

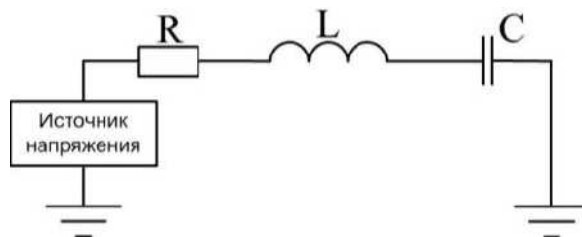
Лабораторная работа 5

Моделирование электрических схем

Моделирование последовательного RLC-контура

Математическое описание объекта моделирования

Произведем моделирование электрической схемы с источником питания и последовательно соединёнными RLC-сопротивлениями (RLC-контур). Принципиальный вид изучаемой электрической схемы показан на рисунке ниже

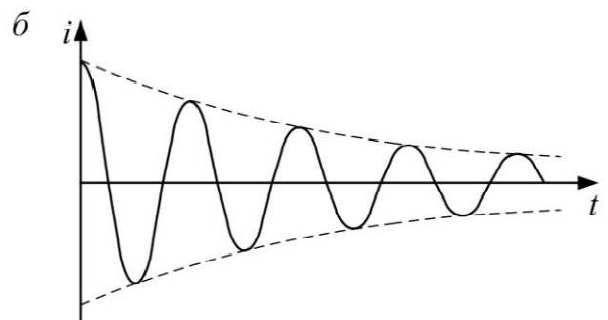
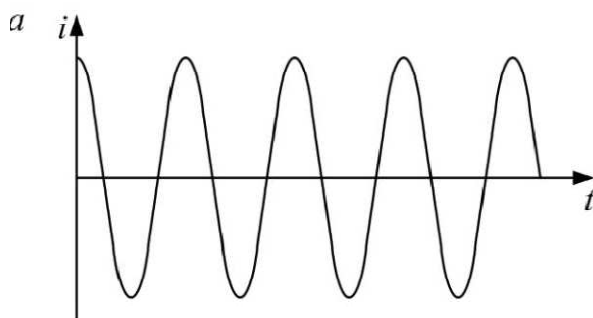


В работе необходимо изучить реакцию схемы на изменение величины напряжения источника питания. При продолжительном приложении постоянного напряжения к RLC-контур, протекающий по нему ток будет равен нулю, поскольку ёмкость не проводит постоянный ток. Однако если напряжение источника питания мгновенно изменяется, то начинается переходной процесс, вызывающий свободные колебания тока в цепи.

Если в контуре отсутствует активное сопротивление, то свободные колебания тока являются гармоническими. При таких колебаниях происходит превращение электрической энергии конденсатора в магнитную энергию катушки и наоборот. Такие колебания будут протекать бесконечно долго с частотой

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

как на рисунке (а)

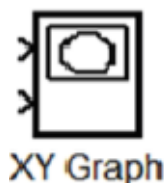


Все реальные контуры содержат активное сопротивление, поэтому с течением времени часть энергии будет рассеиваться в виде теплоты. В этом случае колебания будут затухающими, рисунок (б).

Блоки, необходимые для создания модели

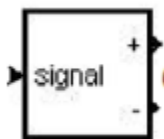
Sine Wave – генератор синусоидально изменяющегося сигнала. В настройках блока задаются следующие основные параметры: величина амплитуды генерируемого сигнала (Amplitude), В; частота генерируемого сигнала (Frequency), рад/с; фаза генерируемого сигнала (Phase), рад.

XY Graph – блок построения двумерных графиков. Строит график зависимости между входными сигналами. Данные для горизонтальной оси берутся по первому (верхнему) входу, а для вертикальной оси – по второму (нижнему) входу. График отображается автоматически сразу после начала расчёта. В настройках блока задаются следующие основные параметры: минимальное значение по горизонтальной оси (x_{\min}); максимальное значение по горизонтальной оси (x_{\max}); минимальное значение по вертикальной оси (y_{\min}); максимальное значение по вертикальной оси (y_{\max}).



Step – генератор ступенчато изменяющегося сигнала. На выходе создаёт постоянный сигнал, который изменяет своё значение до заданной величины в заданный момент времени. В настройках блока задаются следующие основные параметры: время переключения (Step time), с; значение сигнала до переключения (Initial value); значение сигнала после переключения (Final value).

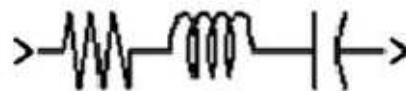
Controlled Voltage Source – управляемый источник напряжения. На выходе (между выходами «+» и «-») создаёт разность потенциалов (в вольтах), численно равную входному сигналу (на входе «Signal»)



Sum – сумматор. Производит суммирование или вычитание входных сигналов. Количество входов и знак (суммирование или вычитание) каждого входа задаются в настройках блока в строке List of signs в виде

последовательности необходимых знаков (+, –). Например, если требуется от величины сигнала с первого входа отнять величину сигнала со второго и третьего входов, то необходимо записать [+ – –] (без пробелов и квадратных скобок). Во всех лабораторных работах при использовании блока необходимо в его настройках в строке «Output Data Type Mode» выбрать параметр «Same As First Input». В настройках блока также можно изменить его внешний вид (Icon shape): круглый (Round) или прямоугольный (Rectangular).

Series RLC Branch – последовательный RLC контур. Представляет собой последовательно соединённые активное, индуктивное и ёмкостное сопротивление. В параметрах можно изменять активное сопротивление (Resistance), Ом; индуктивность (Inductance), Гн; ёмкость (Capacitance), Ф.



Series RLC Branch

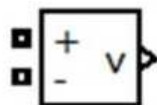
Замечание.

Для получения только одного сопротивления необходимо в элементе *Series RLC Branch* исключить остальные два. Исключения сопротивлений осуществляются проставлением для них следующих параметров: для активного сопротивления – «0», для индуктивного сопротивления – «0», для ёмкостного сопротивления – «inf» (англ. *infinity* – бесконечность). Например, для получения такого элемента в *Series RLC Branch* заданы параметры $R = 10$; $L = 10$; $C = \text{inf}$:



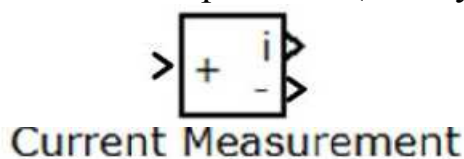
Series RLC Branch

Voltage measurement – датчик напряжения. На выходе создаёт сигнал, численно равный разности потенциалов на входе блока (между входами «+» и «–»).

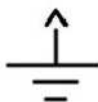


Voltage Measurement

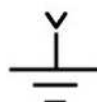
Current measurement – датчик тока. На выходе создаёт сигнал, численно равный силе тока, проходящего через него (между входами «+» и «-»)



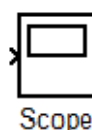
Ground – заземление. Внешний вид блока. Может быть с выходом



или с входом

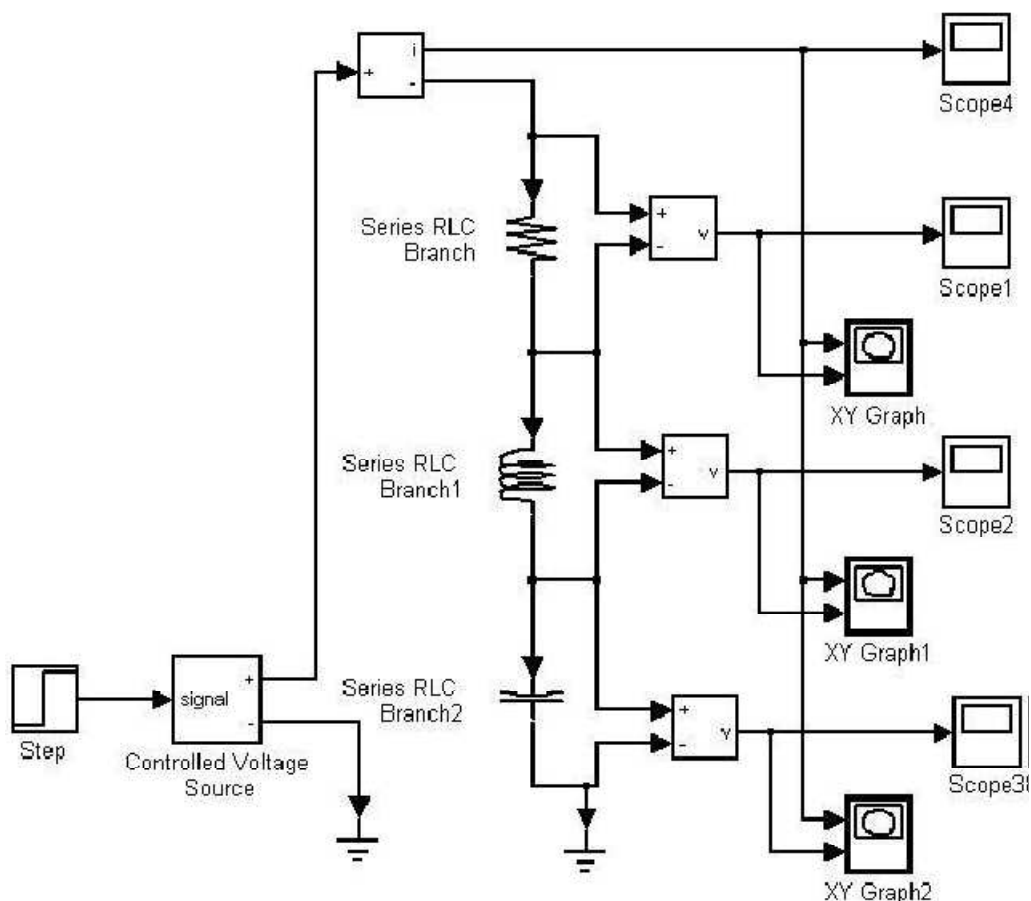


Scope – осциллограф. Строит график зависимости входного сигнала от времени. Для просмотра графика необходимо дважды щелкнуть левой кнопкой мыши на блоке. Осциллограф может иметь несколько входов. Для этого необходимо в параметрах осциллографа (кнопка) указать количество входов (Number of axes). В случае, когда входной сигнал имеет значения больше или значительно меньше шкалы графика, следует нажимать на кнопку (Autoscale). Для увеличения масштаба используются кнопки: – увеличение масштаба по заданной области; – увеличение масштаба по горизонтальной оси; – увеличение масштаба по вертикальной оси. Также в параметрах можно задавать предел точек, из которых строится график. Во всех лабораторных работах необходимо исключить такой предел точек. Для этого нужно в настройках убрать галочку «Limit Data Points to Last»



План работы

1. Создать модель RLC-контура, где напряжение источника питания изменяется ступенчато. *Для отчета : Сохранить внешний вид модели и полученные осциллограммы и графики.* Основная электрическая схема, используемая в работе и созданная в Simulink, представлена на рисунке. Параметры моделирования для всех вариантов работы должны быть следующими: время моделирования 0–0,1 с; метод моделирования ode23s. Параметры сопротивлений: активное – выбирается согласно варианту из таблицы; индуктивность – 0,01 Гн; ёмкость – 0,001 Ф.

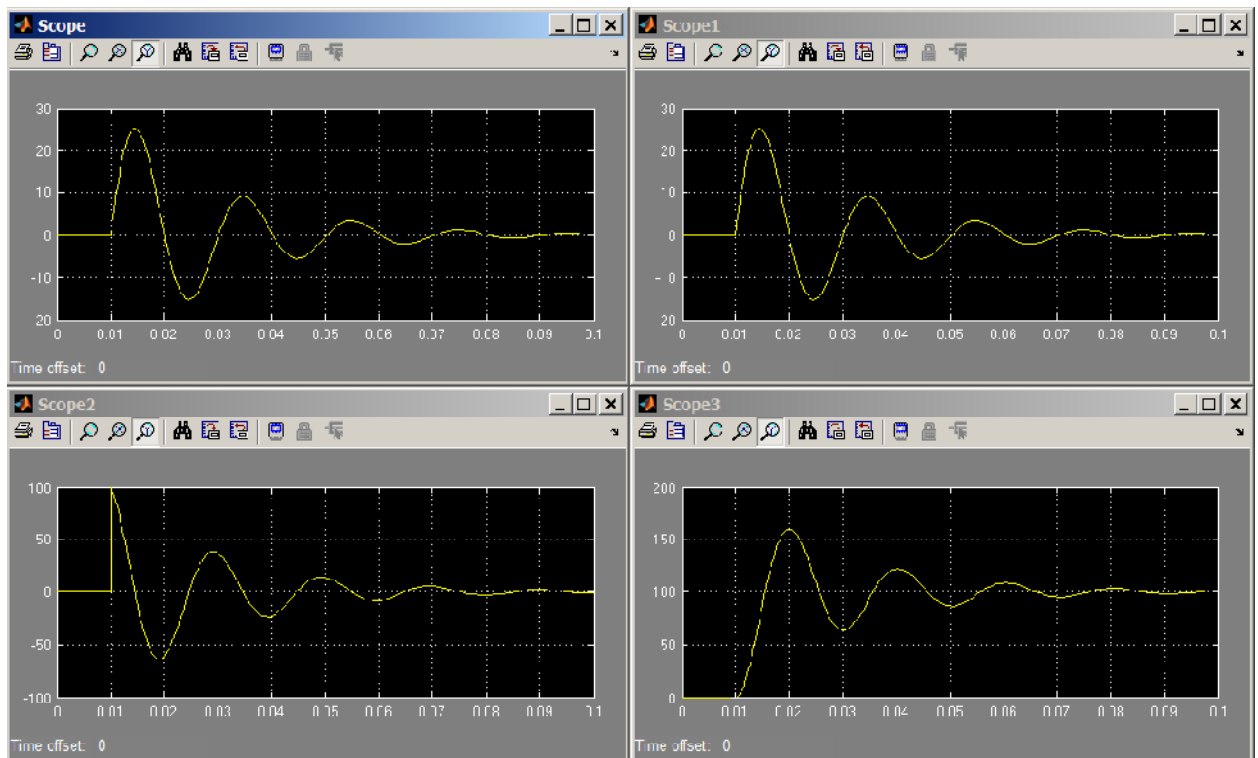


Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R, Ом	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
E, В	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	630

Ступенчатое изменение питающего напряжения осуществляется следующим образом:

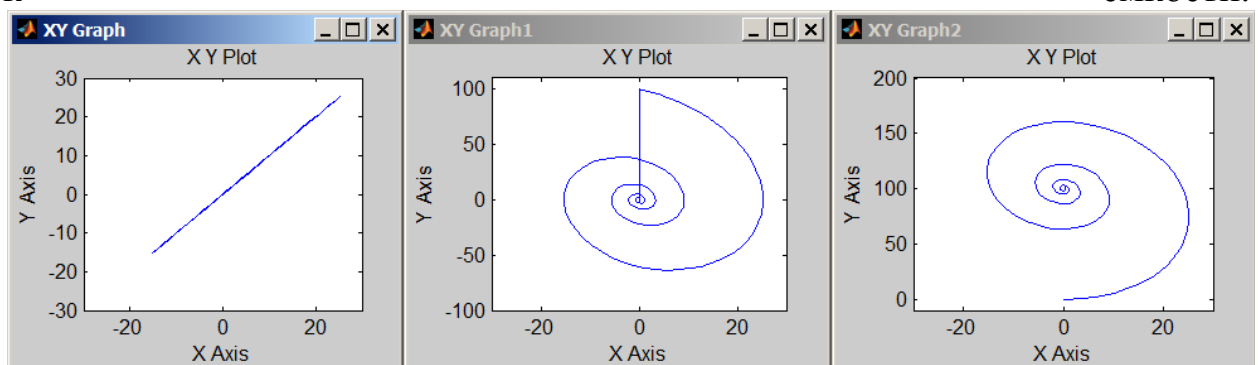
RLC-контур питается от управляемого источника напряжения, который управляется генератором ступенчато изменяющегося сигнала.

Параметры элемента *step*: время переключения – 0,01 с, значение сигнала до переключения – 0; значение сигнала после переключения – выбирается согласно варианту из таблицы в строке «Е». После установки необходимых параметров можно начинать расчёт модели. При этом границы осей графиков с элементов *XY Graph* необходимо задать такими, чтобы построенные линии отходили от крайнего значения оси на 10–20 значений. Если заданы правильные параметры, то элементы *Scope* должны построить осциллограммы, аналогичные представленным на рисунке,



а элементы *XY Graph* – графики, аналогичные представленным на рисунке

Из рисунков видно, что при подаче напряжения на RLC-контур (время 0,01 с) происходит колебательный процесс в виде затухающих колебаний. При этом в начальный момент времени всё напряжение источника прикладывается к индуктивности, а с увеличением времени – к ёмкости.

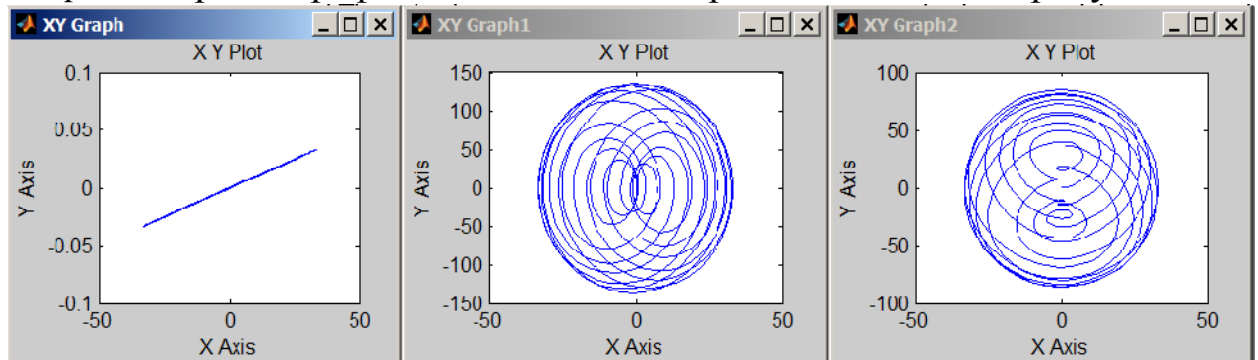


Графики, построенные элементами *XY Graph*, представляют собой вольтамперные диаграммы элементов. Из них видно, что на активном сопротивлении ток и напряжение совпадают по фазе, а на индуктивном и ёмкостном – не совпадают.

2. Создать модель RLC-контра, где напряжение источника питания изменяется синусоидально. Для отчета: Сохранить внешний вид модели и полученные осциллограммы и графики.

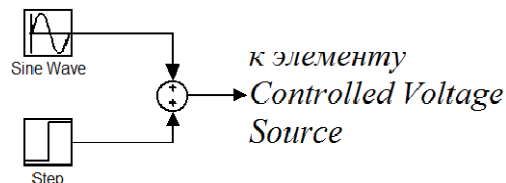
Для создания синусоидально изменяющегося напряжения на выходе управляемого источника напряжения необходимо в схеме элемент *Step* заменить элементом *Sine Wave*.

Параметры элемента *Sine Wave* задаются следующие: амплитуда сигнала – 50; частота сигнала – 500 рад/с; фаза – 0. Параметры моделирования и элементов сопротивлений остаются прежними, за исключением величины активного сопротивления: его необходимо установить равным 0,001 Ом. Если всё сделано правильно, то блоки *XY Graph* отобразят графики, аналогичные представленным на рисунке

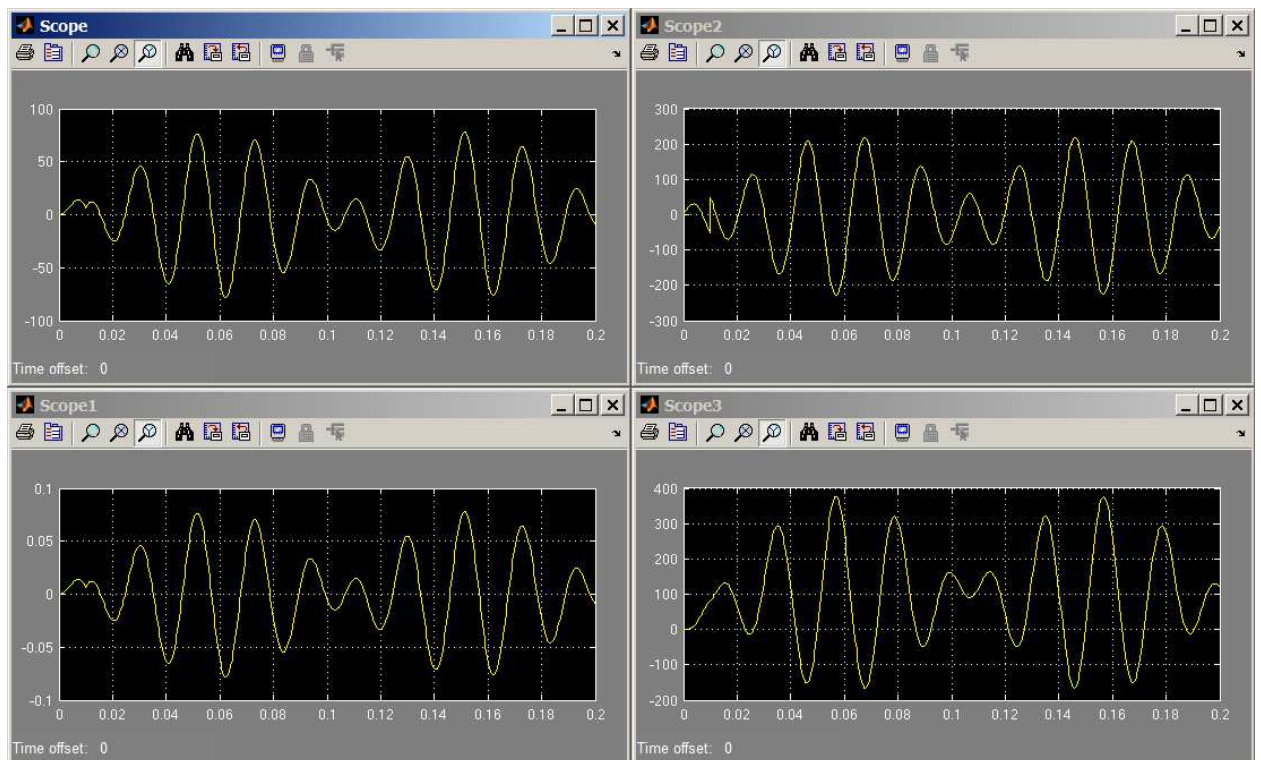


3. Создать модель RLC-контра, где напряжение источника питания изменяется ступенчато и синусоидально. Для отчета :Сохранить внешний вид модели и полученные осциллограммы и графики.

Для получения необходимого напряжения на выходе управляемого источника напряжения к элементу *Step* необходимо добавить элемент *Sine Wave* так, как показано на схеме ниже. Параметры моделирования и сопротивлений остаются аналогичными параметрам, принятым во втором пункте.



Необходимо задать следующие параметры элемента *Sine Wave*: амплитуда сигнала – 50; частота сигнала – 500 Гц; фаза – 0. Для элемента *Step* параметры: время переключения – 0,01 с; значение сигнала до переключения – 0; значение сигнала после переключения – из таблицы. Если всё сделано правильно, то элементы *Scope* построят осциллограммы, аналогичные представленным на рисунке.



Из осциллограмм видно, что в цепи наблюдается неравномерность амплитуды. Это объясняется тем, что частота источника напряжения не совпадает с резонансной частотой RLC-контура, что вызывает наложение гармоник различной частоты.

4. Сделать вывод о проделанной работе. Вывод должен отражать основные особенности реакции RLC-контура на различные виды подаваемого на него напряжения.

Содержание отчёта:

1. введение;
2. внешний вид модели со ступенчато изменяющимся напряжением источника (п. 1);
3. осциллограммы и графики, полученные при расчёте модели со ступенчато изменяющимся напряжением источника (п. 1);
4. внешний вид модели с синусоидально изменяющимся напряжением источника (п. 2);
5. осциллограммы и графики, полученные при расчёте модели с синусоидально изменяющимся напряжением источника (п. 2);
6. внешний вид модели с различно изменяющимся напряжением источника (п. 3);
7. осциллограммы и графики, полученные при расчёте модели с различно изменяющимся напряжением источника (п. 3);
8. вывод.