

Проект «Инженерные кадры Зауралья»

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра автоматизации производственных процессов

**Исследования нелинейной динамики технологических систем
в программном пакете VisSim**

Методические указания
к выполнению комплекса лабораторных работ
по дисциплине «Нелинейная динамика технических систем»
для студентов очной и заочной форм обучения
направления 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и
производств»

Курган 2014

Кафедра: «Автоматизация производственных процессов»

Дисциплина: «Нелинейная динамика технических систем»

Составители: канд. техн. наук, доцент В.Г. Горгоц,
ст. преподаватель Е.М. Кузнецова.

Утверждены на заседании кафедры от «14» ноября 2013 г.

Рекомендованы методическим советом университета в рамках проекта
«Инженерные кадры Зауралья» «22» ноября 2013 г.

1 Цели и задачи работы

Работа рассчитана на 8 часов работы в лаборатории и 4 часа самостоятельной работы. Задание включает исследование нелинейных систем, безынерционных и инерционных нелинейных элементов и построение элементов с требуемыми характеристиками.

Цель работы:

Освоить практику моделирования в программной среде VisSim статических и динамических нелинейных элементов и характеристик сил технологических процессов.

Приобрести и закрепить навыки моделирования статических и динамических характеристик нелинейных элементов и характерных сил технологических процессов.

Задачи работы:

Ознакомиться:

- с понятиями статическая, динамическая характеристика и инерционность нелинейного элемента;
- с методами построения моделей статических и динамических характеристик нелинейных элементов и характерных сил технологических процессов;

Выполнить:

- определить статические характеристики однозначной и динамической нелинейностей;
- определить совокупную инерционность нелинейного элемента в режиме малого сигнала;
- построить в программе VisSim нелинейный блок с заданной однозначной статической характеристикой нелинейных процесса или силы;

Приобрести навыки:

- построения однонаправленных блоков с требуемыми статическими характеристиками в программе VisSim;
- составления имитационных моделей по заданным дифференциальным уравнениями нелинейным характеристикам сил;
- исследования нелинейных элементов и систем;

2 Характеристики и идентификация нелинейных объектов

Эффективные во многих отношениях линейные модели реальных объектов и систем, как правило, справедливы только при сравнительно малых воздействиях, откликах и внутренних сигналах моделей. Однако по мере роста

сигналов линейные модели теряют адекватность, перестают соответствовать моделируемым объектам. Некоторые характеристики сил реальных технологических систем, например, трение в направляющих инструмента, принципиально не могут быть аппроксимированы, заменены линейной моделью. Более близким к реальным условиям работы, по сравнению с линейными моделями, является описание в виде нелинейных моделей, анализ динамического поведения которых возможен только при использовании современных методов нелинейной динамики и моделировании на ЭВМ.

2.1 Свойства нелинейных объектов и систем

Нелинейные элементы и характеристики сил технологических процессов в общем случае являются динамическими объектами и обладают не только собственно нелинейностью, но и инерционностью, и поэтому описываются нелинейными дифференциальными уравнениями.

Система не линейна, если хотя бы один ее элемент является существенно нелинейным, т.е., его замена линейным приводит к принципиальному изменению свойств системы. Это изменение можно определить по значительному изменению выходного сигнала после такой замены.

Особенности нелинейных систем:

- в отличие от линейных систем, для нелинейных не справедлив принцип суперпозиции, т.е. реакция нелинейной системы на сумму воздействий не равна сумме ее реакций на каждое из них;

- любой неустойчивый линейный элемент по мере роста сигналов на его входе или в нем самом становится нелинейным;

- нелинейные элементы могут быть устойчивыми при малых воздействиях, но неустойчивыми при больших, и могут быть не устойчивыми при любых воздействиях;

- в нелинейных системах может существовать устойчивый режим автоколебаний;

- изменение последовательности линейного и нелинейного элементов динамической системы изменяет ее свойства.

Изменение последовательности линейного инерционного и нелинейного безынерционного элементов существенно сказывается на выходной характеристике. Схемы не эквивалентны, как это было бы в случае последовательности линейных элементов (рисунок 1).

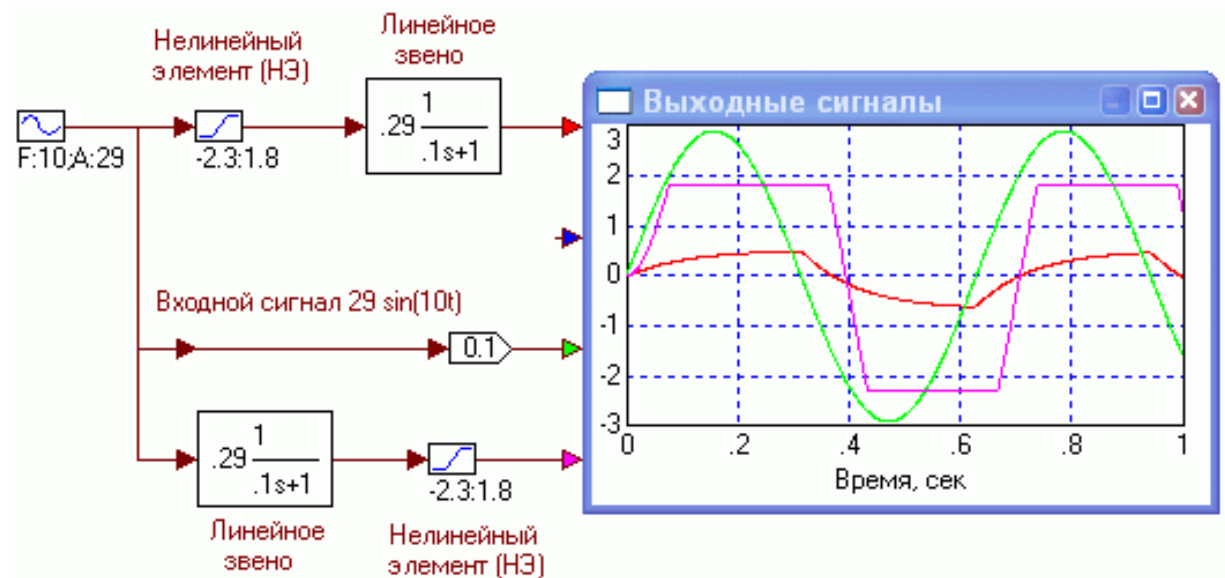


Рисунок 1 – Схема линейного инерционного и нелинейного безынерционного элементов

2.2 Характеристики и модели нелинейного объекта

Нелинейные объекты (НО) и системы (НС), а также их элементы (НЭ) обладают набором свойств, которые описываются количественно рядом характеристик.

2.2.1 Основные характеристики нелинейного объекта

Важнейшей характеристикой нелинейного объекта (НО) или его элемента (НЭ) является статическая характеристика (рисунок 2).

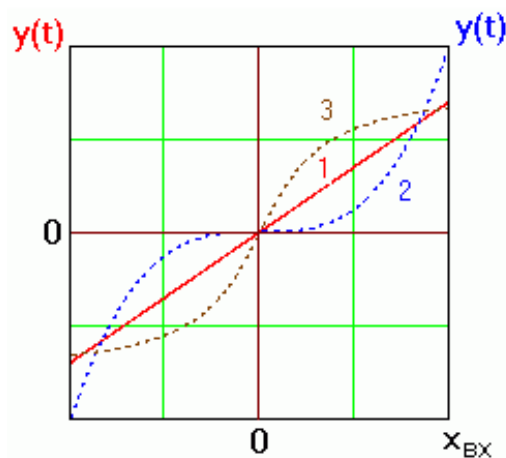


Рисунок 2 - Примеры статических характеристик нелинейных объектов и их элементов. 1 - линейная характеристика; 2,3 - нелинейные характеристики

Статическая характеристика - это зависимость величины выходного сигнала нелинейного элемента y от величины входного x , при условии, что его входное воздействие постоянно (не изменяется достаточно длительное время для того, чтобы переходные процессы в нелинейном элементе, если они имеют место, завершились).

Статическая характеристика показывает, как зависит выходная величина нелинейного элемента от входного воздействия, когда вход меняется очень медленно, т.е. в условиях, когда инерционные свойства нелинейного элемента практически не проявляются.

Статическая характеристика используется в тех случаях, когда нелинейный элемент является однонаправленным, т.е. он не влияет на режим работы источника воздействия на НЭ и подключенный к нему блок не изменяет его режима работы.

Существенно нелинейный элемент объекта или системы это такой элемент, замена которого линейным приводит к принципиальному изменению свойств системы. Это изменение можно определить по значительному изменению выходной характеристики после такой замены. В инженерных задачах, как правило, в системе имеется только один существенно нелинейный элемент. Это объясняется тем, что по мере роста сигналов в линейной модели, какой-то из ее элементов первым начинает проявлять нелинейные свойства, становится существенно нелинейным.

Статические характеристики существенно нелинейных элементов в инженерных задачах могут быть приближенно заменены, аппроксимированы отрезками прямых (аппроксимация линейно-ломанной линией).

В практике используют, например, следующие типовые аппроксимации статических характеристик нелинейных элементов (рисунок 3).

Выходная величина "динамических" элементов зависит от предыстории изменения входного воздействия. Поэтому такие неоднозначные нелинейности называют нелинейностями с памятью.

Быстродействие (инерционность) - вторая характеристика нелинейного элемента. Определяется длительностью переходных процессов объекта, если таковые имеют место.

Диапазон линейности - еще одна важная характеристика нелинейного объекта, определяющая диапазон величин входного воздействия, в котором объект обладает линейными свойствами.

Крутизна статической характеристики. Крутизна в общем случае зависит от выбора рабочей точки и определяется как дифференциальный коэффициент усиления, т.е. коэффициент усиления для малых приращений входного воздействия.

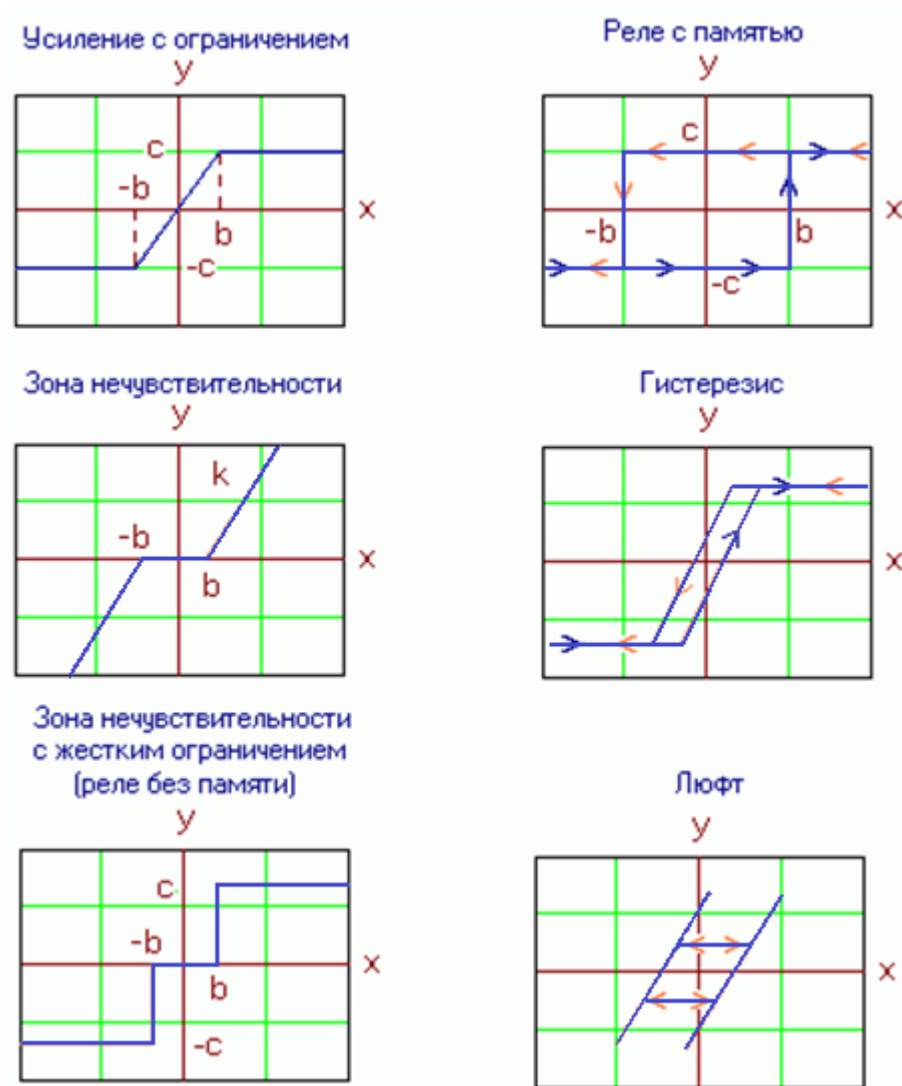


Рисунок 3 - Примеры статических характеристик типовых нелинейных элементов

2.2.2 Экспериментальное определение статической характеристики НЭ

В общем случае нелинейный элемент состоит не только из безынерционных элементов, но и включает в себя инерционные (линейные и нелинейные), которые соединяются сложным образом и могут взаимодействовать друг с другом как в одном, так и в двух направлениях.

Исходя из определения статической характеристики, следует задавать, последовательно увеличивая в некоторых границах, значения входного воздействия нелинейного элемента, и измерять соответствующие значения его выходного сигнала. Результаты следует заносить в таблицу. Затем они могут быть представлены на графике и аппроксимированы некоторой функциональной зависимостью (рисунок 4).

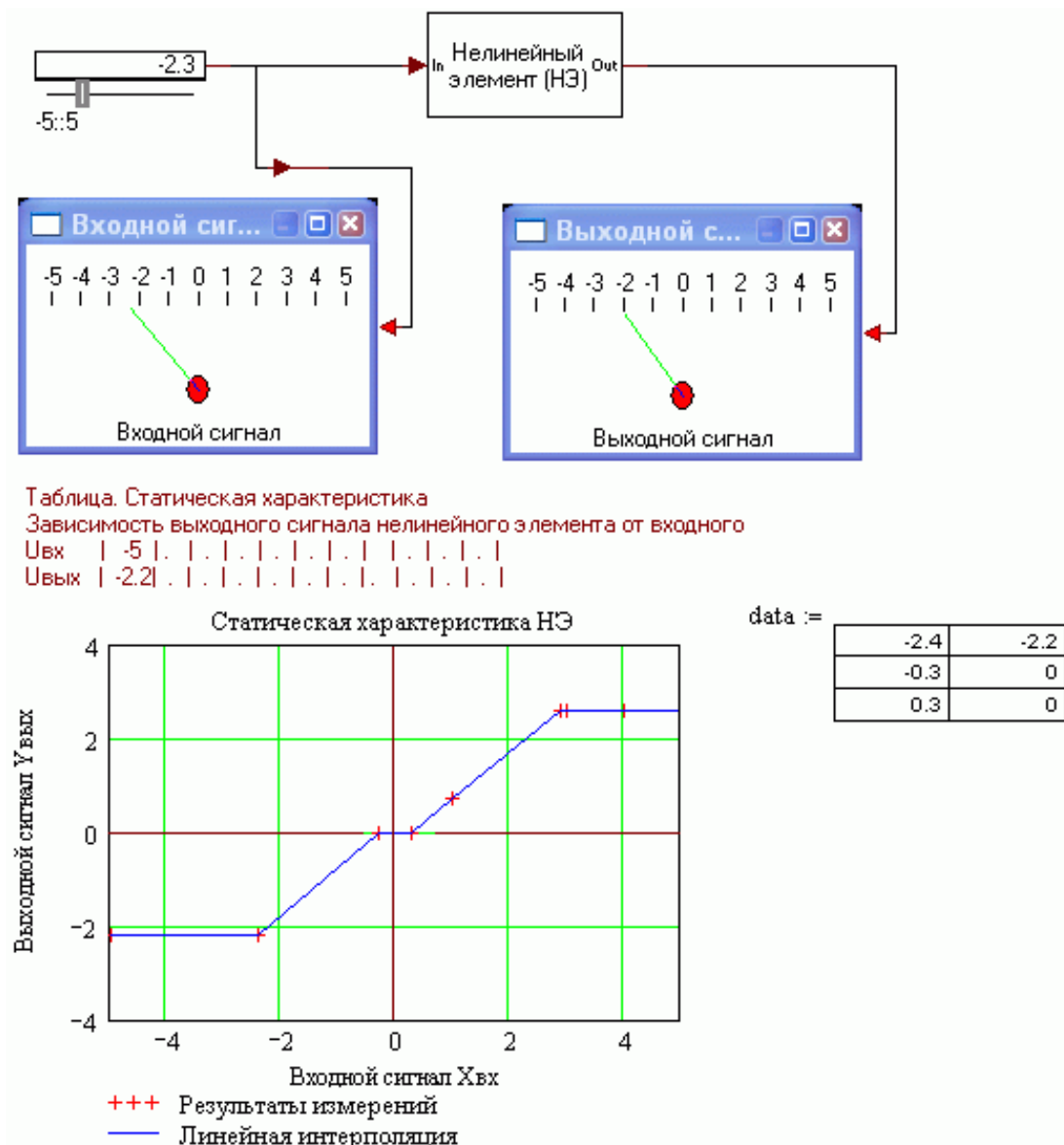


Рисунок 4 - Схема для экспериментального определения статической характеристики нелинейного объекта и пример статической характеристики.

Процесс измерения статической характеристики может быть автоматизирован. Для этого на вход нелинейного элемента следует подать относительно медленно меняющийся линейно растущий со временем сигнал, а выходной сигнал элемента наблюдать на осциллографе, который и представит статическую характеристику (рисунок 5).

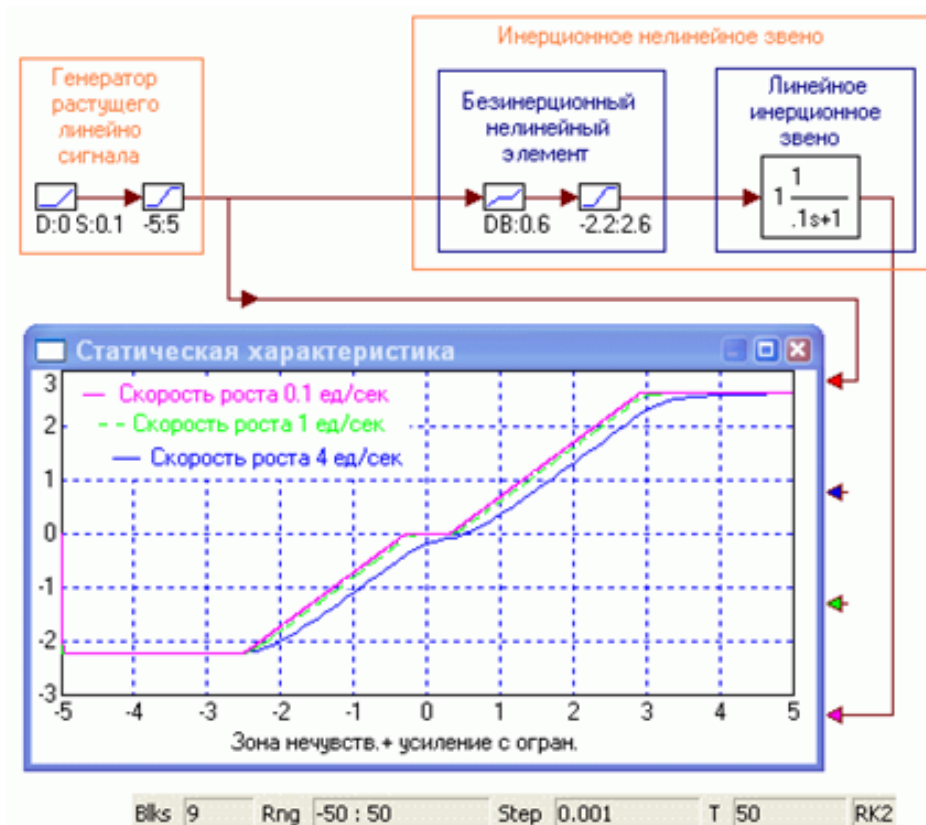


Рисунок 5 - Автоматизированное построение статической характеристики модели инерционного нелинейного элемента.

Зона нечувствительности составляет $-0.3 + 0.3$ единиц. При значениях входного воздействия, меньших -2.5 , выходная величина ограничивается на уровне -2.2 , при значениях больших 2.9 выходная величина ограничивается на уровне 2.6 . При скоростях роста входного воздействия, меньших 1 ед/с характеристики практически совпадают, а при скорости роста в 4 ед/с инерционность элемента существенно сказывается на форме кривой

Таким образом, зондирование нелинейного элемента достаточно быстро линейно растущим воздействием позволяет проявить и его инерционные свойства, установить факт их наличия. При автоматизированном построении статической характеристики нелинейного элемента скорость роста входного воздействия нелинейного элемента должна быть выбрана настолько малой, чтобы инерционные свойства элемента не сказывались на характеристике. В данном случае скорость роста достаточно взять $0,1$ ед/с или менее.

2.2.3 Безынерционная модель НЭ

Во многих случаях, когда инерционность элементов, включенных последовательно с нелинейным элементом, значительно превышает его собственную инерционность, можно считать нелинейный элемент

безынерционным. В таком нулевом приближении звено полностью описывается статической характеристикой. Использовать такую модель имеет смысл, если элементы системы, включенные последовательно с нелинейным элементом обладают куда большей инерционностью, чем он сам.

2.2.4 Инерционная модель НЭ первого порядка (Л-НБ-Л -модель)

Наиболее точная модель нелинейного объекта может быть получена в результате анализа его физической структуры и составления дифференциального уравнения на основе физических законов, описывающих отдельные элементы объекта и взаимодействия между ними. На основе этого уравнения (или системы уравнений) может быть построена и объектная модель.

Однако этот подход может быть не всегда реализован инженером, например в случае, когда имеется реальный объект, но не известна его структура. В последнем случае задача идентификации объекта может быть более эффективно решена построением модели непосредственно по результатам исследования объекта.

Оценка инерционности нелинейного элемента может быть дана по скорости изменения входного воздействия, при которой она начинает проявляться.

Во многих случаях в качестве приближенной модели инерционного нелинейного элемента (ИНЭ) можно рекомендовать последовательное соединение линейного (Л) инерционного элемента, безынерционной нелинейности (БН), а затем вновь линейного (Л) инерционного элемента. Назовем такую модель Л-БН-Л-моделью.



Рисунок 6 - Пример Л-БН-Л-модели нелинейного элемента

Модель безынерционной части НЭ это его статическая характеристика. Она и определяет статические и дифференциальные коэффициенты усиления

всего НЭ. Поэтому коэффициенты усиления линейных частей Л-БН-Л-модели задаются равными единице.

Совокупные инерционные свойства первой и второй линейных частей Л-БН-Л-модели нелинейного объекта могут быть оценены путем подачи относительно малых приращений воздействия при разных значениях исходного уровня воздействия, соответствующего разным линейным участкам статической характеристики (рисунок 7).

При заданных уровнях воздействия нелинейный элемент по отношению к малым приращениям воздействия является линейным с отличающимися в общем случае параметрами линейных элементов (коэффициентом усиления и постоянными времени), которые могут зависеть от уровня постоянной составляющей входного воздействия, т.е. рабочей точки. Переходные характеристики, полученные в режиме малого сигнала, позволяют определить вид передаточной функции и параметры ее элементов для последовательного соединения первой и второй инерционных частей.

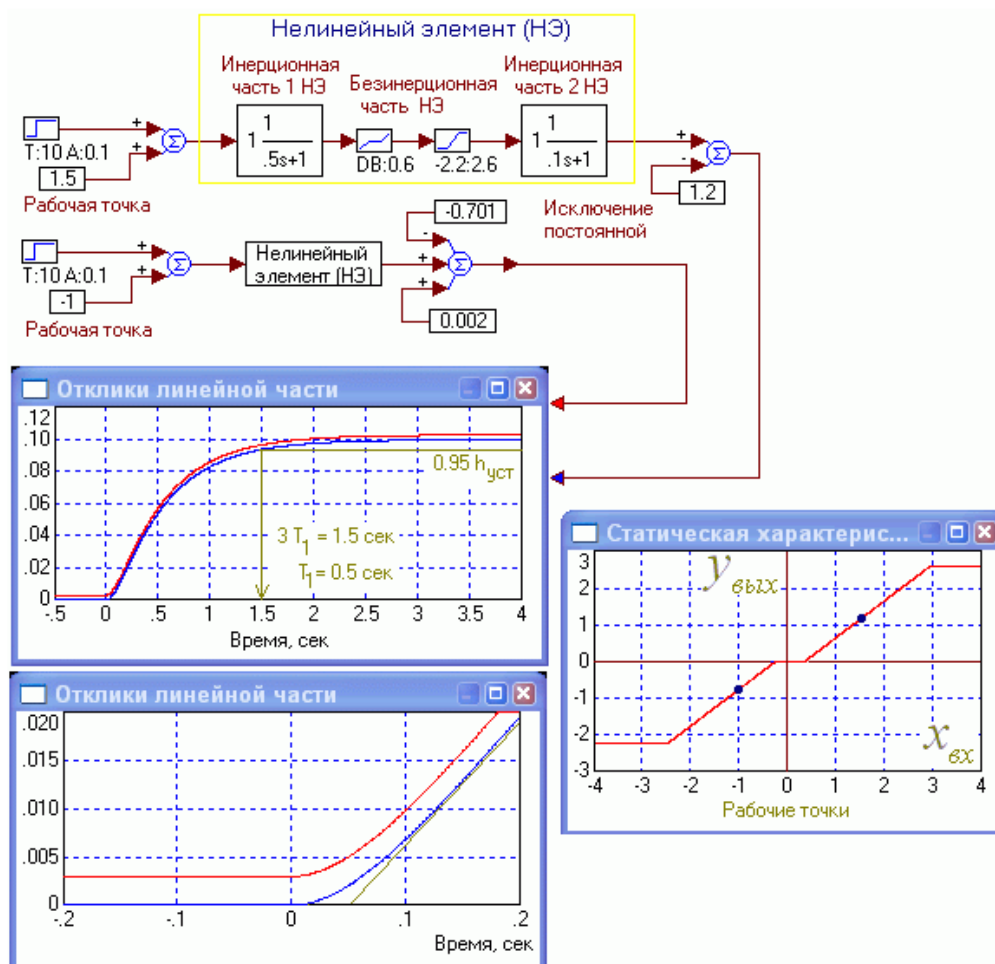


Рисунок 7 - Оценка совокупных инерционных свойств Л-БН-Л-модели нелинейного элемента.

Совокупная инерционность элемента в режиме малого сигнала не зависит от уровня постоянной составляющей входного сигнала (рабочей точки), т.к.

значения переходных функций. В данном случае крутизна статической характеристики в окрестностях обеих рабочих точек одинакова, составляет единицу и поэтому уровень, к которому стремятся переходные функции один и тот же и равен величине входной ступеньки $A = 0.1$. При идентификации нелинейного объекта его внутренняя структура не известна

Примечание. Если статическая характеристика НЭ не имеет участков с наклонами отличными от нуля, например, у реле с памятью, то и в этом случае первая и вторая инерционности Л-БН-Л-модели могут быть оценены.

Лабораторная работа №1. Определение статической характеристики нелинейного элемента

Определить вид и параметры статических характеристик нелинейных элементов.

1) Загрузка лабораторных стендов

Запустить VisSim. Установить кириллицу: View (Вид) - Fonts (Шрифты) - выбрать шрифт MS SansSerif, кириллица, размер 12).

Выбрать красивое оформление блоков и линий связи: View (Вид) – PresentationMode (Режим презентации).

Загрузить из файла (см. Приложение, файл 1_Stat_Char_Hand_Meas.vsm) модель виртуального стенда (рисунок 8).

Сохранить файл модели с измененным названием, например Stat_Char_Hand_Meas_Stud.vsm в личной папке студента.

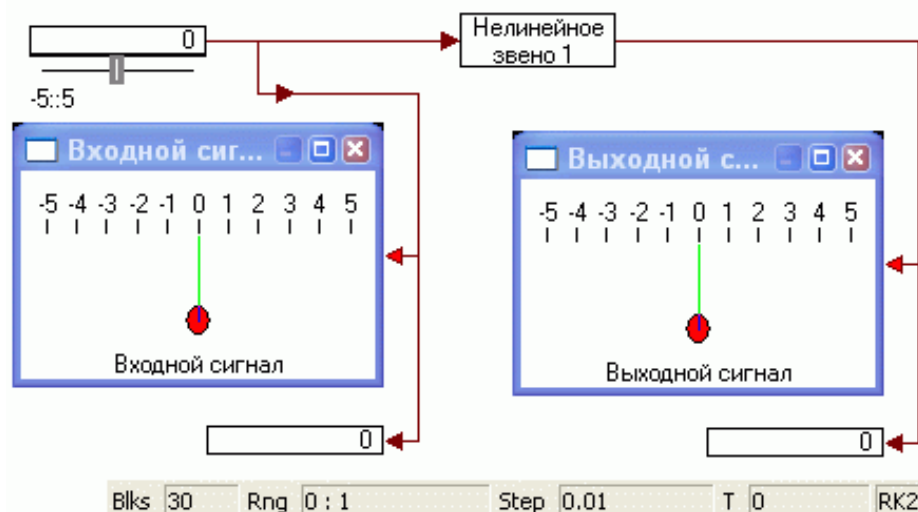


Рисунок 8 - Лабораторный стенд для экспериментального ручного определения статической характеристики нелинейного элемента

Дополнить надписи.

2) Экспериментальное определение статической характеристики

Изменяя с помощью слайдера (ползунка, т.е. управляемого генератора

постоянного сигнала) величину воздействия, подаваемого на нелинейный элемент измерять значения выходного сигнала и заносить их в таблицу или документ программы Mathcad (см. файл 1_Stat_Char_Interp.mcd в Приложении). В местах резкого изменения характеристики уменьшать шаг изменения входного воздействия.

Построить в графическом редакторе Paint или в среде Mathcad график статической характеристики. Определить параметры статической характеристики.

Сделать снимок лабораторного стенда, на котором поместить также и статическую характеристику нелинейного элемента 1. Сохранить снимок в личной папке в формате gif, распечатать и приложить его к отчету.

3) Автоматическое определение однозначной статической характеристики

Снять статическую характеристику нелинейного элемента и определить ее параметры.

Загрузить из файла (см. Приложение, файл 2_St_Ch_Auto_Mesur.vsm) модель виртуального стенда (рисунок 9).

Сохранить файл модели с измененным названием, например 2_St_Ch_Auto_Mesur_Stud.vsm в личной папке студента.

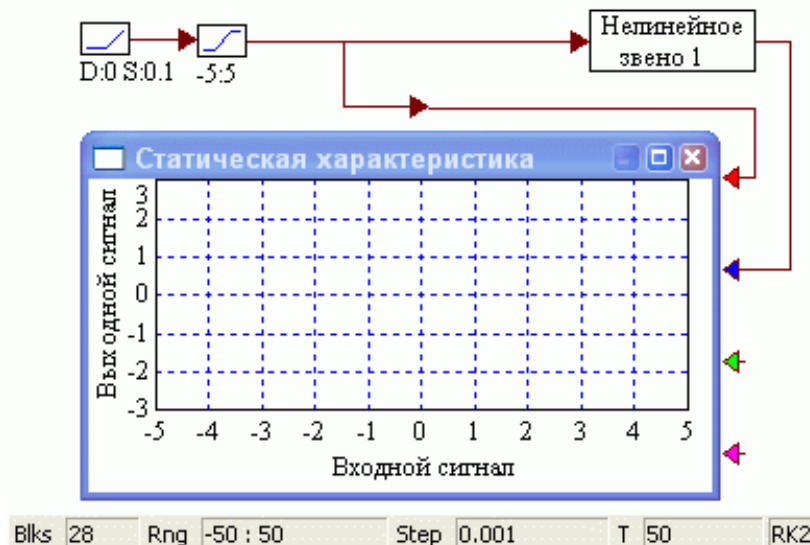


Рисунок 9 - Стенд для автоматического снятия статической характеристики нелинейного элемента

Построение графиков можно задать различными типами линий – непрерывными, точечными и ступенчатыми. Для этого необходимо включить опцию LineType (Тип следа). Если необходимо отрисовать более одной линии на осциллограмме, используется вкладка Traces (Лучи), представленная на рисунке 10, которая позволяет изменить цвет каждой линии графика и задать вид меток на этих линиях. Для каждой из обозначенных номерами кривых выводится свой список цветов и список меток. Из них и осуществляется выбор

нужных цветов и нужных меток.

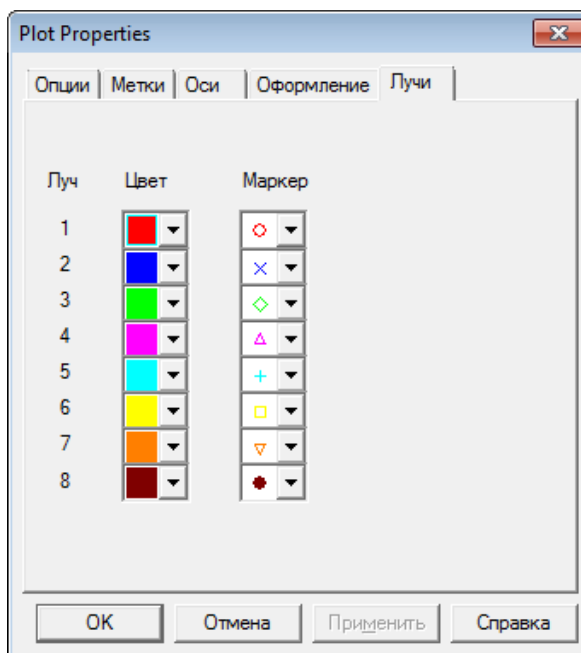


Рисунок 10 - Окно свойств блока plot с открытой вкладкой Лучи

Функция Overplot (запоминание следов) приводит к сохранению указанного количества последних следов Plotpoints осциллограмм при повторных пусках моделирования. Это дает возможность отследить действие вариации параметров на модель. Кнопка ClearOverplot (очистить график) приводит к очистке всех следов осциллограмм.

Вкладка Labels (Метки) служит для установки различных надписей – меток. Она представлена на рисунке 11. По умолчанию задана лишь одна из надписей по оси X. Можно также задать надпись по оси Y, титульную надпись, подтитульную надпись и надписи для обозначения кривых.

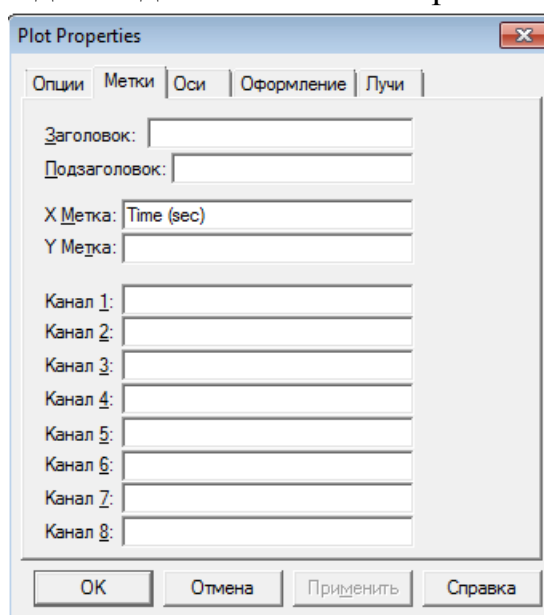


Рисунок 11 - Окно свойств блока plot с открытой вкладкой Метки

Развертка осциллографа по горизонтальной оси осуществляется подачей линейно растущего сигнала на первый вход осциллографа и включенной функцией XY-Plot (Фазовая XY-плоскость) вкладки Options окна свойств виртуального осциллографа. Она позволяет подавать дополнительный сигнал на ось X, что нужно для построения фазовых портретов (рисунок 12)

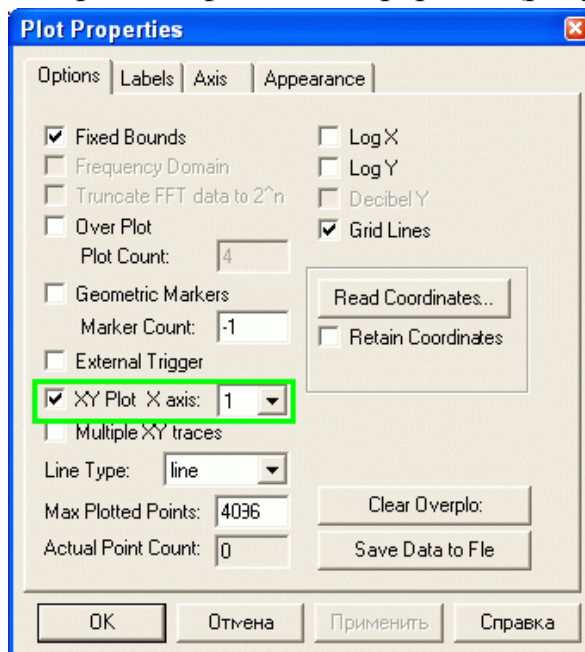


Рисунок 12 - Задание горизонтальной развертки осциллографа сигналом, подаваемым на первый (верхний) вход

В рамках теории нелинейных колебаний исследование режимов функционирования динамических систем сводится к изучению поведения траекторий в пространстве состояний (которое называют *фазовым пространством*).

Пространство, координатами точки в котором являются переменные x_1, x_2, \dots, x_N , определяющие состояние системы в произвольный момент времени, называется *фазовым пространством* динамической системы. Изменению состояния во времени соответствует движение изображающей точки вдоль некоторой линии (*фазовой траектории*).

При изменении скорости линейного роста генератора amp следует подбирать и соответствующие значения диапазона изменения времени (Simulate-Simulation Properties - Range) для того, чтобы характеристика помещалась в заданных пределах от -5 до 5 единиц (рисунок 13).

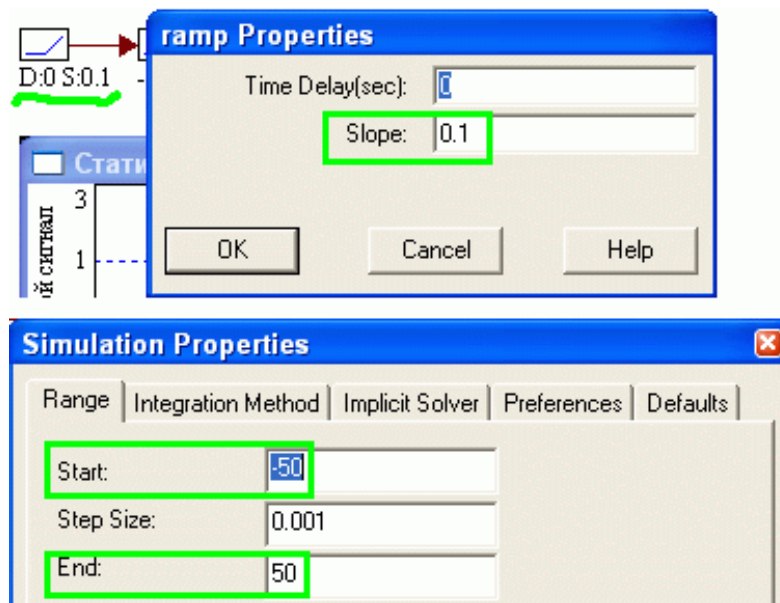


Рисунок 13 - Поля ввода для модификации скорости роста линейного сигнала генератора ramp и пределов времени моделирования, Slope - скорость роста линейного сигнала, ед/с

Сделать снимок лабораторного стенда, на котором поместить также и статическую характеристику нелинейного элемента 1. Сохранить снимок в личной папке в формате gif, распечатать и приложить его к отчету.

Сравнить результаты со статической характеристикой, полученной вручную. Сделать и записать в протоколе работы выводы.

4) Автоматическое построение неоднозначной статической характеристики

Построить статическую характеристику реле с памятью.

Нелинейные элементы с неоднозначными статическими характеристиками обладают своего рода памятью: их выходная величина определяется не только значением входного воздействия, но и тем, каким было и как изменялось входное воздействие (возрастало или убывало) и каким была выходная величина в предшествующий момент времени.

Загрузить из файла (см. Приложение, файл 3_Relay_St_Ch_Invest.vsm) модель виртуального стенда (рисунок 14).

Сохранить файл модели с измененным названием, например 3_Relay_St_Ch_Invest_Stud.vsm в личной папке студента.

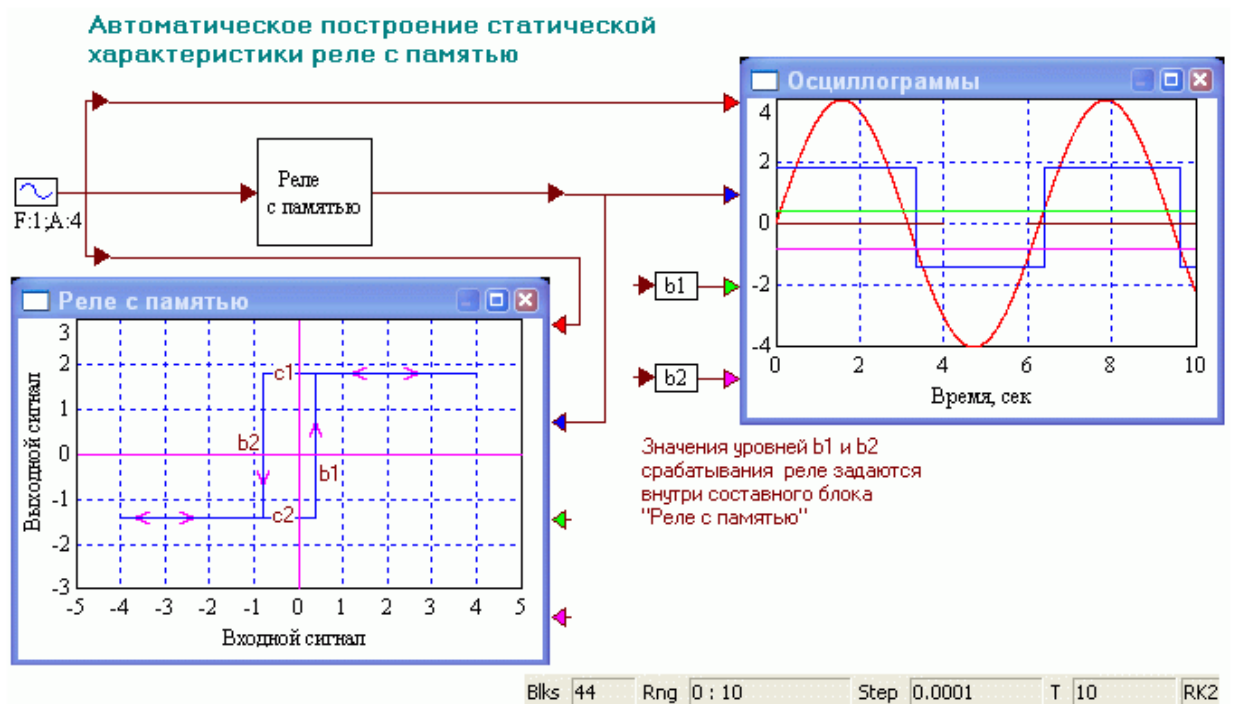
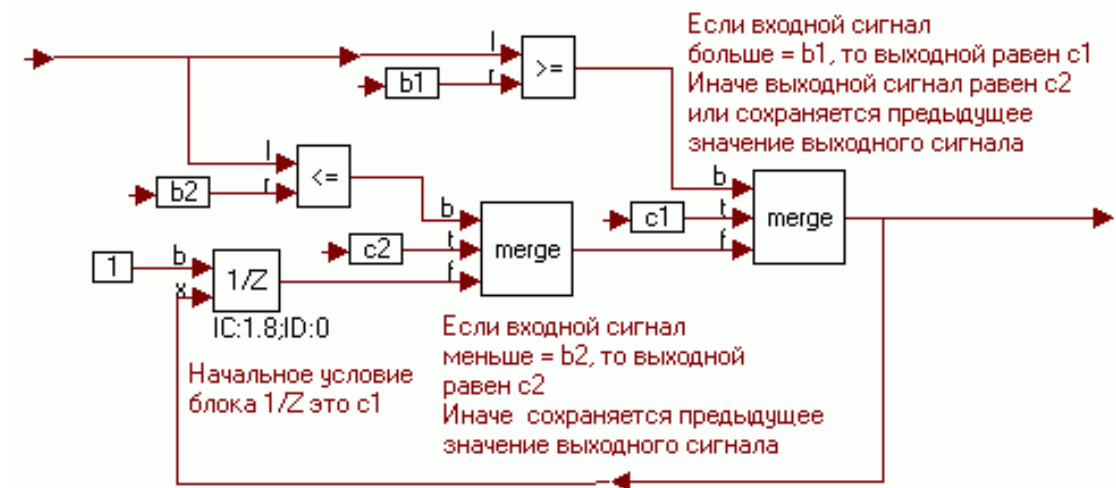


Рисунок14 - Лабораторный стенд для автоматического построения статической характеристики реле с памятью

Принцип работы реле с памятью состоит в том, что переключение из состояния, когда выходной сигнал равен c_2 , в состояние c_1 происходит только тогда, когда входной сигнал увеличивается и становится равным b_1 . Для перевода реле из состояния c_1 в состояние c_2 необходимо входной сигнал уменьшать до значения b_2 и ниже. В момент равенства происходит переключение.

Принцип работы составного блока "Реле с памятью" поясняется на рисунке 15. Параметры блока могут задаваться разными, необходимо только, чтобы выполнялись условия $b_1 > b_2$ и $c_1 > c_2$. Обычно используются симметричные относительно осей координат значения. Имеется возможность задавать значения параметров статической характеристики.



Задание параметров статической характеристик



Рисунок 15 - Содержание составного блока "Реле с памятью".

Наличие элемента запаздывания в блоке приводит к тому, что предпочтительнее использовать сравнительно "медленные" сигналы, а также малое значение шага интегрирования.

Запустить модель на счет. Убедиться, что блок "Реле с памятью" имеет неоднозначную характеристику.

Обратить внимание на осциллограмме лабораторного стенда (рисунок 14) на то, при каких значениях входного сигнала происходит переключение реле из одного состояния в другое. Для быстрого определения координат любой точки окна графопостроителя на вкладке Опции надо активизировать кнопку Read Coordinates (Снятие координат). На экране появится зеленое перекрестие и поля для отображения координат X и Y центра перекрестия. Опция Snapto Data(C

привязкой) привязывает центр перекрестия к кривой. Для фиксации перекрестия используется клавиша Enter.

Изменить значения параметров блока, построить статическую характеристику, определить и зарегистрировать параметры характеристики, сделать снимок экрана, сохранить его в формате gif в личной папке студента. Приложить его к отчету.

Для более детального просмотра осциллограммы («лупы времени») выполните следующие действия:

Нажмите и удерживайте клавишу Ctrl;

С помощью указателя мыши выделите требуемую область осциллограммы (нажав кнопку мыши и переместив указатель по диагонали). При этом в процессе перемещения указателя его текущие координаты в осциллограмме будут подсвечиваться в левой нижней части окна осциллографа;

Отпустите кнопку мыши – будет выполнен вывод в увеличенном масштабе выделенной части графика;

Отпустите клавишу Ctrl.

Для сброса осциллограммы к исходному масштабу выполните следующие действия:

Нажмите и удерживайте клавишу Ctrl;

Расположите указатель мыши в окне графопостроителя;

Щелкните правой кнопкой мыши, и масштаб будет сброшен к исходному;

Отпустите клавишу Ctrl.

Лабораторная работа №2. Определение совокупной инерционности нелинейного звена (Л-НБ_Л-модели)

Определить в режиме малого сигнала передаточную функцию последовательного соединения линейных частей Л-НБ_Л-модели нелинейного элемента.

Загрузить из файла (см. Приложение, файл 4_Lin_Part_NonLin.vsm) модель виртуального стенда (рисунок 16).

Сохранить файл модели с измененным названием, например 4_Lin_Part_NonLin_Stud.vsm в личной папке студента.

Порядок определения:

- 1) Построить статическую характеристику НЭ
- 2) Выбрать рабочие точки на линейно растущих участках характеристики
- 3) Задать значения рабочих точек на стенде

- 4) Запустить моделирование и по переходным функциям определить тип и параметры линейного элемента

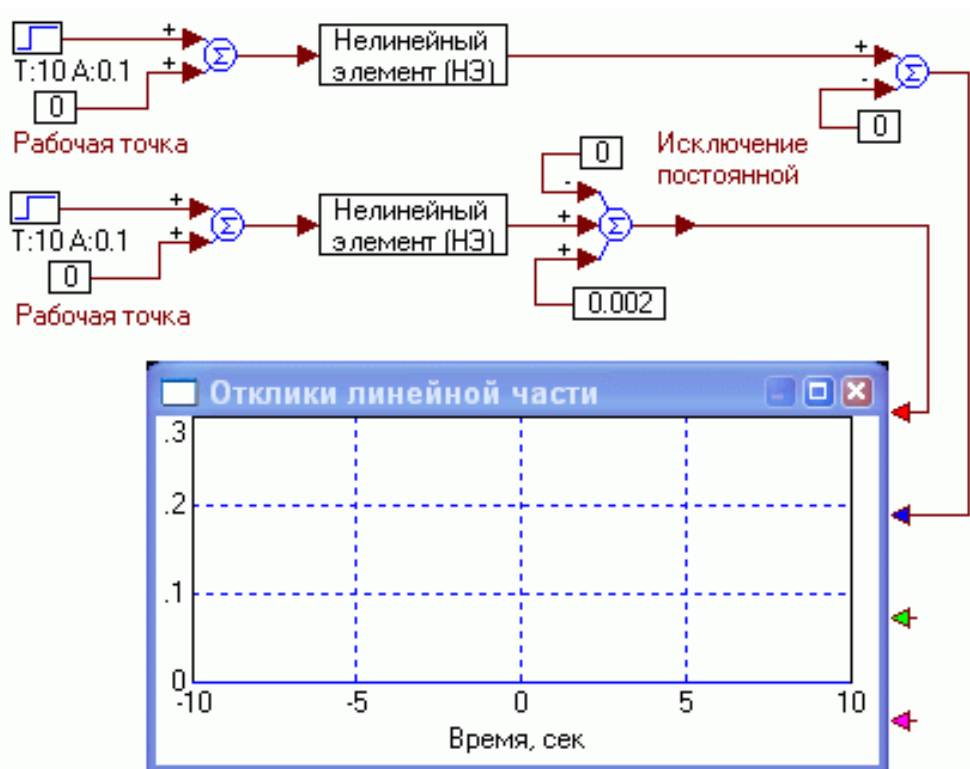


Рисунок 16 - Виртуальный лабораторный стенд для определения совокупной инерционности нелинейного элемента в режиме малого сигнала

Определить по переходным характеристикам тип и параметры звена, приближенно соответствующего совокупной линейной части нелинейного элемента, записать его передаточной функцию.

Построить в программе VisSim переходную функцию полученной модели линейной части (имеет смысл составить модель из двух, соединенных последовательно, апериодических звеньев) и сравнить ее с переходной функцией, полученной в режиме малого сигнала. При необходимости уточнить параметры модели.

Сделать снимок экрана с нелинейными элементами и моделью инерционной части, сохранить его в формате gif в личной папке студента. Приложить его к отчету.

Лабораторная работа №3. Построение в среде VisSim блока с требуемой статической характеристикой

VisSim предлагает исследователю специальный блок map (Blocks - Nonlinear - map), с помощью которого можно создать однозначную

нелинейность произвольного вида, задавая параметры характеристики в специальном файле с расширением .map.

Загрузить из файла (см. Приложение, файл 5_Map_St_Char.vsm) модель виртуального стенда (рисунок 17).

Сохранить файл модели с измененным названием, например 5_Map_St_Char_Stud.vsm в личной папке студента.

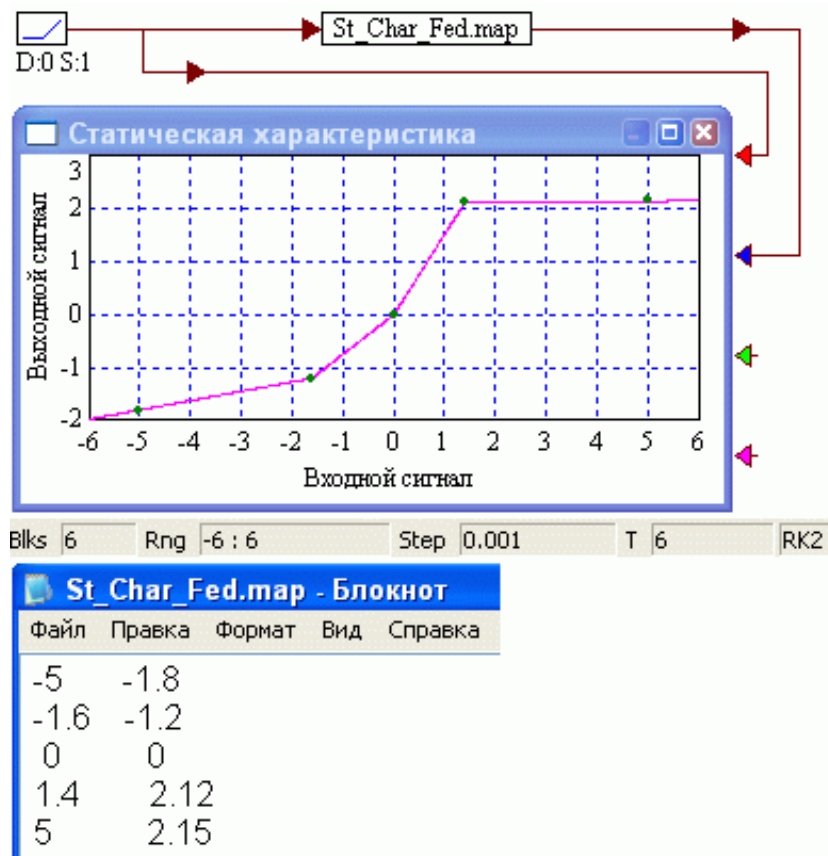


Рисунок 17 - Нелинейный безынерционный блок со статической характеристикой, заданной точками сопряжения линейных участков в файле St_Char_Fed.map: в левой колонке значения входного сигнала, в правой - выходного.

Задание

Создать в программном пакете VisSim блок со статической характеристикой аппроксимирующей характеристику, показанную на рисунке 18. Аппроксимацию выполнить не менее чем по 10-12 точкам.



Рисунок 18 - Статическая характеристика нелинейного звена

Для создания нелинейного блока с требуемой однозначной статической характеристикой следует сделать следующее.

Скопировать рисунок 18 в новый файл Paint. Поместить на рисунке точки сопряжения линейных участков аппроксимации. В местах, где кривизна кривой выше, поместить большее количество точек. Общее число точек взять не менее 10 -12.

Запустить Блокнот. Прочитать координаты отмеченных точек сопряжения линейных участков и занести в Блокнот в две колонки: слева значения абсцисс точек (входного сигнала), а справа - ординат (выходного сигнала). Значения разделять одним или несколькими пробелами (рисунок 17).

Сохранить (Файл - Сохранить как ... в Блокноте) созданную таблицу с названием St_Char_Stud.map в личной папке студента. Главное в этом названии - расширение файла .map.

Открыть новую диаграмму в программном пакете VisSim. Вынести на рабочее поле блок map (Blocks - Nonlinear - map), а также генератор линейно растущего напряжения ramp и осциллограф (рисунок 17). На первый вход интегратора подать сигнал от генератора и в свойствах осциллографа задать развертку по сигналу первого входа (рисунок12). Сигнал с выхода блока map подать на второй или третий вход осциллографа. Сохранить файл модели с названием Stat_Char_Stud.vsm в той же папке, что и файл St_Char_Stud.map.

Задать параметры блока map. Открыть двойным щелчком по блоку окно диалога Map Properties (Свойства блока map) (рисунок 19).

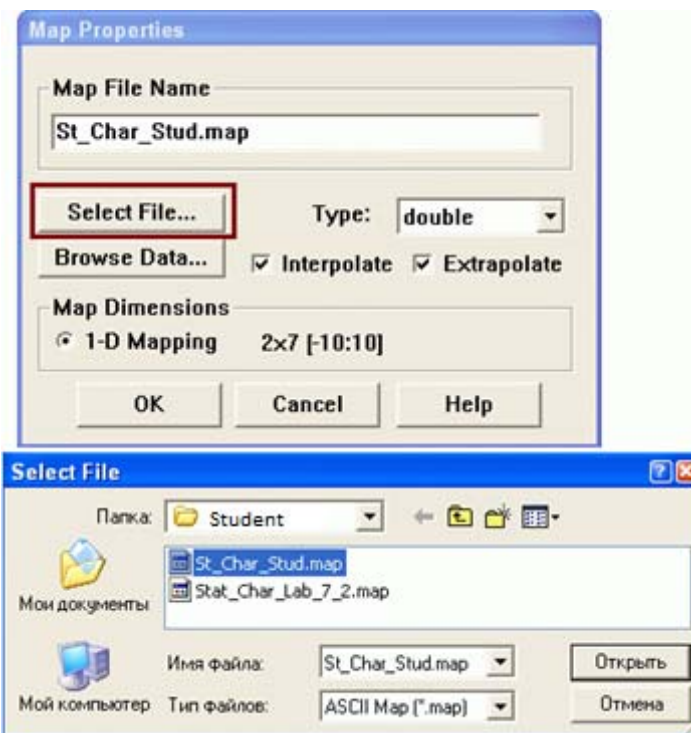


Рисунок 19 - Окна диалогов Map Properties (Свойства блока map) и Select File (Выбор файла)

Щелчком по кнопке Select File (Выбор файла) открыть окно диалога и указать путь к созданному файлу St_Char_Stud.map, щелкнуть по кнопке "Открыть".

Поставить флажки в полях Interpolate (Интерполировать значения) и Extrapolate (Экстраполировать значения за пределы диапазона по крайним отрезкам). Щелкнуть по кнопке ОК.

Задать свойства моделирования (Simulate – Simulation Properties - вкладка Range) (рисунок 20). Диапазон изменения входного воздействия нелинейного элемента (блока map) задан от -10 единиц до 10 единиц. В данном случае, при автоматическом снятии статической характеристики, диапазон изменения входного воздействия определяется диапазоном времени моделирования

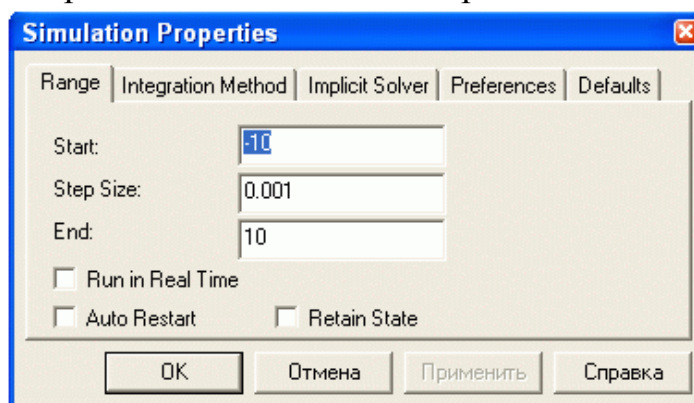


Рисунок 20 - Свойства моделирования для автоматического построения статической характеристики.

Запустить моделирование.

Проверить качество аппроксимации и если оно не удовлетворительно, добавить несколько точек на статической характеристике и внести их значения в файл St_Char_Stud.map. Открыть его для редактирования можно щелчком по кнопке BrowseData... (Просмотр данных) (рисунок 18). Повторять моделирование до тех пор, пока аппроксимация не станет удовлетворительной.

Сделать снимок экрана со статической характеристикой и моделью, сохранить его в формате gif в личной папке студента. Приложить его к отчету.

Оценить точность полученной статической характеристики. Сделать выводы.

Анализ результатов моделирования позволяет:

Получить представление о поведении объекта в различных условиях, найти оптимальные характеристики процесса;

Определить область применения модели;

Оценить обоснованность принятых при построении модели гипотез, определить пути ее совершенствования.

3 Отчет и защита работы

Отчет должен содержать:

- титульный лист;
- цель и задачи работы, кратко сформулированные своими словами;
- снимки экранов;
- выводыс подробным анализом влияния параметров нелинейных сил и процессов на динамические характеристики исследуемого процесса.

Защита работы включает доклад студента и его ответы на вопросы по теме лабораторной работы.

4 Контрольные вопросы

1. Что такое нелинейная система?
2. Какими свойствами обладает нелинейная система, и чем они отличаются от свойств линейной системы?
3. Изменяются ли свойства системы из последовательного соединения нелинейного и линейного звеньев, если изменить порядок их следования?
4. Перечислить основные характеристики нелинейного элементаи дать их определения.
5. Что такое существенно нелинейный элемент?

6. Какие существуют виды статических характеристик нелинейных элементов? Привести примеры статических характеристик.

7. В чем заключается принцип экспериментального определения статической характеристики?

8. Как автоматизировать определение статической характеристики нелинейного элемента?

9. Как установить факт наличия у нелинейного звена инерционности?

10. Что собой представляет безынерционная модель нелинейного элемента САР? В каких случаях она применима?

11. Что такое Л-НБ-Л-модель нелинейного элемента САР?

12. Как провести оценку совокупной инерционности нелинейного звена в режиме малого сигнала? Почему это можно сделать?

13. Какой стандартный блок программного пакета VisSim позволяет создать нелинейность со однозначной статической характеристикой общего вида? Как это делается?

Список литературы

1. Федосов Б.Т. ТАУ. Математическое описание линейных систем и их элементов. Рабочий учебник.

2. Федосов Б.Т. О детализации структуры модели нелинейной инерционной системы. 2004 г.

3. Лукас В.А. Теория автоматического управления. - М.: Недра, 1990. - с. 218.

4. Н. В. Клиначёв. Теория систем автоматического регулирования. Учебно-методический комплекс.

Горгоц Владимир Георгиевич
Кузнецова Елена Михайловна

**Исследования нелинейной динамики технологических систем
в программном пакете VisSim**

Методические указания
к выполнению комплекса лабораторных работ
по дисциплине «Нелинейная динамика технических систем»
для студентов очной и заочной форм обучения
направления 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и
производств»

В авторской редакции

Подписано к печати 11.02.14	Формат 60x84 1/16	Бумага тип. №1
Печать цифровая	Усл. печ. л. 1,75	Уч.-изд. л. 1,75
Заказ 63	Тираж 50	Не для продажи

РИЦ Курганского государственного университета.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.