

ИНБИКСТ МФТИ

Сорокоумов П.С.

Указания по выполнению практических работ  
по курсу “Управление в технических системах”

# Работа 1. Основы моделирования в Simulink

---

2018 г.

## Цель работы

Освоить простейшие методы моделирования линейных систем средствами Simulink.

## Задачи

1. Освоить редактор диаграмм Simulink.
2. Освоить средства ввода/вывода данных в модель.
3. Получить и интерпретировать амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики линейной системы.

## Порядок выполнения работы

1. Запустим программу MATLAB. Запустим редактор Simulink из её главного меню или кнопкой панели инструментов (Рис. 1). В появившемся окне выберем Blank Model.

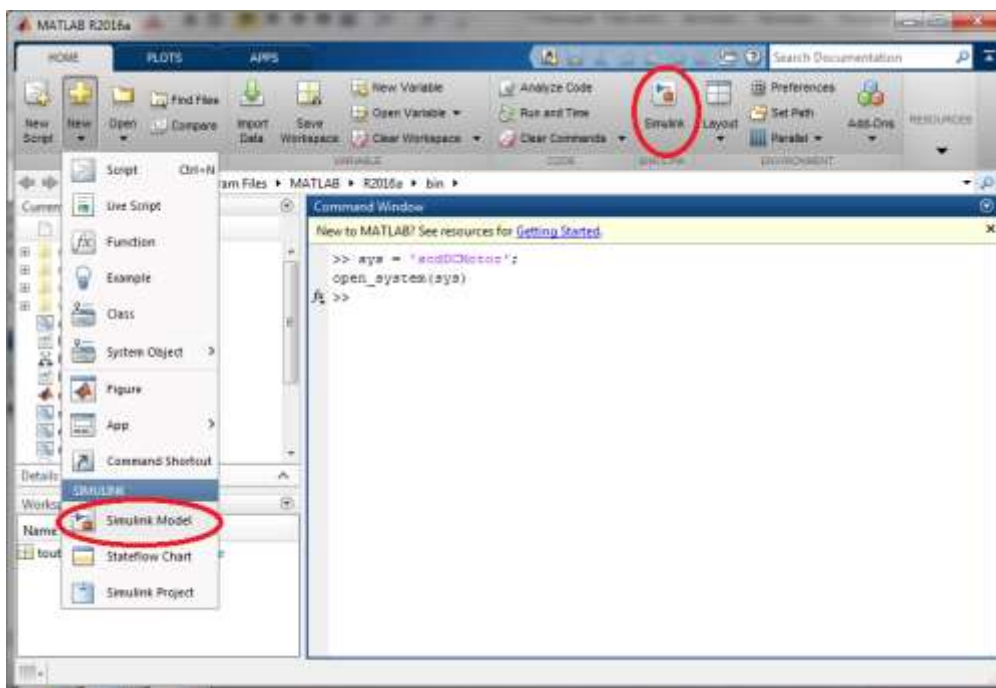


Рис. 1 Кнопки запуска Simulink

2. В открывшемся окне редактора моделей Simulink попытаемся для тренировки создать модель, дважды интегрирующую поданный на неё аналоговый сигнал. Для

добавления компонентов модели запустим из главного меню библиотеку готовых моделей

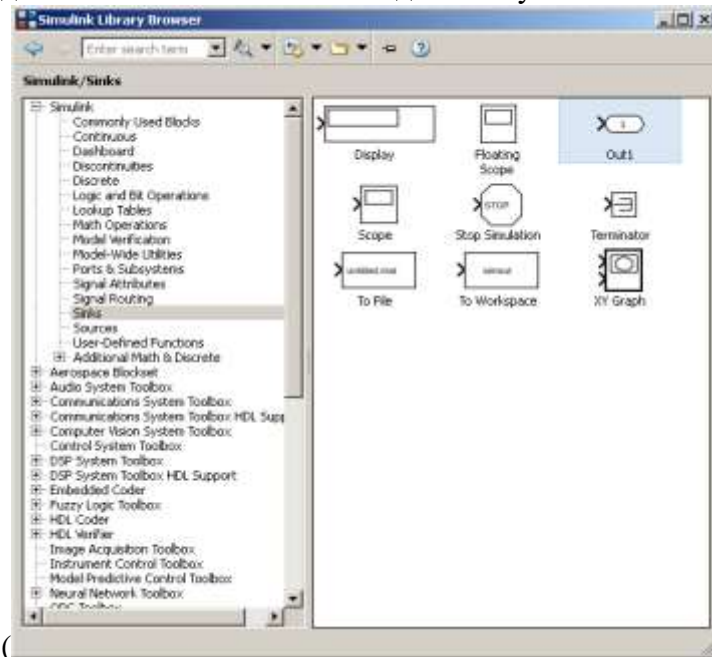


Рис. 2) кнопкой *Library Browser* или меню *View* → *Library Browser*.

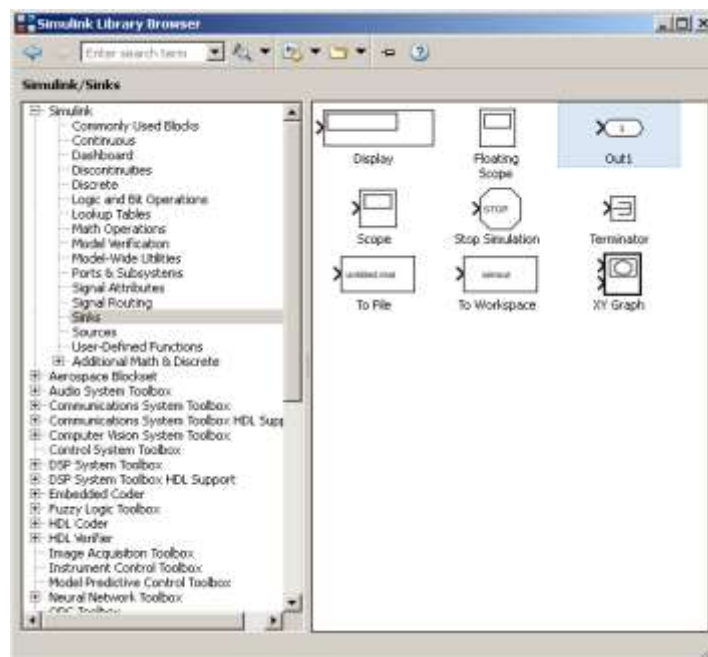


Рис. 2 Окно библиотеки компонентов

Компоненты добавляются перетаскиванием их изображений из окна библиотеки в окно редактора. Добавим следующие модели из библиотеки Simulink:

- генератор прямоугольных импульсов Pulse Generator;
- усилитель Gain;
- двойной интегратор Integrator, second order;
- два выхода сигнала Out (можно добавить один и скопировать его перетаскиванием правой кнопкой мыши).

Интерфейсы компонентов соединяются между собой в соответствии с

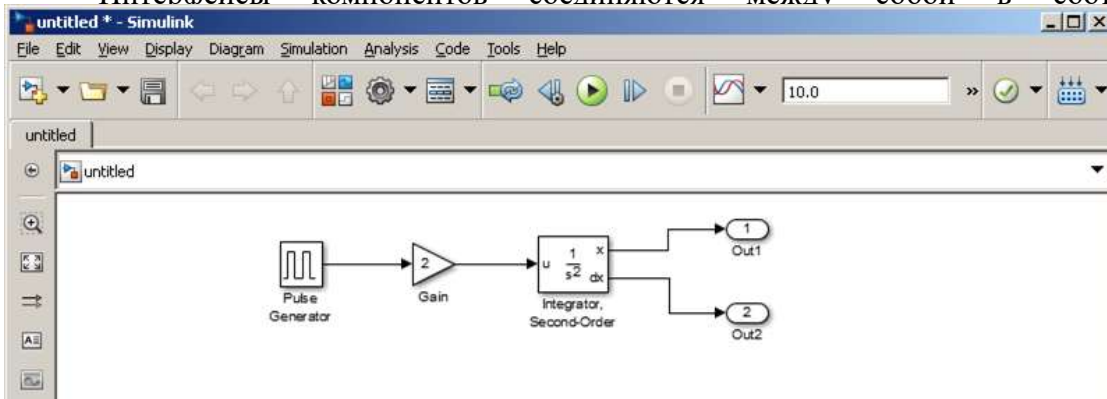


Рис. 3 движениями мыши с зажатой левой кнопкой.

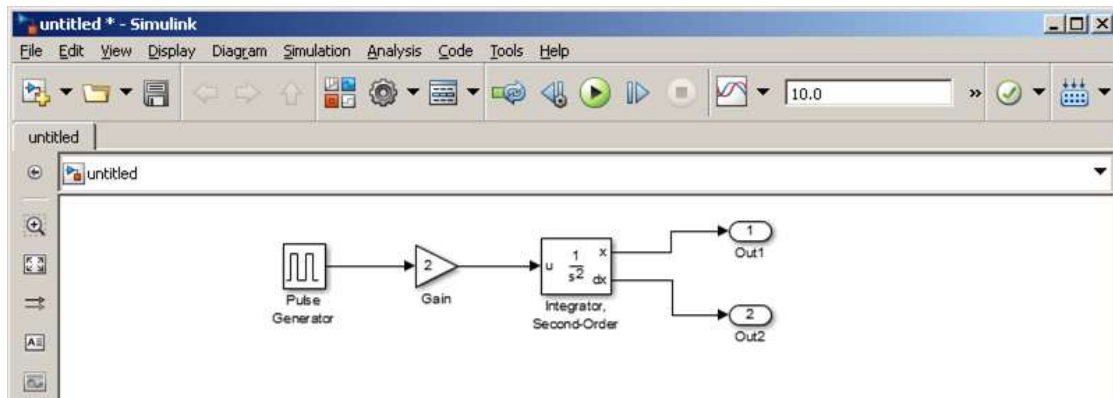


Рис. 3 Пример готовой схемы модели

3. Настроим компоненты. Двойной щелчок мыши на иконке открывает настройки

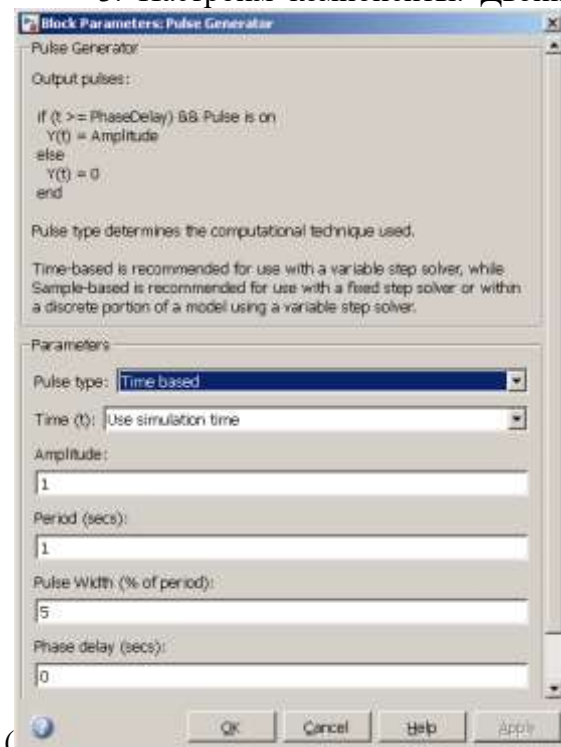


Рис. 4).

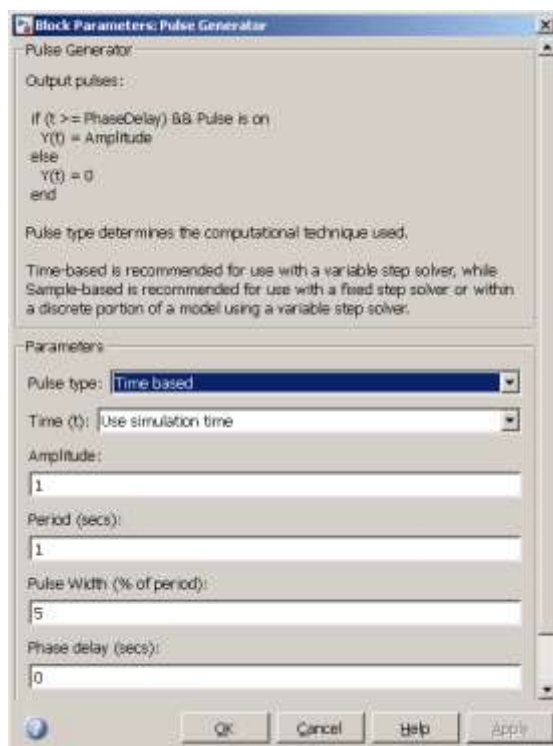


Рис. 4 Окно настроек Pulse Generator

Укажем для Pulse Generator:

- амплитуда сигнала 1;
- период 1с;
- ширина импульса 5% периода.

Для Gain: множитель 1.

Для интегратора – нулевые начальные условия.

4. Подготовим окно вывода данных. В контекстном меню верхнего выхода интегратора выберем Create & Connect Viewer → Simulink → Scope. Появится окно для вывода сигнала. Того же можно добиться, добавив блок Scope в диаграмму.

5. Запустим моделирование. Для этого укажем длительность моделирования (в модельном, не в реальном времени) в панели инструментов и нажмём кнопку запуска Run. В

результате в окне вывода появится временная диаграмма выходного сигнала

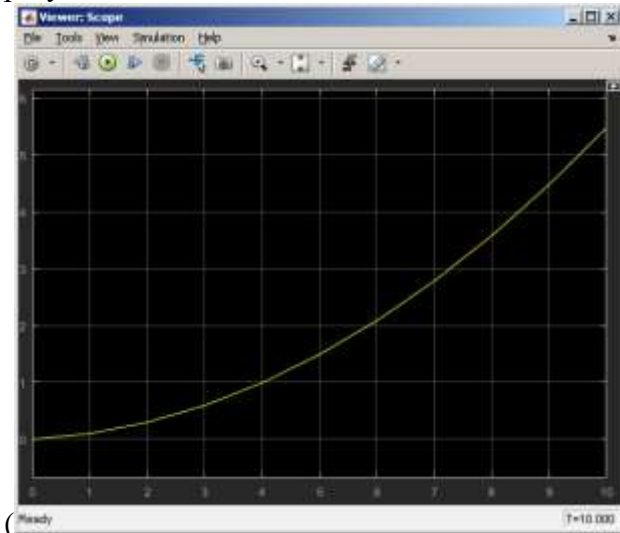


Рис. 5).

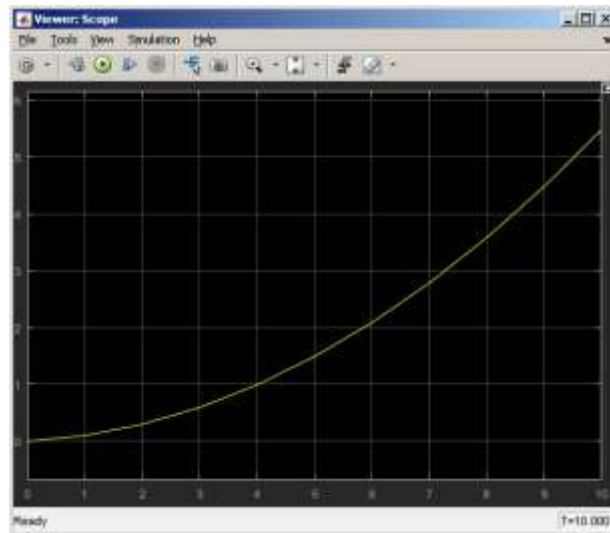


Рис. 5 Временная диаграмма выходного сигнала

## Контрольные задания и вопросы

1. Выведите выходной сигнал генератора в окно Scope и запустите моделирование повторно. Верно ли сработал интегратор?
2. Какова будет форма сигнала на втором выходе интегратора (первая производная от основного выхода)? Выведите второй выходной сигнал интегратора и проверьте свою догадку.
3. Как изменится выход при изменениях в параметрах генерируемого сигнала (например, если установить период 10 с? 5 с? увеличить/уменьшить ширину импульса? изменить задержку)?
4. Как изменится выход при изменениях коэффициента Gain?
5. Замените генератор прямоугольных импульсов на генератор синусоидального сигнала. Какую форму имеют сигналы на выходах интегратора? Меняет ли интегрирование фазу сигнала? Амплитуду сигнала?
6. Добавим блок X-Y Scope для отображения зависимости одного сигнала от другого. Подадим на него два сигнала с выхода интегратора. Объясните полученный результат.

7. Можно ли записать дифференциальное уравнение, описывающее промоделированную только что систему? Если да, запишите его, приняв выход генератора за  $x$ , результат двойного интегрирования за  $y$ .
8. Будет ли моделирование запускаться, если:
- часть выходов элементов ни к чему не подсоединена?
  - часть входов элементов ни к чему не подсоединена?
  - выход элемента соединён напрямую с его же входом?
  - выход элемента соединён через другие элементы с его же входом?

## Задания для самостоятельной работы

1. По согласованию с преподавателем выберите одну из систем, описываемых приведёнными ниже дифференциальными уравнениями (вход системы везде  $x$ , выход -  $y$ ):

1.  $(1+ap)x = y$
2.  $(1+ap)x = py$
3.  $bx = (1+ap)y$
4.  $(1+bp)x = c(1+ap)y$
5.  $(1+ap+bp^2)x = cy$
6.  $(1+ap+bp^2)x = cpy$
7.  $(1+ap+bp^2)x = (1+cp)y$
8.  $(1+ap)x = (1+bp+cp^2)y$
9.  $(1+ap^2)x = (1+bp)y$
10.  $(1+ap)x = (1+bp^2)y$

2. Вычислите передаточную функцию системы.

3. Рассчитайте АЧХ и ФЧХ системы по её передаточной функции.

4. Создайте модель в Simulink, описывающую систему:

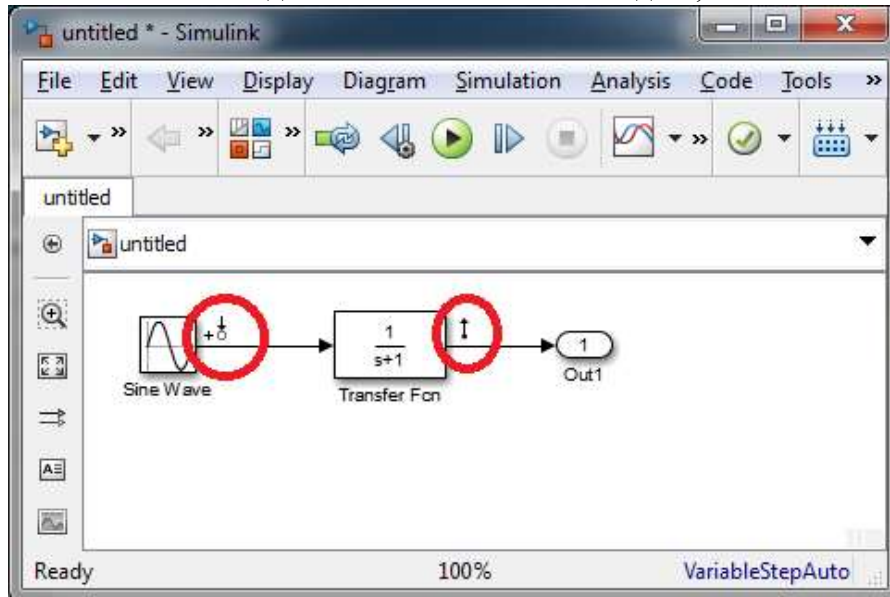
- для задания передаточной функции в явном виде можно использовать компонент Transfer Fcn, если порядок многочлена в её числителе меньше порядка многочлена в знаменателе;
- иначе следует выделить в частном двух многочленов целую часть и внести в модель целую и дробную часть по отдельности. Надо учитывать, что преобразование дифференцирования соответствует умножению передаточной функции на  $p$ ;
- скорее всего, окажутся полезны блоки из разделов Continuous, Math Operations, Sources, Sinks;
- значения констант можно сначала для простоты принять равными 1. В дальнейшем желательно проанализировать поведение системы при разных константах.

5. Подавая на вход модели синусоидальный сигнал нескольких различных амплитуд, но с постоянной частотой, отследите реакцию модели (амплитуду и фазу выходного сигнала). Какой вывод можно сделать?

6. Подавая на вход модели синусоидальный сигнал нескольких различных частот, но с постоянной амплитудой, отследите реакцию модели (амплитуду и фазу выходного сигнала). Какой вывод можно сделать?

7. Построим приближённые графики частотных характеристик с помощью средств Simulink. Для этого:

- 1) Добавим в модель точки линеаризации: в контекстном меню соединения, отвечающего за нужный сигнал, выберем “Linear analysis point” и либо “Linear perturbation” (для входа), либо “Output measurement” (для выхода). Полученные точки должны выглядеть, как на



2) Рис. 6.

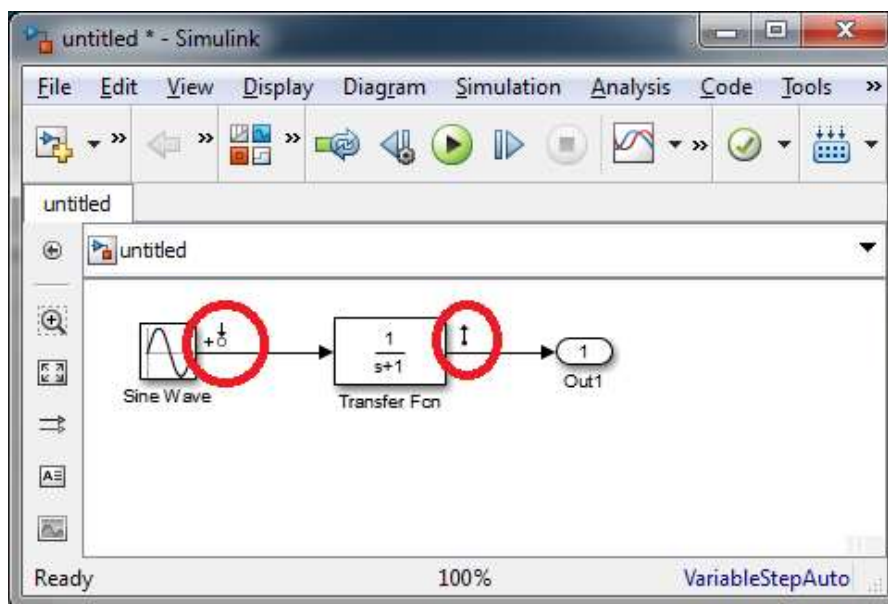


Рис. 6 Точки линеаризации

- 3) Выполним команду главного меню Analysis → Control Design → Frequency Response Estimation. В открывшемся окне Linear Analysis Tool выбрать пункт Input Signal → Create new → Sinestream. В открывшемся окне Create Sinestream Input добавить частоты во входной поток нажатием кнопки “+” (Рис. 7), указав их число и диапазон.



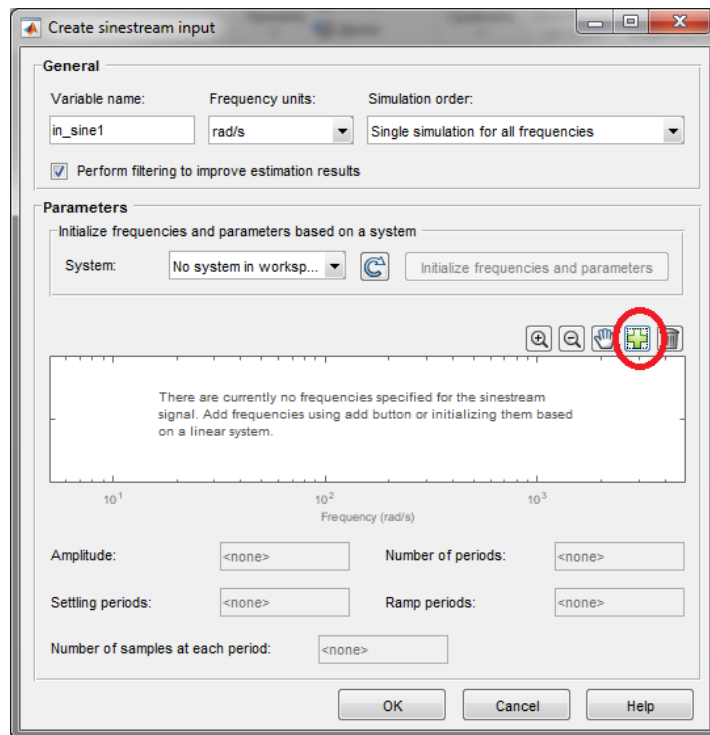


Рис. 7 Окно создания входного сигнала

- 4) Выделим все точки, соответствующие добавленным частотам, обведя их рамкой при зажатой левой кнопке мыши. Установим для всех частот единичную амплитуду и завершим создание входного сигнала.
- 5) Нажатием кнопки **Bode Plot** запустим построение частотных характеристик, получив результаты, аналогичные изображённым на Рис. 8.

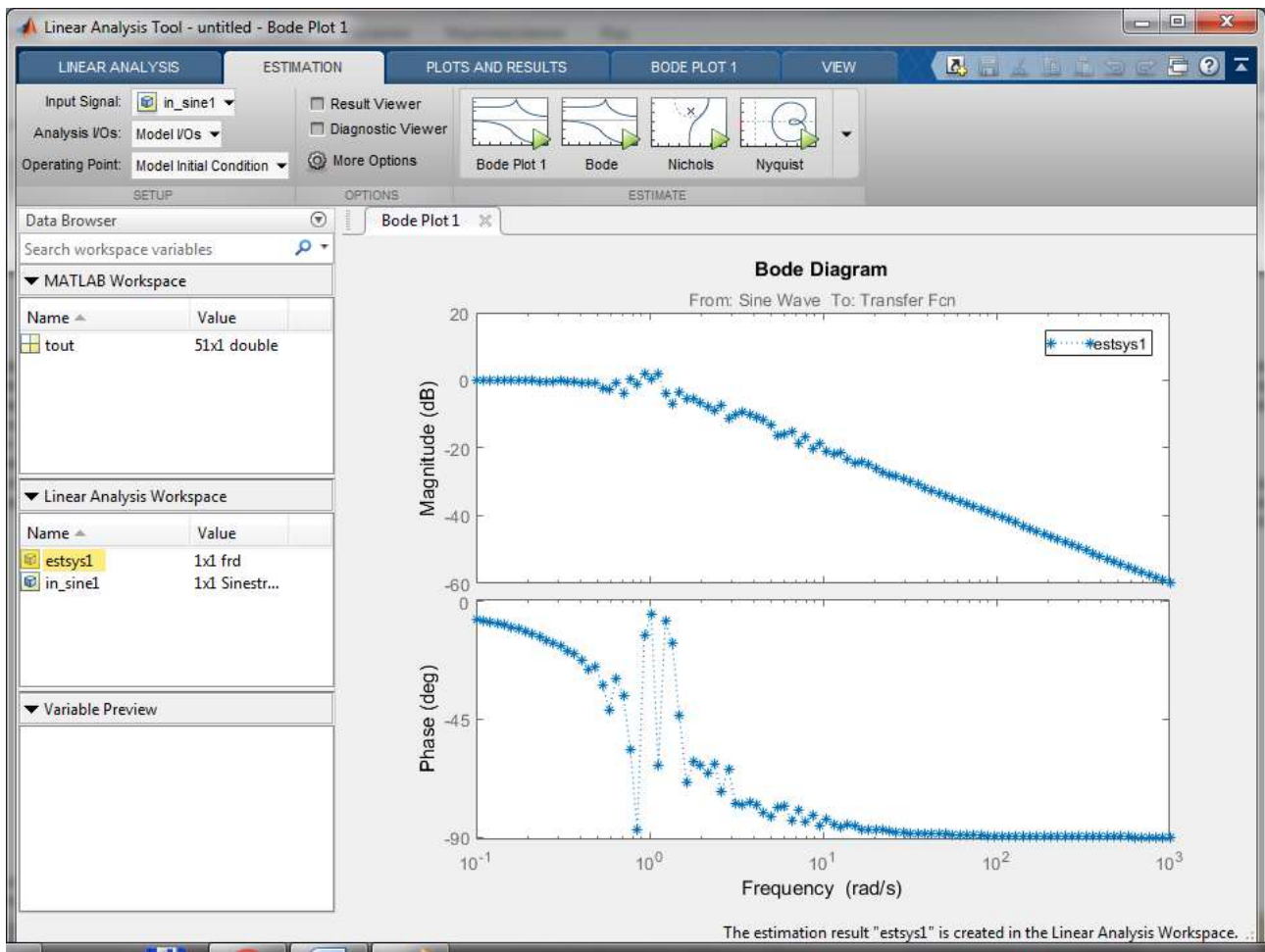


Рис. 8 Пример вычисленных частотных характеристик

8. Сравните вычисленные и экспериментальные АЧХ и ФЧХ. Сделайте выводы.
9. Рассчитайте переходную функцию системы по её передаточной функции.
10. Подайте на вход модели единичное ступенчатое воздействие (источник Step). Как соотносятся реакция системы на него и переходная функция?