

Санкт-Петербургский Государственный Электротехнический
Университет "ЛЭТИ"

кафедра физики

Задание №3 по дисциплине

"Физические основы информационных технологий"

Название: Прохождение сигнала через четырёхполюсник

Фамилия И.О.:

Бутыло Е. А.

группа:

1303

Преподаватель:

Альтмарк А. М.

Итоговый балл:

Крайний срок сдачи:

21.11.23

Санкт-Петербург 2023

Условие задания

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

$$s[t] = \sum_{k=1}^4 \text{Amp}_k \cos[\omega_k t]$$

Определить во сколько раз уменьшится амплитуда k -й гармоники на выходе четырёхполюсника 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 четырёхполюсника, 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.

Параметры четырёхполюсника, номер гармоники, номера выходных контактов четырёхполюсника, массивы со входным сигналом можно найти в файле “FOIT_IDZ3.xlsx”.

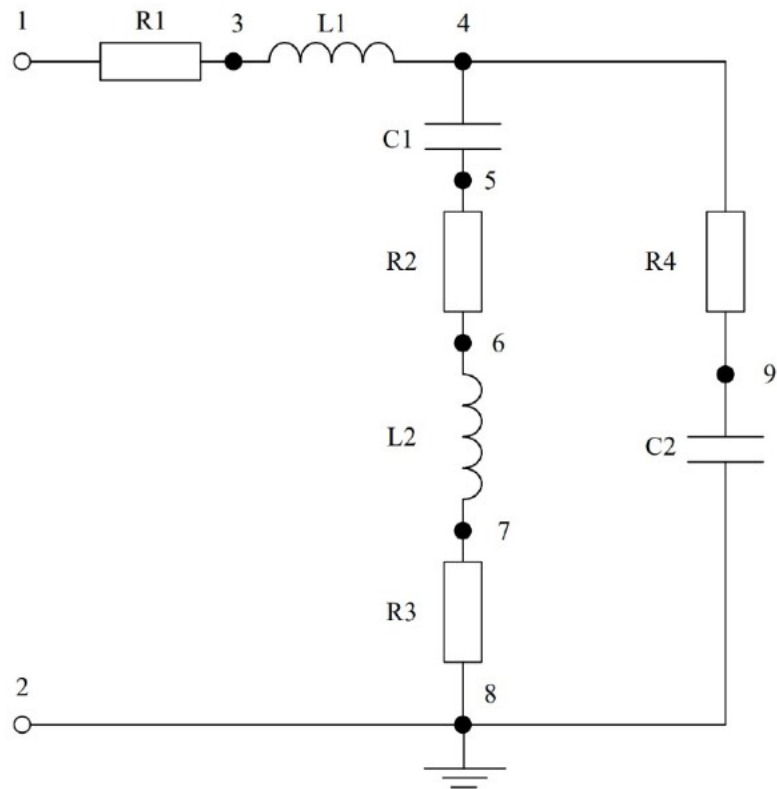


Рисунок 1. Исследуемый четырехполюсник

Таблица с исходными данными

Вар	L1, Гн	L2, Гн	C1, Ф	C2, Ф	R1, Ом	R2, Ом	R3, Ом	R4, Ом
3	12.837 021248 7241	0.698772 6493624 23	1.175862 2499002 2E-05	1.4376638 4201593E- 05	111.40914 6402624	37.19641 10318062	1050.36613 674762	538.488361 371006

Количество отсчетов N (элементов массива): 8192

Время между соседними отсчетами (δt), с: 0.0196349540849362

Контакты выхода: 7 и 8

Номер гармоники: 4

Файл сигнала: 3.txt

Теоретические сведения

Четырехполусником называется часть электрической цепи или схемы, содержащая два входных вывода (полюса) для подключения источника энергии и два выходных вывода для подключения нагрузки. К четырехполусникам можно отнести различные по назначению технические устройства: двухпроводную линию, двухобмоточный трансформатор, фильтры частот, усилители сигналов и др.

При анализе электрических цепей очень часто бывает удобным выделить фрагмент цепи, имеющий две пары зажимов. Поскольку электрические (электронные) цепи очень часто связаны с передачей энергии или обработкой и преобразованием информации, одну пару зажимов обычно называют «входными», а вторую — «выходными». На входные зажимы подаётся исходный сигнал, с выходных снимается преобразованный.

Таковыми четырёхполусниками являются, например, трансформаторы, усилители, фильтры, стабилизаторы напряжения, телефонные линии, линии электропередачи и т. д. Однако математическая теория четырёхполусников не предполагает никаких predetermined потоков энергии/информации в цепях, поэтому названия «входные» и «выходные» являются данью традиции и с этой оговоркой будут использоваться далее.

Состояния входных и выходных зажимов определяются четырьмя параметрами: напряжением и током во входной (U_1, I_1) и выходной (U_2, I_2) цепях. В этой системе параметров линейный четырёхполусник описывается системой из двух линейных уравнений, причём два из четырёх параметров состояния являются исходными, а два других — определяемыми. Для нелинейных четырёхполусников зависимость может носить более сложный характер.

Различают четырехполусники линейные и нелинейные. Линейные четырехполусники отличаются от нелинейных тем, что не содержат нелинейных элементов (НЭ) и поэтому характеризуются линейной зависимостью напряжения и тока на выходных зажимах от напряжения и тока на входных зажимах. Примерами линейных четырехполусников являются электрический фильтр, линия связи, трансформатор без сердечника;

примерами нелинейных - преобразователь частоты (содержащий диоды) в радиоприемнике, выпрямитель переменного тока, трансформатор со стальным сердечником (при работе с насыщением стали). Усилитель, содержащий НЭ (например, триоды), может являться как линейным, так и нелинейным четырехполюсником в зависимости от режима его работы (на линейном или нелинейном участке характеристик триодов).

Четырехполюсники бывают пассивными и активными. Пассивные схемы не содержат источников электрической энергии, активные - содержат. Последние могут содержать зависимые и независимые источники. Примером активного четырехполюсника с зависимыми источниками может служить любой усилитель; примером пассивного - LC- фильтр.

Четырехполюсники делятся на симметричные и несимметричные. В симметричном четырехполюснике перемена местами входных и выходных зажимов не изменяет напряжений и токов в цепи, с которой он соединен. Четырехполюсники, кроме электрической симметрии, могут иметь структурную симметрию, определяемую относительно вертикальной оси симметрии. Так, тобразный, побразный и тперекрытый четырехполюсники (рис. 12.2) имеют вертикальную ось симметрии при $Z_1 = Z_3$. Мостовая схема структурно симметрична. Очевидно, четырехполюсники, симметричные в структурном отношении, обладают электрической симметрией. Четырехполюсники могут быть уравновешенными и неуравновешенными.

Уравновешенные четырехполюсники имеют горизонтальную ось симметрии (например, мостовая схема на рис. 12.2, а) и используются, когда необходимо сделать зажимы симметричными относительно какойлибо точки (например, земли). Можно сделать уравновешенной любую из лестничных схем четырехполюсников. Четырехполюсники также делятся на обратимые и необратимые. Обратимые четырехполюсники позволяют передавать энергию в обоих направлениях; для них справедлива теорема обратимости или взаимности, в соответствии с которой отношение напряжения на входе к току на выходе не меняется при перемене местами зажимов.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ПРОГРАММА IDZ3.nb

```
count = 8192;
\[Delta]t = SetPrecision[0.0196349540849362, 15];

InputList = SetAccuracy[#, 15] & /@
ReadList["C:\\Users\\egorb\\workspace\\study\\3
курс\\ФОИТ\\ИЗД3\\3.txt", Real]
InputPlot = ListPlot[Table[{ \[Delta]t*(i - 1), InputList[[i]]}, {i,
64}], Filling -> Axis, ImageSize->Large, PlotLabel->"Signal period"]
FullSignal = ListPlot[Table[{ \[Delta]t*(i - 1), InputList[[i]]}, {i,
count}], Filling -> Axis, PlotLabel->"Signal", ImageSize->Medium]

tIN = \[Delta]t * count;
df = 1 / tIN;

fI[i_] := i * df;
\[Omega]I[i_] := 2\[Pi](fI[i]);

\[Omega]ToI = Floor[count / \[Pi]];

FI = Fourier[InputList];
Spectrum = Table[{\[Omega]I[i - 1], Abs@FI[[i]]}, {i, -\[Omega]ToI,
\[Omega]ToI}];
neededValues = Select[Spectrum, #[[2]] > 1 &]
ListPlot[Spectrum, Filling -> Axis, PlotLabel->"Spectrum", ImageSize-
>Large, Ticks->{{-100, -50, -40, -30, -20, -10, 0, 10, 20, 30, 40, 50,
100}, Automatic}]

L1 = SetPrecision[12.8370212487241, 15];
L2 = SetPrecision[0.698772649362423, 15];
C1 = SetPrecision[1.17586224990022 * 10^(-5), 15];
C2 = SetPrecision[1.43766384201593 * 10^(-5), 15];
R1 = SetPrecision[111.409146402624, 15];
R2 = SetPrecision[37.1964110318062, 15];
R3 = SetPrecision[1050.36613674762, 15];
R4 = SetPrecision[538.488361371006, 15];

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]]);
Upar[\[Omega]_] = I1[\[Omega]] * Zparallel[\[Omega]];
Ipar2[\[Omega]_] = Upar[\[Omega]]/Z2[\[Omega]];
Uout[\[Omega]_] = Ipar2[\[Omega]] * R3;
H[\[Omega]_] = Uout[\[Omega]]/Uin;

harmonicNumber = 4;
```

```
\[Omega]Max = 100;
```

```
Plot[Abs @ H\[Omega]], {\[Omega], 0, \[Omega]Max}, PlotLabel->"ACH"]
```

```
Show[
```

```
    Plot[Abs @ H\[Omega]], {\[Omega], 0, \[Omega]Max},
```

```
    ListPlot[{neededValues[[2 * harmonicNumber]]}, Filling->Axis],
```

```
PlotLabel->"ACH + Harmonic"
```

```
]
```

```
Abs @ H[neededValues[[2 * harmonicNumber]][[1]]]
```