

1. Лабораторная работа № 1.

«Исследование однофазного неуправляемого двухполупериодного выпрямителя»

1. Цель работы

Исследование на компьютерной модели однофазного неуправляемого двухполупериодного выпрямителя при работе на активно-индуктивную нагрузку.

2. Содержание работы

Исследование внешней и энергетических характеристик однофазного двухполупериодного выпрямителя при работе на активно-индуктивную нагрузку.

3. Задание

Вариант	Параметры источника питания		Параметры трансформатора			Параметры нагрузки
	U_{AC} , В	f_{AC} , Гц	S , кВт	U_1 , В	K_T	R_n , Ом
1	220	50	300	220	1	1
2	380	100	200	380	2	1
3	540	150	150	540	3	1
4	220	100	200	220	1	1
5	380	50	300	380	3	1
6	540	100	175	540	4	1
7	220	150	250	220	1	1
8	380	150	125	380	2	1
9	540	50	100	540	4	1
10	220	200	225	220	1	1

3. Описание виртуальной лабораторной установки

Виртуальная лабораторная установка для исследований, предусмотренных содержанием работы, показана на рис. 1, она содержит;

- источник синусоидального напряжения (AC Voltage);
- однофазный трансформатор (Transformer);
- однофазный диодный мост (Universal Bridge),
- активно-индуктивную нагрузку (R, L);
- обратный диод (Diode);
- измерители мгновенных токов в источнике питания (I1) и нагрузке (I Load),
- измеритель мгновенного напряжения на нагрузке (U Load);
- блок для измерения гармонических составляющих тока питания (Fourier I1);

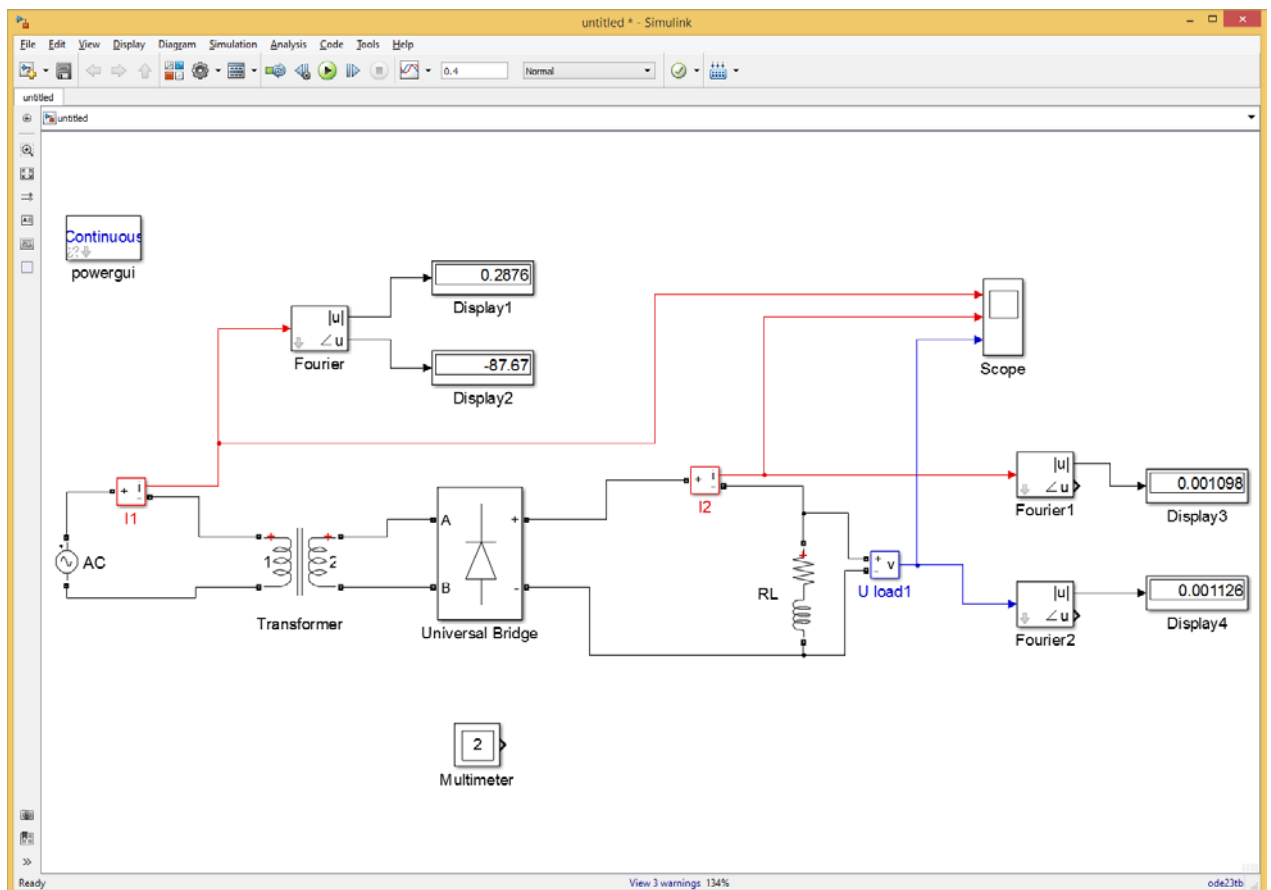


Рис. 1 Модель однофазного выпрямителя

- блок для измерения гармонических составляющих тока нагрузки

(Fourier I0) и аналогичный блок для измерения гармонических составляющих напряжения на нагрузке (Fourier U0);

- блок для наблюдения (измерения) мгновенных значений тока в цепи питания, тока нагрузки и напряжения на нагрузке (Scope);
- блок для наблюдения и измерения мгновенных значений величин, которые выбраны в поле Measurement соответствующих блоков (Multimeter);
- блок для измерения амплитудного значения тока первой гармоники и ее фазы в цепи питания (Display 1);
- блок для измерения средних значений тока и напряжения на нагрузке (Display 2).

Окно настройки параметров источника питания показано на рис. 2.

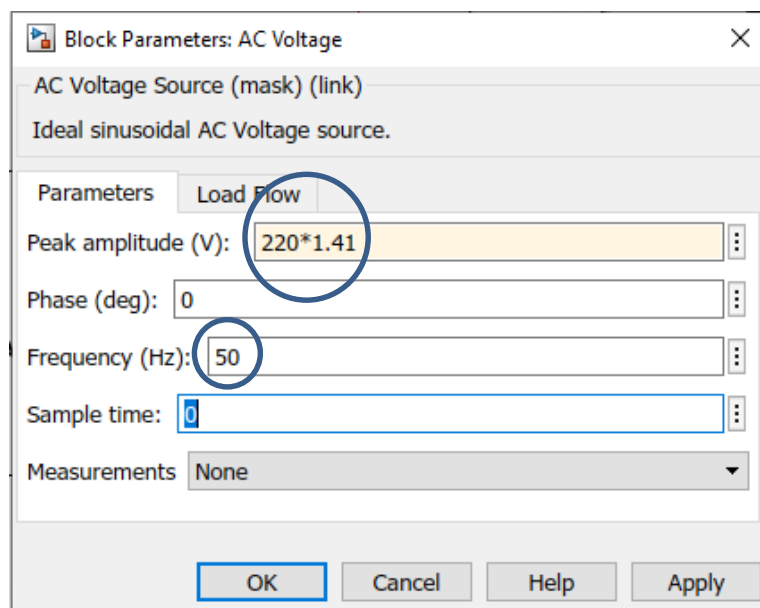


Рис. 2 Окно настройки параметров источника питания

В полях настройки задаются:

- амплитуда напряжения в вольтах (Peak amplitude, V);
- начальная фаза напряжения в градусах (Phase, deg);
- частота напряжения в герцах (Frequency, Hz).

Параметр Sample time задает дискретность задания напряжения. Данный параметр имеется во многих библиотечных блоках, он должен быть согласован со временем дискретизации при задании параметров.

Окно настройки параметров трансформатора показано на рис. 3. В полях окна настройки вводятся номинальная мощность и частота трансформатора (Nominal power and frequency), параметры первичной и вторичной обмоток (Winding 1 parameters, Winding 2 parameters) и параметры ветви намагничивания (Magnetization resistance and reactance).

Block Parameters: Linear Transformer

Linear Transformer (mask) (link)

Implements a three windings linear transformer.

Click the Apply or the OK button after a change to the Units popup to confirm the conversion of parameters.

Parameters

Units SI

Nominal power and frequency [Pn(VA) fn(Hz)]:

[200e3 50]

Winding 1 parameters [V1(Vrms) R1(ohm) L1(H)]:

[100 0.01 0.000001]

Winding 2 parameters [V2(Vrms) R2(ohm) L2(H)]:

[200 0.04 0.000004]

☐ Three windings transformer

Winding 3 parameters [V3(Vrms) R3(ohm) L3(H)]:

[3.15e+05 0.7938 0.084225]

Magnetization resistance and inductance [Rm(ohm) Lm(H)]:

[100 2]

Measurements None

OK Cancel Help Apply

Рис. 3 Окно настройки параметров трансформатора

Для определения относительных параметров трансформатора необходимо рассмотреть его схему замещения.

Обобщенная схема замещения трансформатора показана на рис. 4. Эта схема замещения представлена как идеальный трансформатор с вынесенными элементами, характеризующими потери в обмотках (R_1 , R_2 ,

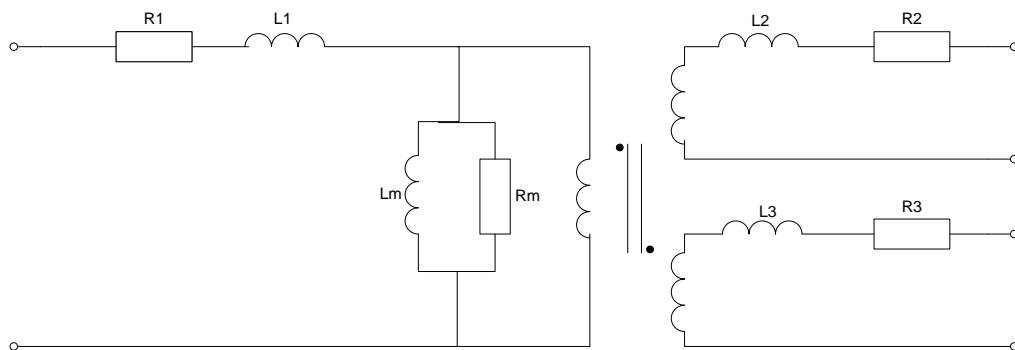


Рис. 4. Обобщенная схема замещения трансформатора

R3), потоки рассеяния обмоток ($L1$, $L2$, $L3$) и цепь намагничивания трансформатора (Lm , Rm).

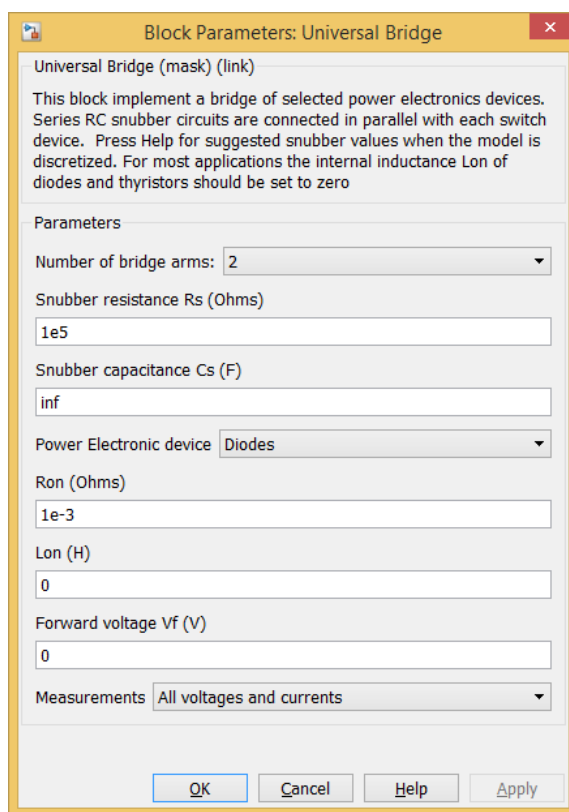


Рис.5 Окно настройки параметров диодного выпрямителя

Окно настройки параметров выпрямителя показано на рис. 5. В полях настройки заданы:

- количество ветвей моста (2) (Number of bridge arms);
- конфигурация входных и выходных портов (Port configuration);

- параметры демпфирующих цепей (Snubber resistance, Snubber capacitance);
- тип полупроводниковых приборов в универсальном мосте (Power Electronic device);
- динамическое сопротивление диодов в открытом состоянии в Омах (Ron, Ohms);
- индуктивность диода в открытом состоянии в генри (Lon, H);
- пороговое напряжение на диоде в открытом состоянии в вольтах (Forward voltage, V). В поле Measurement выбраны величины, которые измеряются блоком Multimeter.

Окно настройки параметров нагрузки показано на рис. 6. Для реализации активно-индуктивной нагрузки в последовательной R, L, C цепи в двух первых полях (Resistance R, Ohms, Inductance L, H) устанавливается значение активного сопротивления в Омах и индуктивности в генри, в третьем поле (Capacitance C, F) - бесконечность (inf).

В окне настройки параметров блока Fourier (рис. 7) устанавливается частота, равная частоте питающего напряжения, и номер первой гармоники.

Блоки Fourier I0, FourierU0 измеряют постоянные составляющие выходного тока и напряжения. При двухполупериодном выпрямлении основная частота выходного напряжения (тока) равна удвоенной частоте источника ($f = 2 \cdot f_{AC}$).

В поле (Harmonic n) задается номер гармоники. В данном случае измеряется постоянная составляющая ($n = 0$).

Окно приборов Display для измерения значений исследуемых процессов показано на рис. 8. В первом поле задается формат представления измеряемых значений. Второе поле (Decimation) определяет периодичность вывода значений в окне Display.

Окно настройки блока Multimeter показано на рис. 9.

В левом поле (Available) высвечиваются все напряжения и токи универсального моста, так как они заданы в окне настройки блока рис. 5.

В правом поле (Selected) отражены те переменные, которые измеряет блок (эти значения перенесены из левого поля в правое кнопкой Select).

Переменные правого поля можно измерить на выходе блока внешними приборами. При включенном флажке Plot selected measurements мгновенные значения этих величин отражаются в графическом окне блока по окончании очередного моделирования.

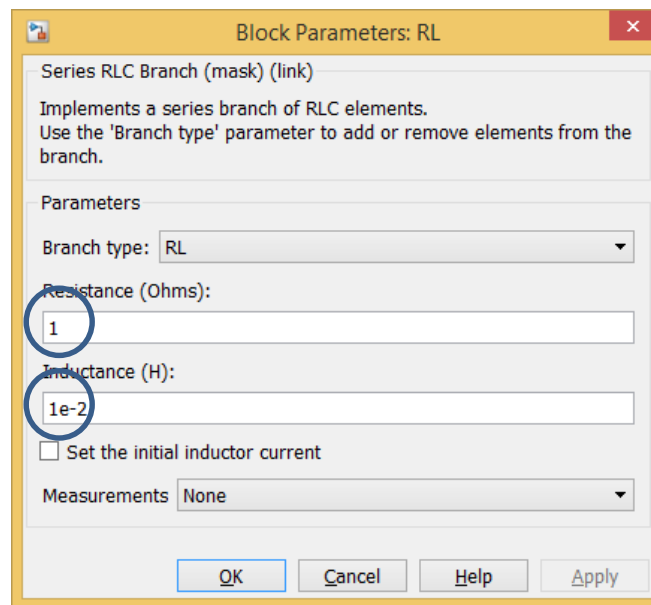


Рис. 6 Окно настройки параметров нагрузки

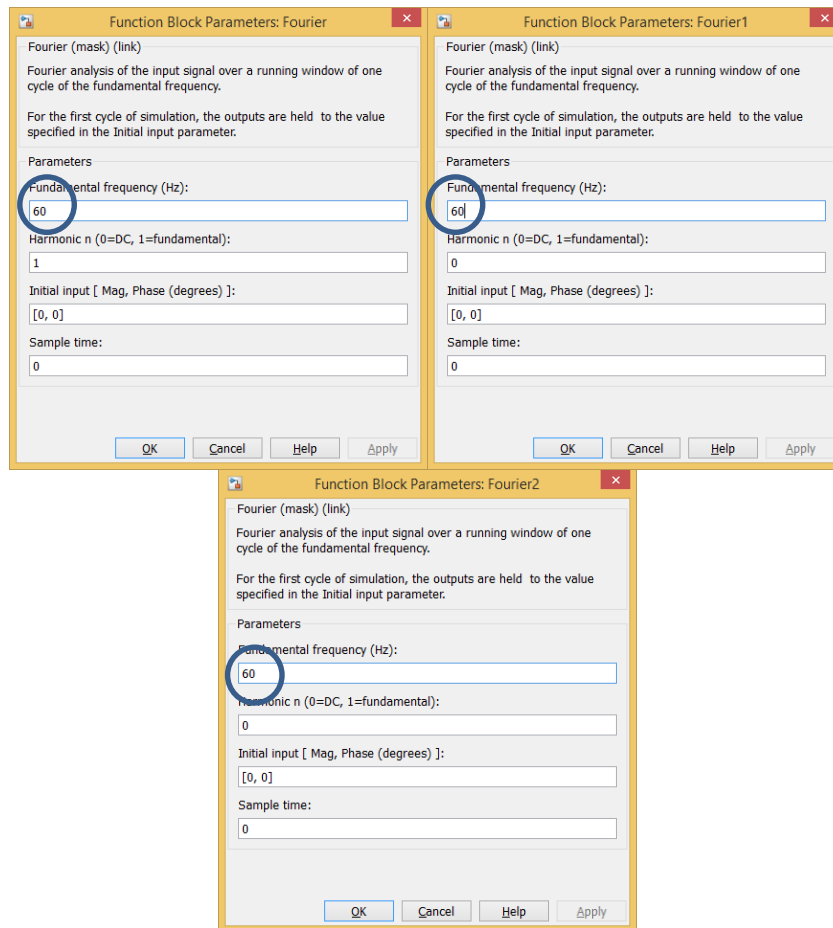


Рис. 7 Окно настройки блоков Fourier

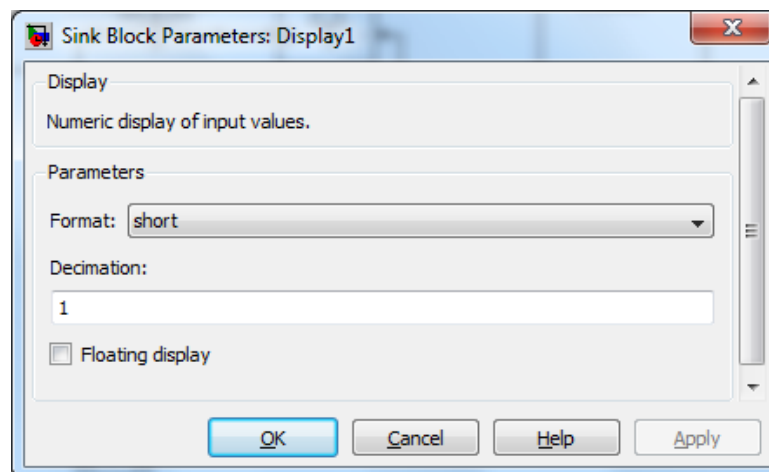


Рис. 8 Окно настройки блока Display1

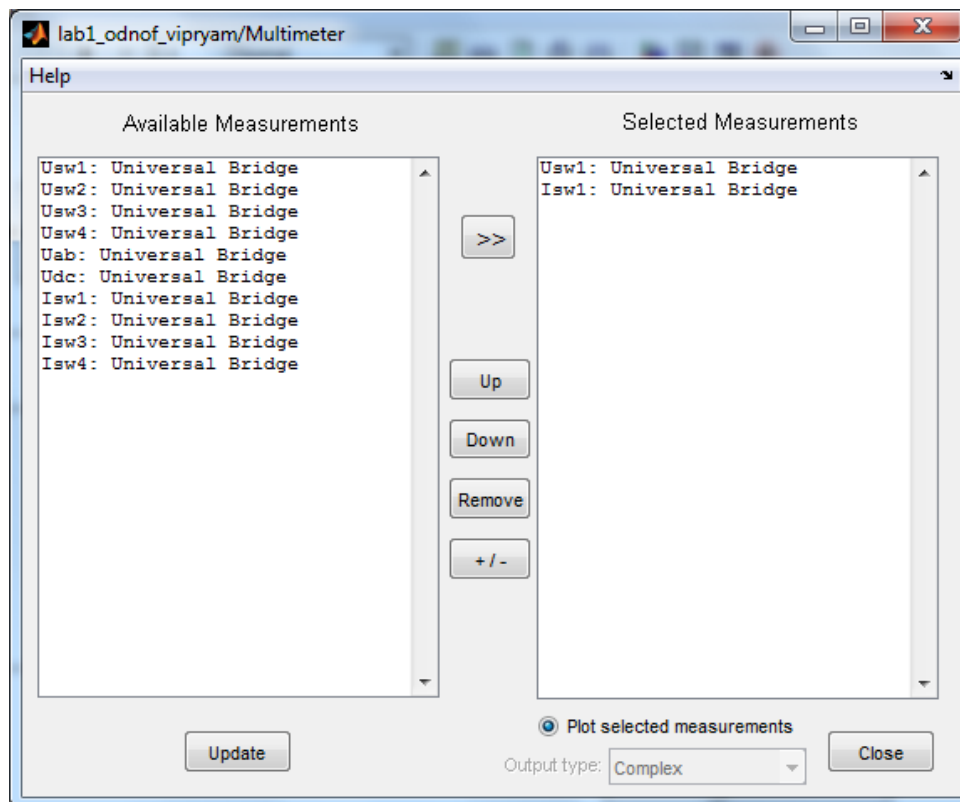


Рис. 9 Окно настройки блока Multimeter

4. Порядок проведения лабораторной работы

Исследование однофазного двухполупериодного выпрямителя при работе на активно-индуктивную нагрузку с обратным диодом проводится на виртуальной установке (рис.1), подробное описание которой приведено выше.

Параметры источника питания, трансформатора, нагрузки и диодного моста задаются преподавателем. При самостоятельном изучении параметры источника питания и диодного моста целесообразно задать такими, как на рис. 5. Параметры нагрузки задаются так, чтобы постоянная времени нагрузки $T_H = \frac{L_H}{R_H}$ находилась в пределах $(2...5)T$ ($T = \frac{1}{f}$, f - частота источника), т.е $L_H = (2...5) \cdot R_H / f_{AC}$.

Параметры моделирования задаются на вкладке Simulation/Configuration Parameters (рис. 10). В поле Stop time задается время в секундах, равное 10...20 периодов напряжения источника.

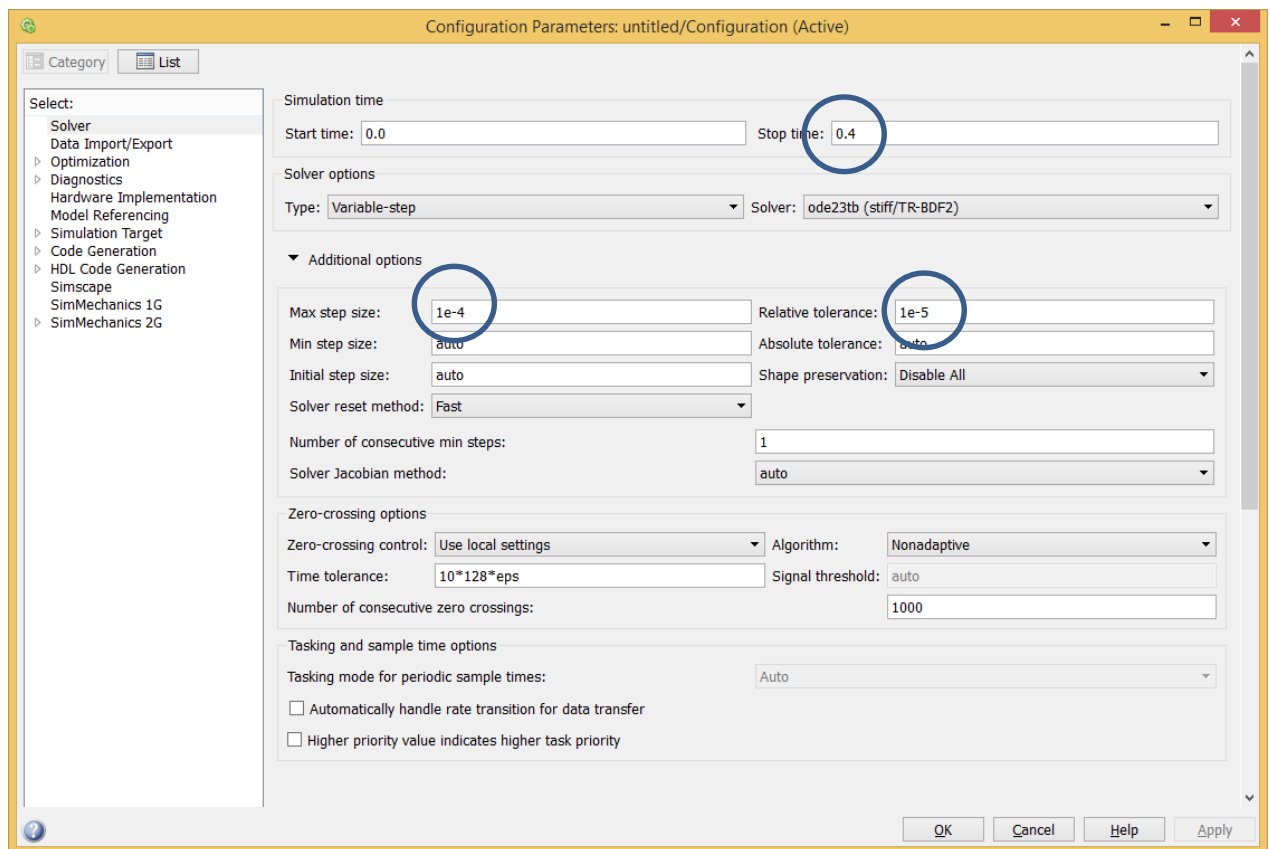


Рис. 10 Окно настройки параметров моделирования

В поле Type задается переменный шаг (Variable-step) и метод решения дифференциальных уравнений - ode 23 tb (stiff/TR-BDF2). В поле Max step size устанавливается значение шага моделирования. В оставшихся полях можно оставить то, что компьютер устанавливает по умолчанию.

Изменяя сопротивление нагрузки от 1 Ом до 10 Ом с шагом 1 Ом и индуктивность нагрузки так, чтобы постоянная времени $T_H = \frac{L_H}{R_H}$

оставалась постоянной, измеряют и рассчитывают основные характеристики выпрямителя. При этом моделирование проводится для каждого сопротивления нагрузки.

Результаты моделирования заносятся в табл. 1.

Табл. 1

№	Данные				Измерения						Вычисления		
	$U_{1\max}$	f_1	L_H	R_H	I_H	U_H	$I_1(1)_{\max}$	φ	$U_{VD\max}$	$I_{VD\max}$	$S_1(1)$	$P_1(1)$	P_H
	В	Гц	Гн	Ом	А	В	А	Град	В	А	ВА	Вт	Вт
1				1									
2				2									
3				3									
4				4									
5				5									
6				6									
7				7									
8				8									
9				9									
10				10									

Амплитуда первой гармоники тока в источнике питания $I_1(1)_{\max}$ и начальная фаза этого тока φ определяются по показаниям Display 1 и Display 2 соответственно, ток и напряжение на нагрузке определяются по показаниям Display 3 и Display 4. Мгновенные значения этих величин можно наблюдать на экране осциллоскопа (рис. 11).

Вычисления полной и активной мощности, потребляемой выпрямителем от источника питания по первой гармонике, а также мощности в нагрузке, осуществляются по выражениям:

$$S_1(1) = \frac{U_{1\max} I_1(1)_{\max}}{2}, \text{ ВА} ; P_1(1) = S_1(1) \cos \varphi, P_H = U_H I_H, \text{ Вт.}$$

По завершении очередного моделирования появляется графическое окно блока Multimeter (рис. 12) с кривыми мгновенных значений напряжения и тока диода.

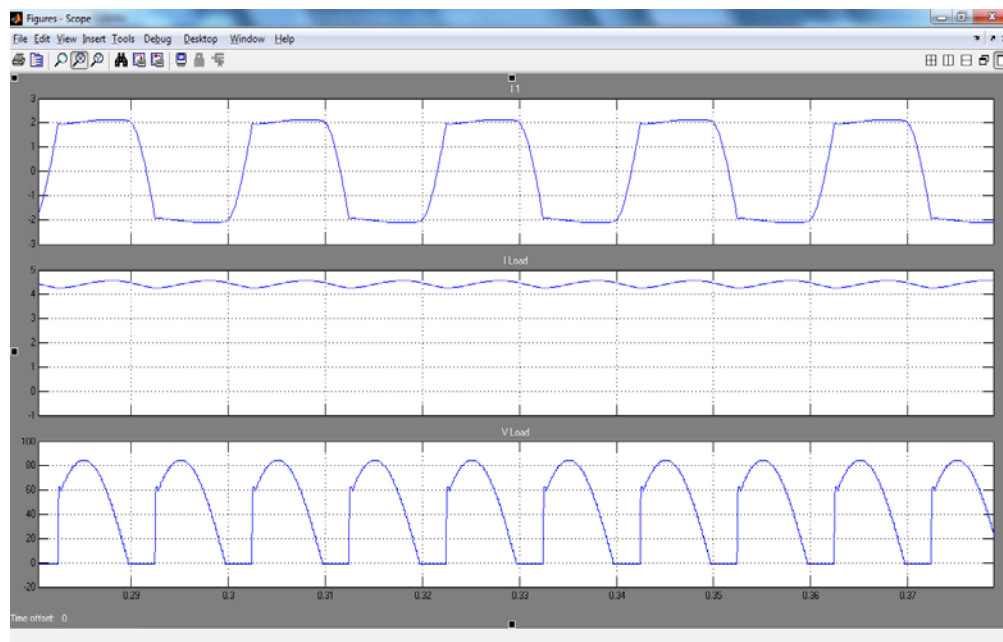


Рис. 11 Осциллограммы тока питания, нагрузки и напряжения на нагрузке

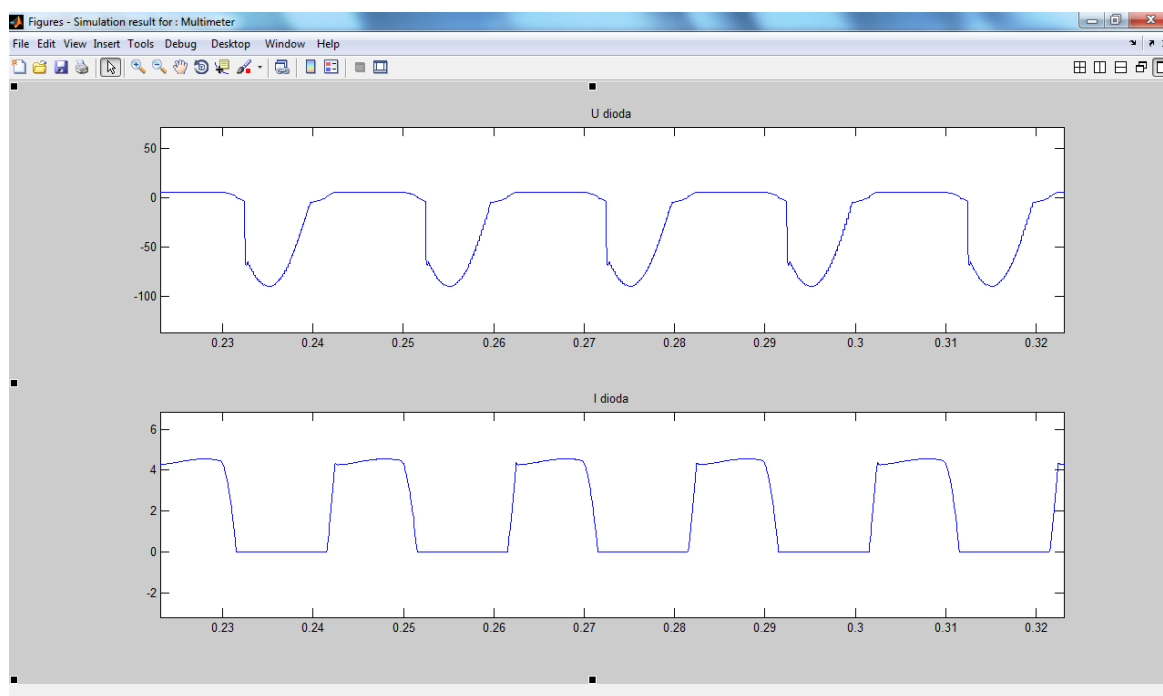


Рис. 12. Осциллограммы напряжения и тока диода моста

Максимальные значения этих величин табл. 1 определяются из графического окна блока Multimeter. По результатам табл. 1 строятся энергетические характеристики.

5. Содержание отчета

5.1. Теория работы преобразователя (схема, диаграммы, принцип работы)

5.2. Схема виртуальной установки.

5.3. Выражения для расчета основных характеристик.

5.3. Нагрузочная характеристика.

5.4. Энергетические характеристики

5.5. Осциллограммы мгновенных напряжений и токов (для сопротивления нагрузки 1, 5 и 10 Ом).

5.6. Выводы по работе.