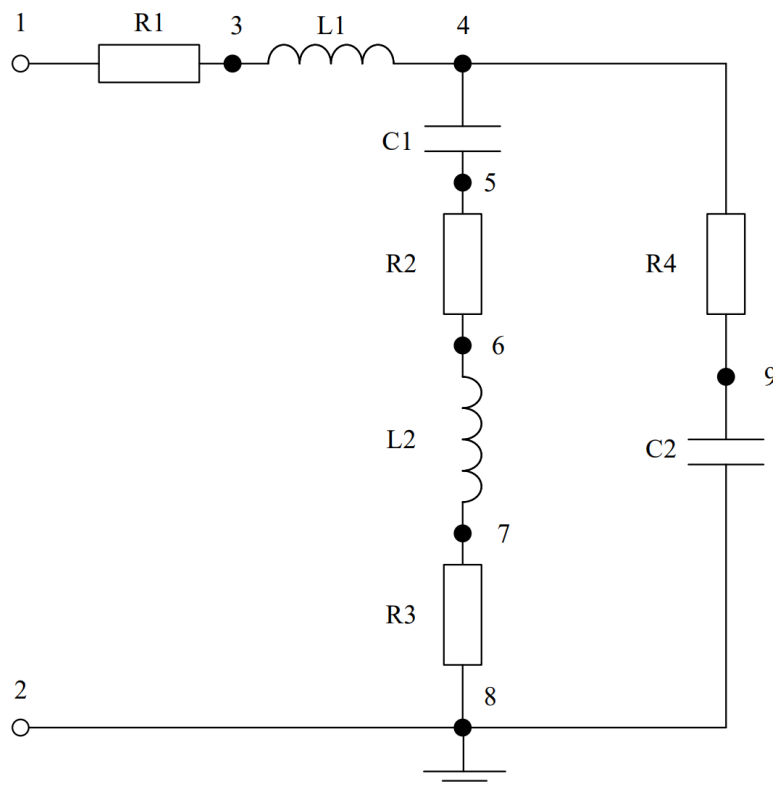


Рисунок 1. Исследуемый четырехполюсник

Отношение амплитуды  $k$ -й гармоники на выходе к амплитуде  $k$ -й гармонике на входе ( $Amp_k^{вых} / Amp_k^{вх}$ ) нужно вычислить и записать в файл IDZ3.txt в папке IDZ3. Помимо текстового файла IDZ3.txt в папке IDZ3 должен находиться Word-файл с отчетом, а также файл с кодом (Python, Mathcad, Mathematica). Для лучшего понимания отчетности смотрите папку “Пример организации яндекс-папки студентов”.

Пример содержания файла IDZ3.txt:

4.53258

### Исходные данные:

Вариант 21

L1, Гн	13.2111694517397
L2, Гн	0.524511360054314
C1, Ф	0.0000102992617837037
C2, Ф	0.0000143453621996884
R1, Ом	100.793558967849
R2, Ом	35.96448954979
R3, Ом	1054.70791442856
R4, Ом	538.353431816832
Количество отсчетов N	8192
Время между соседними отсчетами ( $\delta t$ ), с	0.0196349540849362
Контакты выхода	4 и 9
Номер гармоники	1

### Теоретические положения

Передающая 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:

$$F_i = \sum_{k=1}^N S \exp(-j \frac{2\pi}{N} in)$$

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  $\omega$  - координата будет соответствовать ее частоте в исходном сигнале.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**ПРОГРАММА MAIN.NB**

```
L1 = SetPrecision[13.2111694517397, 15];
L2 = SetPrecision[0.524511360054314, 15];
C1 = SetPrecision[0.0000102992617837037, 15];
C2 = SetPrecision[0.0000143453621996884, 13];
R1 = SetPrecision[100.793558967849, 15];
R2 = SetPrecision[35.96448954979, 15];
R3 = SetPrecision[1054.70791442856, 14];
R4 = SetPrecision[538.353431816832, 15];
dt = SetPrecision[0.0196349540849362, 15];
N1 = 8192;
t = dt*N1;

(*передаточная функция и ее АЧХ*)
Z1[w_] = R4 + 1/(I w C2);
Z2[w_] = 1/(I w C1) + R2 + I w L2 + R3;
Zparallel[w_] = 1/(1/Z1[w] + 1/Z2[w]);
I1[w_] = Uin/(R1 + I w L1 + Zparallel[w]);
Upar[w_] = I1[w]*Zparallel[w];
Ipar1[w_] = Upar[w]/Z1[w];
Uout[w_] = Ipar1[w]*R4;
H[w_] = Uout[w]/Uin;
Plot[Abs@H[w], {w, 0, 100}]

(*сигнал*)
signal = ReadList["C:\\Users\\metro\\Downloads\\16.txt"];
ForPlot = Table[{(i - 1)*dt, signal[[i]]}, {i, 1, N1}];
ListPlot[ForPlot, Filling -> Axis, PlotRange -> Full]

(*спектр*)
Fsig = Fourier[signal];
outN = Length@Fsig;
df = 1/t;
FourAbs = Table[{2 \[Pi] df (i - 1), Abs@Fsig[[i]]}, {i, 1, outN/5}];
ListPlot[FourAbs, Filling -> Axis, PlotRange -> Full]

(*коэффициент усиления первой гармоники*)
Abs@H[10]
Show[Plot[Abs@H[w], {w, 0, 100}],
ListPlot[{{40, 3}}, Filling -> Axis]]
```