

Лабораторная работа 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ТИПОВЫХ ЗВЕНЬЕВ

Цели работы: освоение методов анализа линейных систем с помощью программы Vissim; изучение основных характеристик типовых линейных звеньев.

Задачи работы: построение и анализ переходных характеристик интегратора, апериодического и колебательного звеньев.

Работа рассчитана на два двухчасовых занятия в компьютерном зале и два часа самостоятельной работы студента. Работа выполняется в компьютерном зале бригадой из одного – двух или трех студентов, в зависимости от величины группы и возможностей компьютерного зала.

1. Теоретические пояснения

Типовые звенья

Это простые модели элементов сложных линейных систем и даже систем в целом.

Переходная характеристика звеньев

Переходная характеристика или функция позволяет и качественно, и количественно характеризовать быстродействие звеньев и систем. Переходный процесс может быть как монотонным, так и колебательным и его длительность и является количественной характеристикой скорости реакции звена на прикладываемые к нему воздействия.

Типовые звенья бывают:

- простейшие (пропорциональное звено, интегратор и дифференцирующее звено);
- звенья первого порядка (апериодическое или инерционное, инерционно-дифференцирующее, форсирующее и др.);
- звено второго порядка (колебательное и его частный случай – апериодическое второго порядка);
- звено третьего порядка (способное терять устойчивость, его можно назвать звеном Вышнеградского);
- звено запаздывания.

Основные характеристики линейных звеньев:

- переходная характеристика $h(t)$ - реакция звена на ступенчатое единичное воздействие $1(t)$;
- передаточная функция $W(s)$, связывающая изображения входного $X(s)$ и выходного $Y(s)$ сигналов линейного звена;
- комплексный коэффициент передачи $W(j\omega)$, связывающий спектры входного $X(j\omega)$ и выходного $Y(j\omega)$ сигналов линейного звена;
- импульсная или весовая функция $w(t)$ реакция звена на дельта-функцию Дирака $\delta(t)$.

Интегратор – звено, выходной сигнал $y(t)$ которого пропорционален интегралу по времени от входного сигнала $x(t)$:

$$y(t) = \frac{1}{T} \int_0^t x(t) dt \quad (1)$$

где: T - т.н. постоянная времени интегратора.

Передаточная функция интегратора имеет вид [1]:

$$W(s) = \frac{k}{s} = \frac{1}{Ts} \quad (2)$$

где: T - т.н. постоянная времени интегратора.

Передаточная функция интегратора имеет вид [1]:

$$W(s) = \frac{k}{s} = \frac{1}{Ts} \quad (2)$$

где: k - коэффициент усиления интегратора; s - комплексный аргумент.

Апериодическое звено имеет передаточную функцию вида [1]:

$$W(s) = \frac{k}{1 + Ts} \quad (3)$$

где: k - коэффициент усиления; T - постоянная времени апериодического звена.

Колебательное звено имеет передаточную функцию вида [1]:

$$W(s) = \frac{k}{1 + 2\zeta Ts + T^2 s^2} \quad (4)$$

где: ζ (греческая дельта) - декремент затухания; k - коэффициент усиления; T - постоянная времени.

Звено запаздывания задерживает сигнал на время τ :

$$y(t) = x(t - \tau) \quad (5)$$

Его передаточная функция:

$$W(s) = e^{-\tau s} \quad (6)$$

2. Задание к работе

1. Построить в VisSim'е переходные характеристики интегратора, апериодического и колебательного звеньев.
2. Проанализировать влияние изменения их параметров на переходные характеристики.

3. Порядок выполнения работы

Получить разрешение у преподавателя, ведущего занятия, и запустить VisSim.

Установить кириллицу: View - Font.

3.1. Исследование интегратора

Поместить в рабочее пространство Vissim следующие блоки:

- генератор ступенчатого единичного воздействия $1(t)$: Blocks → Signal Producer → **step**;
- интегратор: Blocks → Integration → **integrator**;
- осциллограф: Blocks → Signal Consumer → **plot**.

Подключить выход **step** к входу **integrator**'а, выход **integrator**'а к входу **plot**'а.

Запустить программу на счет.

Обратите внимание, что величина коэффициента усиления или постоянная времени T интегратора в Vissim'е не поддается изменению и всегда равна единице. При необходимости изменить эту величину следует перед интегратором поставить блок усиления **gain**: Blocks → Arithmetic → **gain**, в котором и поменять усиление, что будет эквивалентно изменению усиления k интегратора. Постоянная времени T интегратора $T=1/k$.

Как ведет себя переходная характеристика интегратора? Почему такое звено называется звеном без самовыравнивания?

Найдите связь между постоянной времени T интегратора и временем, за которое его выходная величина достигает значения входной ступеньки. Сделайте выводы по проделанной части работы.

Оформление выполненной работы заслуживает очень большого внимания. Оно косвенно, но наглядно характеризует уровень профессионализма разработчика диаграммы. Поэтому этикетки и комментарии должны быть составлены и оформлены так, чтобы у наблюдателя диаграммы сложилось полное впечатление о том, кто, когда и зачем, с какой целью составил диаграмму, как работает модель, что на ней видно, каковы результаты моделирования и что из этого следует.

Оформите подписи и комментарии на диаграмме, включая и выводы. Сохраните диаграмму, дав ей содержательное краткое название, в своей папке (C:\Мои документы \ Учебные группы \ Группа№ ... \ Иванов \ Лаб_раб №2). Предъявите диаграмму преподавателю, ведущему лабораторные работы.

3.2. Исследование апериодического звена

Открыть новую диаграмму VisSim.

Поместить в рабочее пространство VisSim следующие блоки:

- генератор ступенчатого единичного воздействия $1(t)$: Blocks → Signal Producer → **step**;
- блок линейной системы, или линейный блок, описываемый передаточной функцией $W(s)$: Blocks → Linear System → **Transfer Function**;
- осциллограф: Blocks → Signal Consumer → **plot**.

Подключить **step** к входу блока **Transfer Function**, а его выход к входу осциллографа **plot**.

Пусть требуется исследовать апериодическое звено с передаточной функцией:

$$W(s) = \frac{k}{1 + Ts}, \text{ где } k = 4,7; T = 0,2 \text{ с.}$$

Настроить линейный блок: дважды щелкнуть по блоку левой кнопкой мыши или один раз правой. В появившемся окне установить: усиление (**Gain**) равным 4.7, числитель (**Numerator**) оставить равным 1, для знаменателя (**Denominator**) набрать 0.2 (пробел) 1. Символы "s" и "+" в знаменателе не указываются, они по принятому в VisSim соглашению заменяются при вводе одним пробелом. Нажать OK.

Запустить на счет.

Проанализировать график переходной функции. Найти соотношение между постоянной времени T аperiodического звена и временем, за которое переходная функция приближается к своему установившемуся значению на величину, меньшую 5% этого значения. Как еще по переходной характеристике аperiodического звена можно определить значение постоянной времени?

Подключить несколько звеньев к одному осциллографу. Рассмотреть варианты с различными значениями коэффициента усиления и постоянной времени (0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 5.0, 10.0, 50.0, 100.0 сек) аperiodического звена. Сделать выводы.

Оформить диаграмму, включая заголовок главного окна осциллографа и названия отдельных кривых переходного процесса. Сохранить диаграмму, предъявить преподавателю.

3.3 Исследование колебательного звена

Передаточная функция колебательного звена имеет вид:

$$W(s) = \frac{k}{1 + 2\zeta T s + T^2 s^2}$$

Построить переходную характеристику колебательного звена для $k=7.8$; $T=1, 0.2$ и 5.0 , при изменении затухания ζ от 0.25 до 2.0.

Оценить влияние изменения параметров передаточной функции колебательного звена на вид и длительность его переходной характеристики.

Открыть новую диаграмму VisSim.

Поместить в рабочее пространство VisSim следующие блоки:

- генератор ступенчатого единичного воздействия $1(t)$: Blocks -> Signal Producer -> **step**;
- блок линейной системы, или линейный блок, описываемый передаточной функцией $W(s)$: Blocks -> Linear System -> **Transfer Function**;
- осциллограф: Blocks -> Signal Consumer -> **plot**.

Подключить **step** к входу блока **Transfer Function**, а его выход к входу осциллографа **plot**.

Настроить линейный блок: дважды щелкнуть по блоку левой кнопкой мыши или один раз правой. В появившемся окне установить: усиление (**Gain**) равным 7.8, числитель (**Numerator**) оставить равным 1, для знаменателя (**Denominator**) в случае, когда $T=0.2$ и $\zeta=2$ набрать 0.04 (пробел) 0.8 (пробел) 1. Символы " s^2 " и "+", а также "s" и "+" в знаменателе не указываются, они по принятому в VisSim соглашению заменяются при вводе пробелами. Нажать OK.

Запустить на счет.

Проанализировать графики переходных функций подобно тому, как это делалось ранее.

Проанализировать результаты, оформить и сохранить (см. выше) в специально созданной папке работу. Предъявить преподавателю и защитить.

3.4. Звено запаздывания

Это звено часто встречается в моделях реальных систем и зачастую его присутствие ухудшает свойства системы по сравнению с тем, как если бы его не было. Поэтому, если в реальной системе имеется такой элемент, то для обеспечения адекватности модели важно ввести его и в модель.

1. Поместить в новое рабочее пространство блок задержки: Blocks -> Time Delay -> **timeDelay**.
2. Поместить слайдер, генератор ступеньки и осциллограф. На вход x блока задержки подать ступеньку, на вход t подключить слайдер (полосу прокрутки числовых значений) и выход блока подключить к осциллографу.
3. Изменяя задержку и запуская на счет посмотреть осциллограммы.
4. Сделать выводы.

4. Отчет и защита работы

1. Отчет должен содержать:
 - титульный лист;
 - цель и задачи работы;
 - диаграмму;
 - выводы.
2. Защита работы включает доклад студента и его ответы на вопросы по теме лабораторной работы.

Примечание: отчет предпочтительнее оформлять от руки, чертежным шрифтом, хотя допускается использование компьютера и принтера.

5. Домашнее задание

1. Подготовить бланк отчета:
 - Титульный лист;
 - Цели и задачи работы;
 - Основные теоретические сведения;
 - Предусмотреть место для задания и выводов.
2. Ответить на контрольные вопросы.

6. Контрольные вопросы

1. Каковы цели и задачи работы?
2. Что такое типовые звенья линейных систем? Для чего они используются?
3. Какие типы звеньев Вы знаете?
4. Какие характеристики звеньев Вы знаете?
5. Что такое ступенчатое единичное воздействие $1(t)$?
6. Что такое переходная характеристика звена? Что она может характеризовать?
7. Что такое интегратор, апериодическое звено, колебательное звено? Как выглядят их переходные характеристики?
8. Как построить в среде VisSim блок-схему, позволяющую определить реакцию интегратора на ступенчатое воздействие? А на синусоидальное воздействие?
9. Порядок определения переходной характеристики апериодического звена.
10. Порядок определения переходной характеристики колебательного звена.
11. Какие свойства осциллографа plot можно поменять для улучшения наглядности графика?
12. Как изменить число точек на графике? Что при этом следует контролировать? Как сохранить значения координат точек графика в файле?
13. Где и как следует сохранять созданную, оформленную отлаженную и отредактированную программу?

Приложение

На рисунке, в режиме анимации демонстрируется пример блок-схемы открытой в версиях программы VisSim: 2.0k, 3.0 FAP, и в русифицированной (платной) версии 4.5. Блок-схема иллюстрирует получение переходных характеристик апериодических звеньев. Анимацию можно остановить кнопкой "стоп" браузера.

