

18.3. Задание на лабораторную работу

Задание на лабораторную работу заключается в моделировании системы цифровой фильтрации и методов непараметрического и параметрического спектрального анализа в GUI SPTool и включает в себя следующие пункты:

1. Импорт и анализ сигнала в GUI SPTool.

В окне **Command Window** выполнить моделирование дискретного сигнала — конечной последовательности $x(n)$ (идентификатор x) длины N :

$$x(n) = A_1 \cos\left(\frac{2\pi f_1 n}{f_d}\right) + A_2 \cos\left(\frac{2\pi f_2 n}{f_d}\right) = A_1 \cos(\omega_1 n) + A_2 \cos(\omega_2 n). \quad (18.1)$$

В окне **Command Window** ввести следующие строки, подставляя вместо многоточия значения переменных:

```
Nb = ...;
N = 512;
Fs = ...;
A1 = ...;  A2 = ...;
f1 = ...;  f2 = ...;
w1 = 2*pi*f1/Fs;  w2 = 2*pi*f2/Fs;      % НОРМИРОВАННЫЕ ЧАСТОТЫ
n = 0:(N-1);      % ДИСКРЕТНОЕ НОРМИРОВАННОЕ ВРЕМЯ
x = A1*cos(w1*n)+A2*cos(w2*n);        % ДИСКРЕТНЫЙ СИГНАЛ
```

Импортировать сигнал x из Workspace в SPTool и сохранить в группе **Signal** с именем sig1 по умолчанию (см. разд. 18.1.2).

Проанализировать вид сигнала sig1 в окне **Signal Browser**.

Пояснить:

- чему равна длительность сигнала sig1 — сравнить вычисленное значение со значением на графике;
- чему равны наибольшее и наименьшее значения сигнала.

2. Расчет СПМ гармонического сигнала методом периодограмм.

Рассчитать СПМ сигнала sig1 методом периодограмм. Задать параметр настройки **Nfft** равным длине сигнала sig1 и вывести его СПМ (Вт/Гц) на периоде (см. разд. 18.1.4).

Сохранить СПМ сигнала sig1 в группе **Spectra** с именем spect1 (по умолчанию).

Проанализировать СПМ spect1 в окне **Spectrum Viewer** с помощью кнопок на панели инструментов.

Пояснить:

- чему равны период и основная полоса частот СПМ в шкале частот в герцах;

- чему равны частоты гармоник в герцах и в шкале дискретных нормированных частот; проверить соответствие по формуле (9.3):

$$f = k f_d / N ; \quad (9.3)$$

- чему равны значения СПМ (Вт/Гц) и СПМ (дБ/Гц) на частотах гармоник; проверить соответствие по формуле (16.4):

$$\hat{S}(f) \text{ (дБ/Гц)} = 10 \lg \hat{S}(f) \quad (16.4)$$

3. Импорт входного сигнала (воздействия) системы цифровой фильтрации в GUI SPTool.

В окне **Command Window** выполнить моделирование входного сигнала — нормального белого шума $e(n)$ (идентификатор e) длины N_1 с нулевым средним и единичной дисперсией:

```
N1 = ...; % ДЛИНА ВОЗДЕЙСТВИЯ
e = randn(1, N1); % НОРМАЛЬНЫЙ БЕЛЫЙ ШУМ
```

Импортировать сигнал e из **Workspace** в **SPTool**, задавая частоту дискретизации f_d , и сохранить в группе **Signal** с именем **sig2** (по умолчанию).

Проанализировать сигнал **sig2** в окне **Signal Browser**.

Пояснить:

- чему равна оценка среднего значения шума заданной длины (рассчитать с помощью функции `mean`);
- как с помощью горизонтального маркера **Marker 1** зафиксировать оценку среднего значения шума на графике сигнала **sig2**.

4. Синтез цифрового фильтра.

Синтезировать БИХ-фильтр ФНЧ Баттерворта по требованиям к характеристике затухания АЧХ (дБ): граничные частоты ПЗ f_k и ПП f_λ , минимально допустимое затухание в ПЗ a_{\min} и максимально допустимое затухание в ПП a_{\max} .

Сохранить синтезированный фильтр в группе **Filters** с именем **filt2** (для соответствия с именем входного сигнала **sig2**).

Проанализировать характеристики синтезированного фильтра.

Пояснить:

- чему равен порядок БИХ-фильтра;
- какая структура БИХ-фильтра выбрана по умолчанию.

5. Моделирование системы цифровой фильтрации.

Вычислить выходной сигнал (реакцию) БИХ-фильтра с именем **filt2** на воздействие в виде нормального белого шума — сигнала с именем **sig2**.

Сохранить реакцию в группе **Signals** с именем sig3.

Вывести и проанализировать графики воздействия sig2 и реакции sig3, выделяя их в окне **Signal Browser** разными цветами.

Пояснить:

- какой из сигналов, sig2 или sig3, имеет ббольшую дисперсию визуально; подтвердить вычислением в окне **Command Window**, предварительно экспортируя сигнал sig3 в Workspace (см. разд. 18.1.5):

$V1 = \text{var}(e)$

$V2 = \text{var}(\text{sig3.data}) =$

где data — поле массива записей sig3, значением которого является вектор значений отсчетов сигнала sig3;

- что в себя включает система цифровой фильтрации.

6. Расчет СПМ случайного сигнала методом периодограмм.

Рассчитать СПМ воздействия sig2 и реакции sig3 методом периодограмм на периоде, задавая параметр настройки **Nfft** равным N_1 и сохраняя СПМ в группе **Spectra** с именами соответственно spect2 и spect3 (по умолчанию).

Вывести и сравнить графики СПМ (Вт/Гц), выделяя их в окне **Spectrum Viewer** разными цветами.

Пояснить, как изменилась СПМ реакции по сравнению с СПМ воздействия.

7. Расчет СПМ случайного сигнала методом периодограмм Уэлча.

Рассчитать СПМ реакции sig3 методом периодограмм Уэлча при следующих параметрах настройки:

- **Nfft** — равен длине реакции;
- **Window** — окно Хэмминга;
- **Nwind** — 10%, 5% и 2,5% от длины реакции;
- **Overlap** — 1,25% от длины реакции.

Длины фрагментов и величину перекрытия округлить до ближайшего целого в сторону увеличения.

Сохранить в группе **Spectra** три полученные СПМ с именами соответственно Welch1, Welch2 и Welch3.

Вывести и сравнить графики СПМ Welch1, Welch2 и Welch3, выделяя их в окне **Spectrum Viewer** разными цветами.

Пояснить:

- как параметр **Nwind** влияет на вид периодограммы Уэлча (она становится более или менее осциллирующей);
- при каких параметрах настройки будет рассчитана периодограмма Бартлетта.

8. Импорт БИХ-фильтра, соответствующего AP-модели, в GUI SPTool.

В окне **Command Window** сформировать векторы коэффициентов БИХ-фильтра: $b_0 = 1$ (**b**) и **a** (вектор **a**):

```
b = 1; % КОЭФФИЦИЕНТЫ ЧИСЛИТЕЛЯ
a = [1 ...]; % КОЭФФИЦИЕНТЫ ЗНАМЕНАТЕЛЯ
```

Импортировать БИХ-фильтр, соответствующий АР-модели (см. разд. 18.1.3).

Пояснить:

- вид передаточной функции БИХ-фильтра;
- как проверить устойчивость БИХ-фильтра.

9. Моделирование случайного дискретного сигнала на основе АР-модели.

Вычислить выходной сигнал (реакцию) БИХ-фильтра с именем **filt3** — на воздействие в виде нормального белого шума — сигнала с именем **sig2**.

Сохранить реакцию в группе **Signals** с именем **sig4** (по умолчанию).

Проанализировать вид сигнала **sig4** в окне **Signal Browser**.

Пояснить:

- что используется в качестве воздействия в АР-модели;
- вид разностного уравнения, описывающего АР-модель.

10. Расчет оценок СПМ с использованием параметрических методов.

Полагая, что анализируемый сигнал совпадает с реакцией **sig4** АР-модели, рассчитать его оценки СПМ с использованием параметрических методов, и для метода Юла—Уолкера сохранить в группе **Spectra** с именем **Yule**.

Задать параметры настройки: **Order**, равным порядку АР-модели, а **Nfft**, равным N_1 .

- **Nfft** — равен длине N_1
- **Order** — равен порядку АР-модели.

Пояснить:

- какое количество пиков и впадин содержится в оценке СПМ;
- на каких частотах расположены пики и впадины в оценке СПМ;
- чему равны значения СПМ на частотах, соответствующих пикам и впадинам.