

Лабораторная работа № 3.

Исследование однофазного двухполупериодного управляемого выпрямителя

1. Цель работы

Исследование на компьютерной модели однофазного управляемого выпрямителя при работе на активно-индуктивную нагрузку с противо-э.д.с. и обратным диодом.

2. Содержание работы

2.1. Исследование внешних и энергетических характеристик однофазного управляемого выпрямителя при работе на активно-индуктивную нагрузку с противо-э.д.с. и обратным диодом.

2.2. Исследование регулировочных характеристик однофазного управляемого выпрямителя при работе на активно-индуктивную нагрузку с противо-э.д.с. и обратным диодом.

2.3. Исследование гармонического состава тока потребления однофазного управляемого выпрямителя.

3. Описание виртуальной лабораторной установки

Виртуальная лабораторная установка для исследований по п. 2.1 показана на рис. 1.

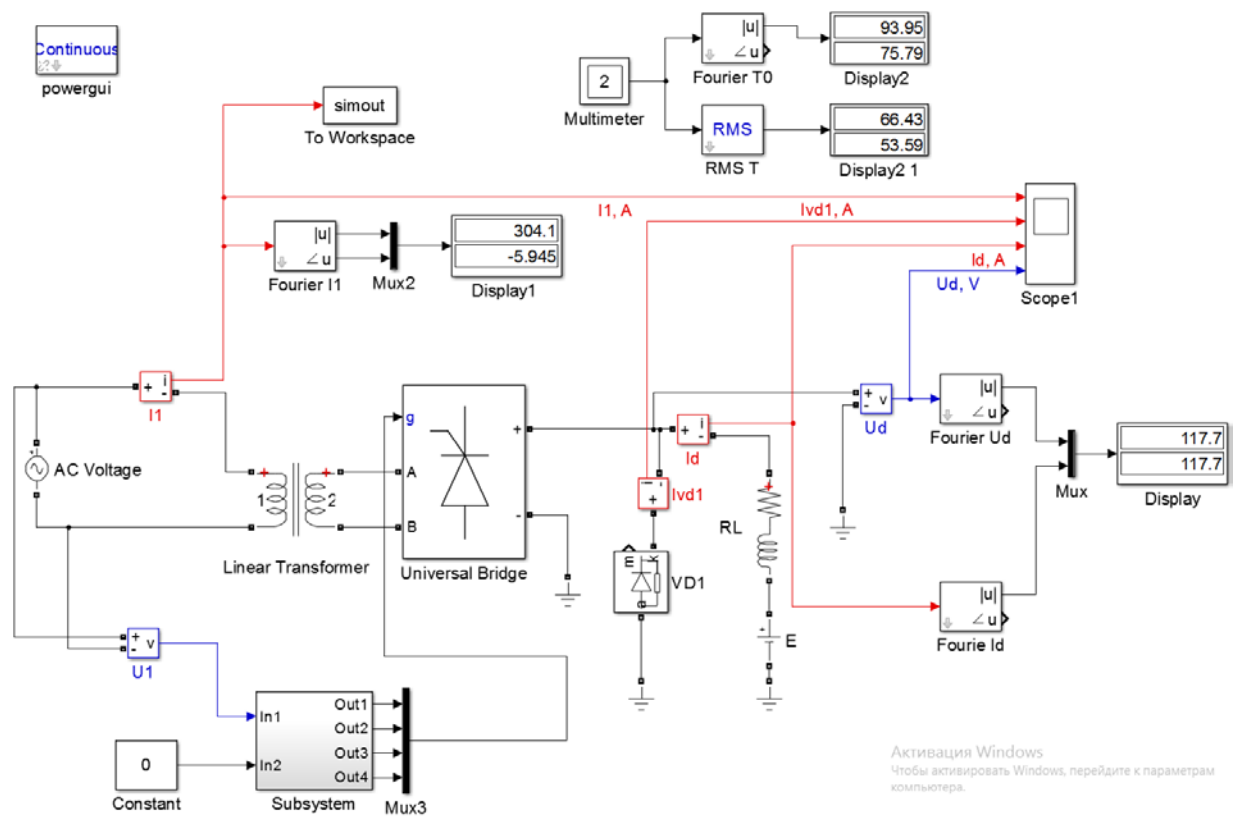


Рис. 1 Модель однофазного управляемого выпрямителя

Она содержит:

- однофазный источник питания (AC Voltage);

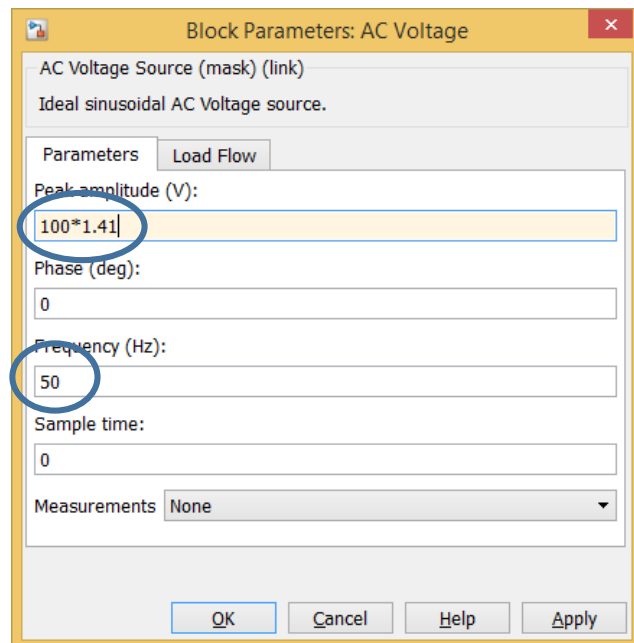


Рис. 2 Окно настройки источника питания

- однофазный трансформатор (Linear Transformer);

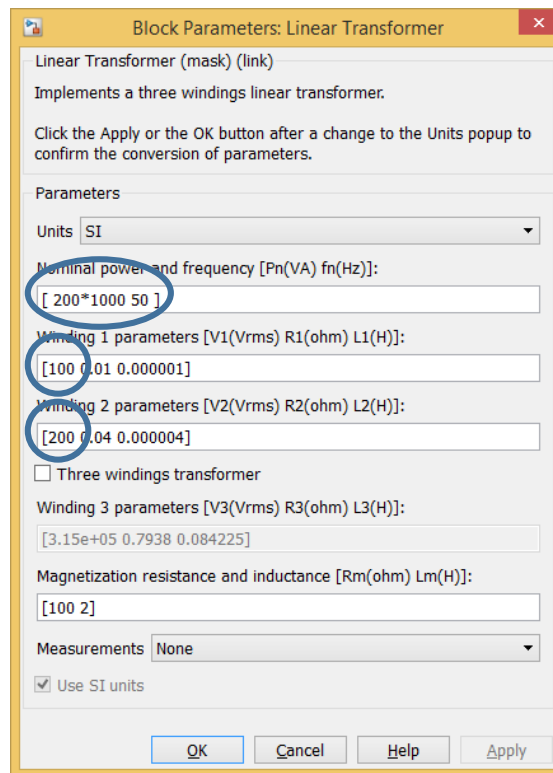


Рис.3 Окно настройки трансформатора

- однофазный тиристорный мост (Universal Bridge);

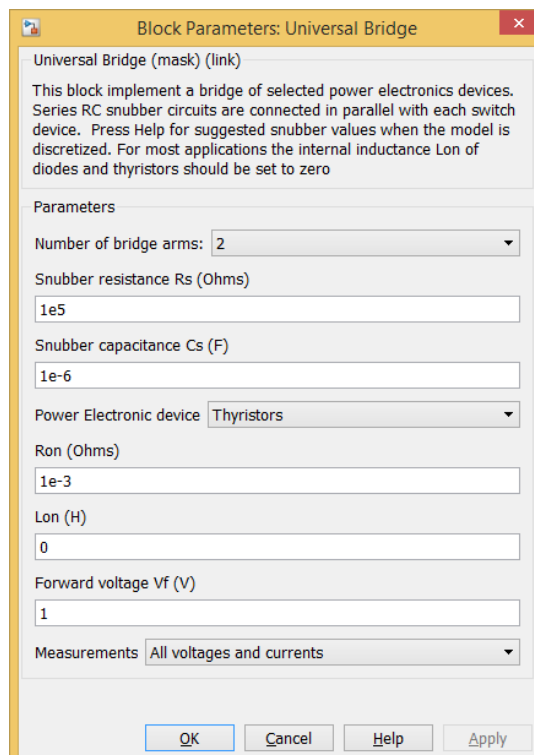


Рис. 4 Окно настройки управляемого выпрямителя

- диод (VD1);

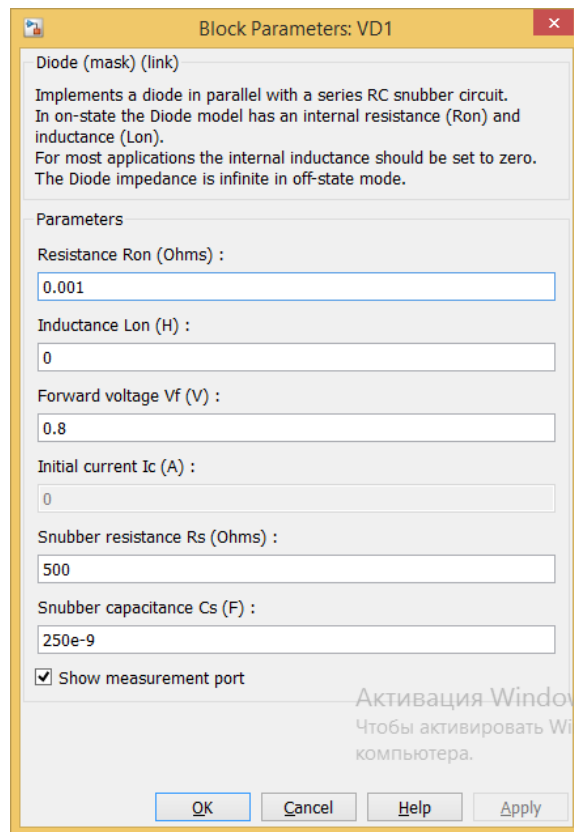


Рис. 5 Окно настройки диода

- RL нагрузка (RL);

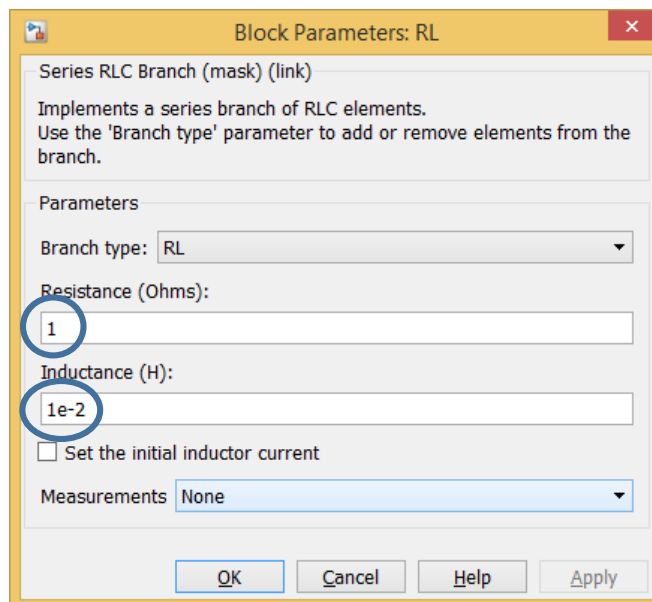


Рис. 6 Окно настройки RL нагрузки

- э.д.с. (E);

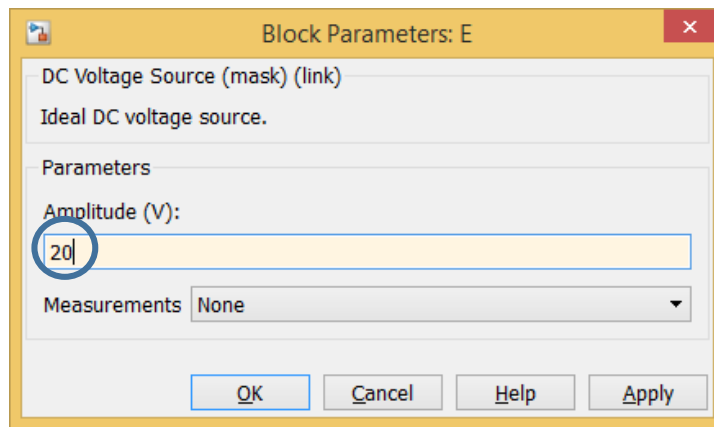


Рис. 7 Окно настройки E

- измерители мгновенных токов в источнике питания (I1), нагрузке (Id) и обратном диоде (Ivd1);
- измеритель мгновенного напряжения на нагрузке (Ud);
- блок для измерения гармонических составляющих тока питания (Fourier I1) и тока тиристора (Fourier T0);

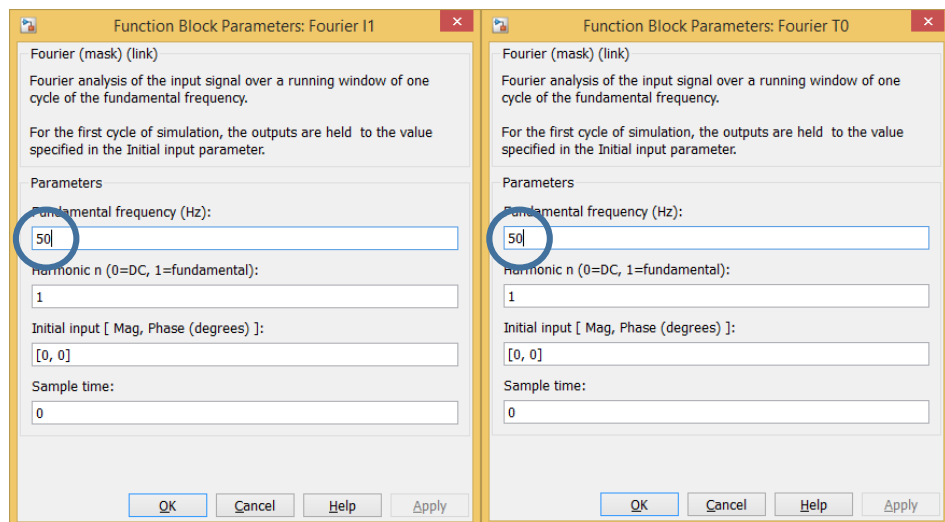


Рис. 8 Окно настройки блоков «Fourier I1» и «Fourier T0»

- блок для измерения гармонических составляющих тока нагрузки (Fourier Id) и аналогичный блок для измерения гармонических составляющих напряжения на нагрузке (Fourier Ud);

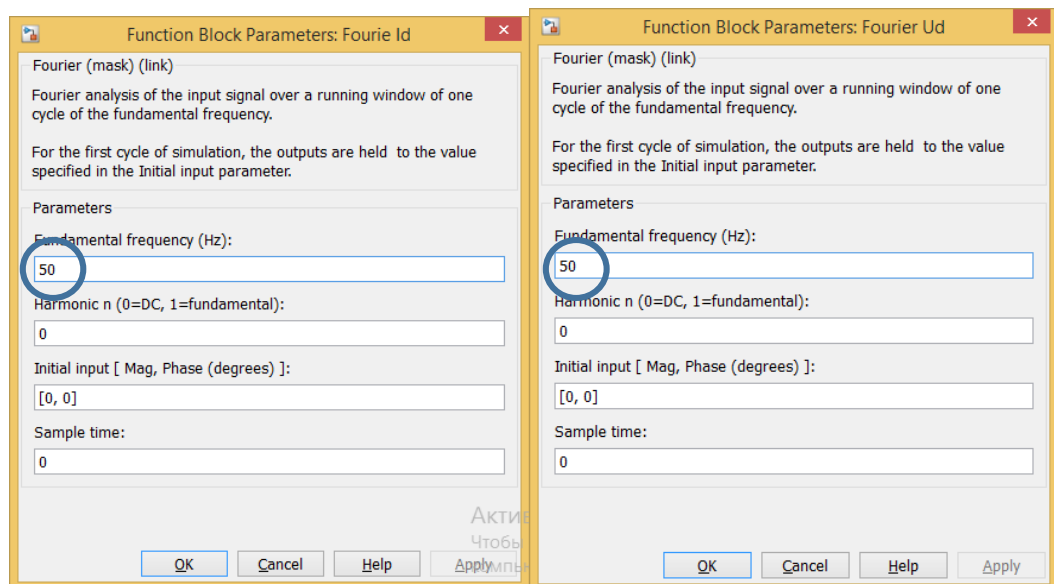


Рис. 9 Окно настройки блоков «Fourier Id» и «Fourier Ud»

- блок для измерения действующего тока тиристора (RMS T);

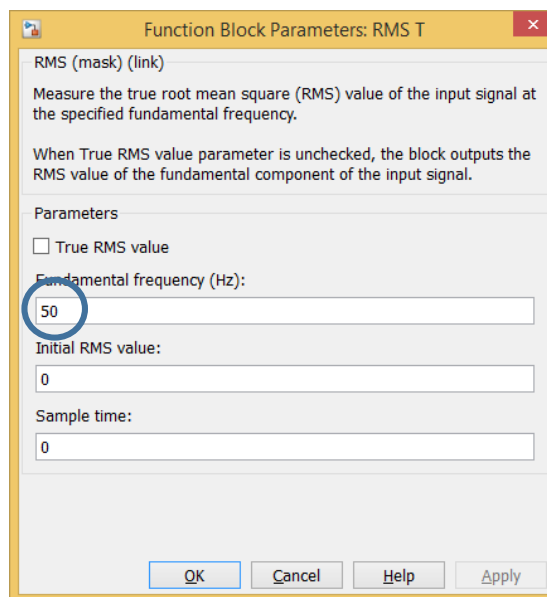


Рис. 10 Окно настройки блока «RMS T»

- блок для наблюдения (измерения) мгновенных значений тока в цепи питания, тока обратного диода, тока и напряжения на нагрузке (Score1);
- блок для наблюдения (измерения) мгновенных значений величин, которые выбраны в поле Measurement соответствующих блоков (Multimeter);

- блок для измерения амплитудного значения тока и его фазы в цепи питания (Display 1) и блок для измерения средних значений тока и напряжения на нагрузке (Display);
- блок для измерения среднего и действующего значения тока тиристора (Display2, Display2 1);
- блок To Workspace, предназначенный для передачи исследуемого сигнала в рабочее пространство MatLab с последующей обработкой пакетом расширения Signal Processing Toolbox.

Все перечисленные блоки (кроме двух последних) и их параметры повторяют те, которые были рассмотрены в лабораторной работе № 1.

Модель блока управления (Subsystem) показана на рис. 11.

На вход In1 блока поступает синхронизирующий сигнал от сети и сигнал задания угла управления (вход In2).

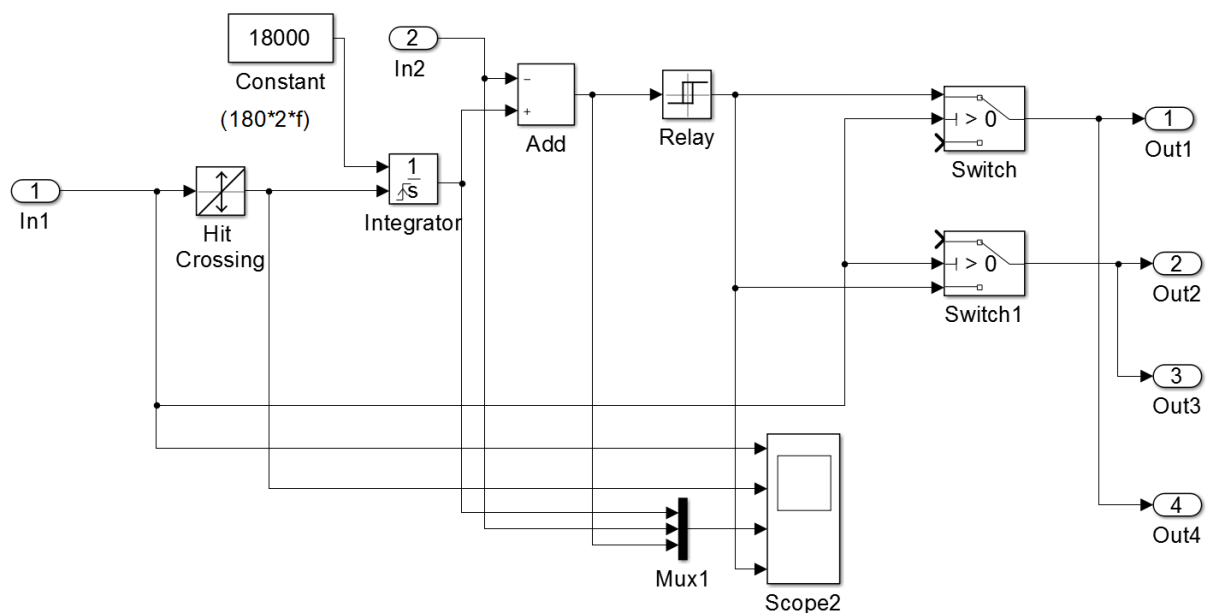


Рис. 11 Модель блока управления

Блок «Hit Crossing» осуществляет сброс интегратора при переходе напряжения через нулевой уровень.

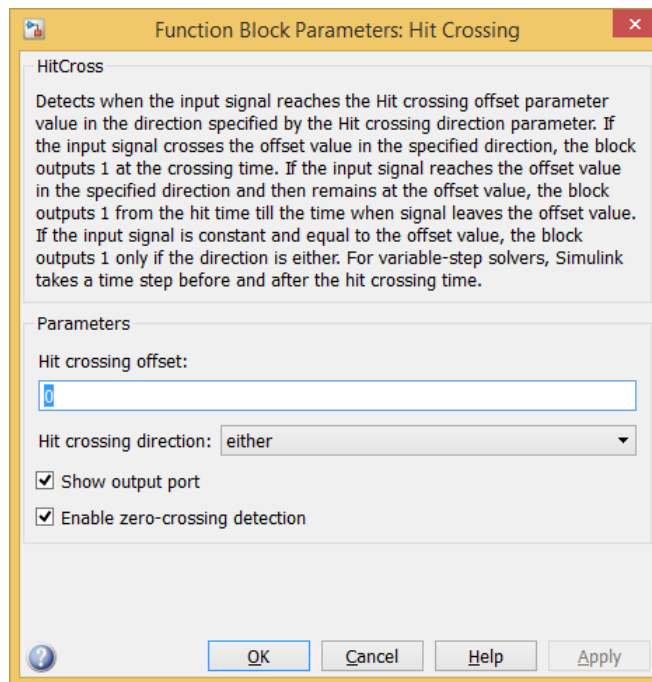


Рис. 12 Окно настройки блока «Hit Crossing»

Блок «Constant» задает амплитуду пилообразного сигнала $A=180 \cdot 2 \cdot f$.

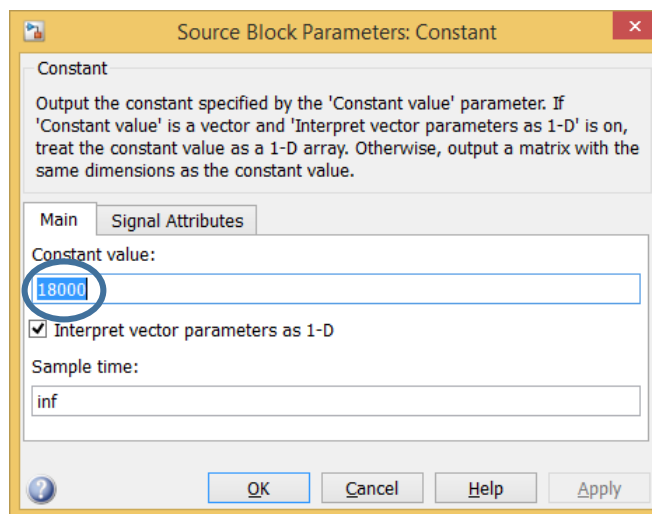


Рис. 13 Окно настройки блока «Constant»

Блок «Integrator» формирует на выходе пилообразный сигнал с амплитудой 180 градусов.

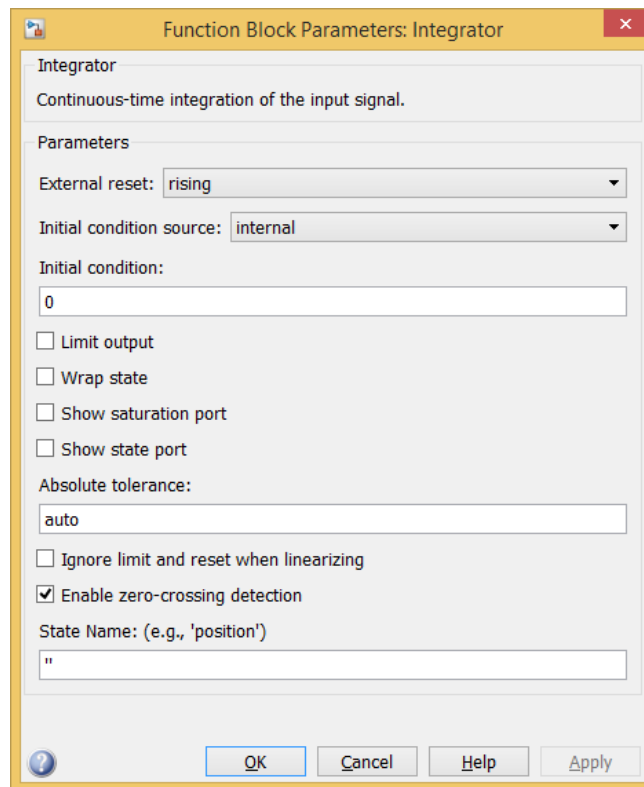


Рис. 14 Окно настройки блока «Integrator»

Блок «Add» осуществляет вычитание из выходного сигнала интегратора заданной величины угла регулирования.

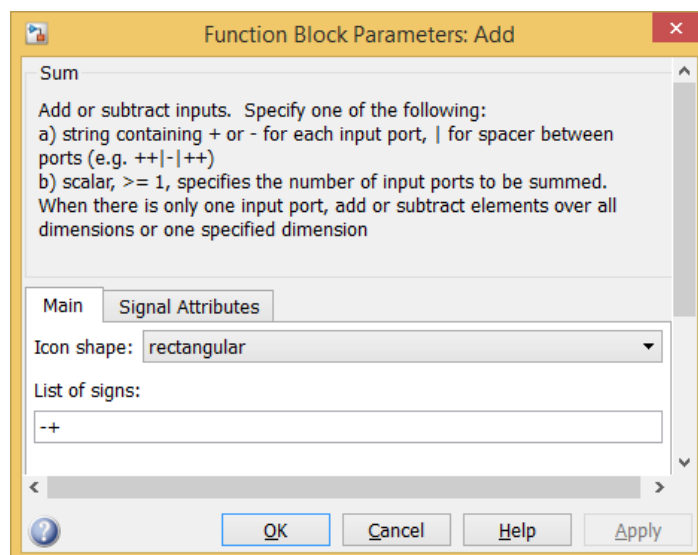


Рис. 15 Окно настройки блока «Add»

Блок «Relay» формирует импульсный сигнал управления тиристорами при положительном входном сигнале.

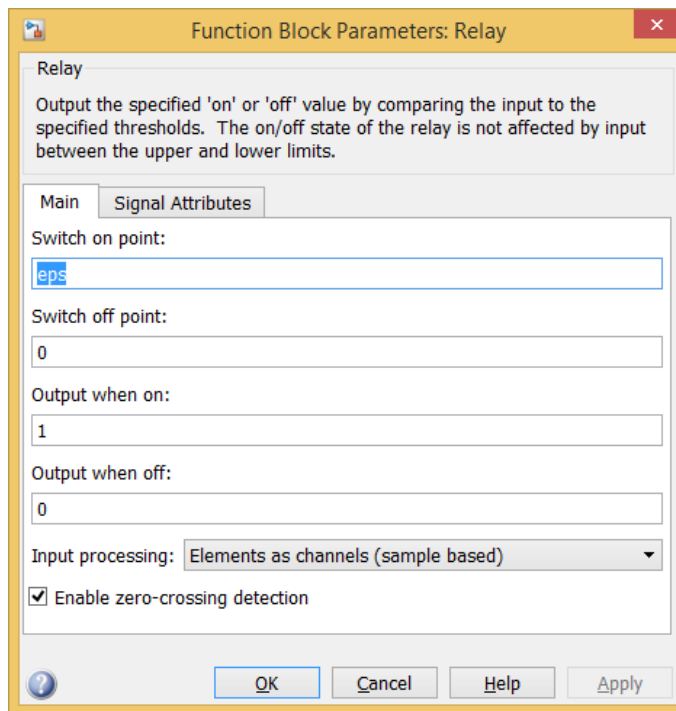


Рис. 16 Окно настройки блока «Relay»

Блоки «Switch» и «Switch1» осуществляют подачу импульсов управления в соответствии с полувольтной питающего напряжения.

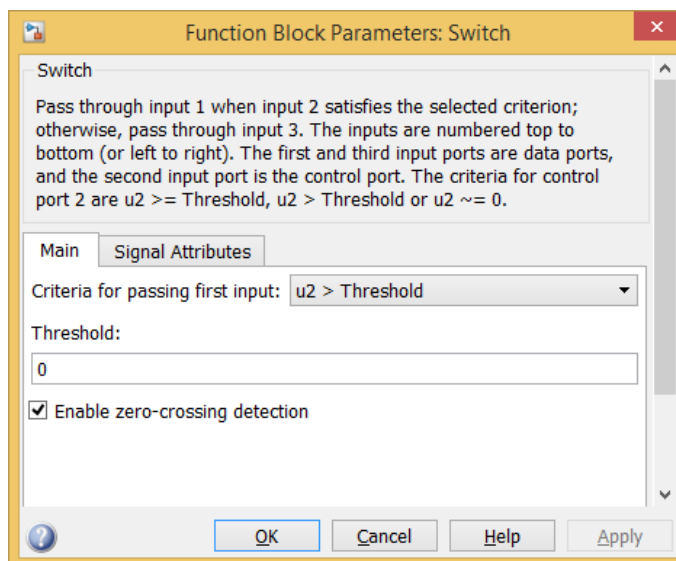


Рис. 17 Окно настройки блока «Switch»

Выходы «Out1»...«Out4» - подают формируют каналы передачи импульсов управления на соответствующие тиристоры.

Блок для наблюдения (измерения) сигналов блоков системы управления тиристорным выпрямителем (Scope2);

Блок To Workspace предназначен для передачи исследуемого сигнала в рабочее пространство MatLab с последующей обработкой пакетом расширения Signal Processing Toolbox [14]. Окно настройки параметров блока показано на рис. 18.

В первое поле окна настройки введено название переменной, под которой измеренный вектор будет фигурировать в рабочем пространстве. Во втором поле определена длина вектора (количество записанных значений исследуемой переменной). Длина вектора должна быть связана как с частотой (периодом) исследуемого сигнала, так и с временем поля Sample time. Частота исследуемого сигнала в рассматриваемом случае равна 50 Гц (период 0,02 с). При времени считывания сигнала 2×10^{-4} на периоде считывается 100 точек. Из этого следует, что в рабочую область при длине вектора 200 будут записаны два последних периода исследуемого сигнала. Время в поле Sample Time должно быть равно времени считывания сигнала (рис. 13).

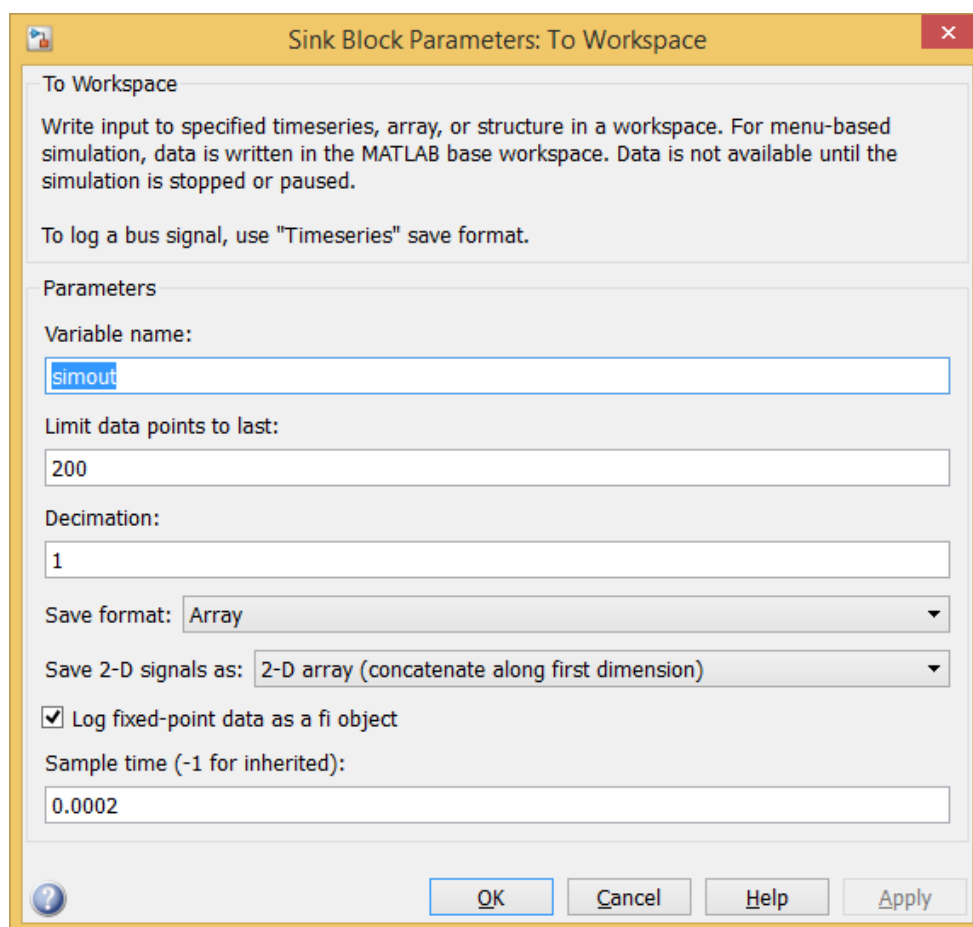


Рис. 18 Окно настройки параметров блока To Workspace

3. Задание

Вариант	Параметры источника питания		Параметры трансформатора			Параметры нагрузки	
	U _{AC} , В	f _{AC} , Гц	S, кВт	U ₁ , В	K _T	R _H , Ом	E, В
1	220	50	300	220	1	1	20
2	380	100	200	380	2	2	30
3	540	150	150	540	2	1	45
4	220	100	200	220	1	2	35
5	380	50	300	380	2	1	40
6	540	100	175	540	2	2	60
7	220	150	250	220	1	1	30
8	380	150	125	380	2	2	45
9	540	50	100	540	2	1	50
10	220	200	225	220	1	2	25

4. Порядок проведения лабораторной работы

4.1. Исследование однофазного управляемого выпрямителя при работе на активно-индуктивную нагрузку с обратным диодом по п. 2.1 содержания работы проводится на виртуальной установке (рис. 1), подробное описание которой приведено выше.

Параметры источника питания, трансформатора, нагрузки и тиристорного моста задаются преподавателем.

Параметры индуктивности 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 $L_H = (2...5) \cdot R_H / f$.

При самостоятельном изучении их целесообразно задать такими же, как на рис. 2-18. Параметры моделирования задаются на вкладке Simulation/parameters (рис. 19).

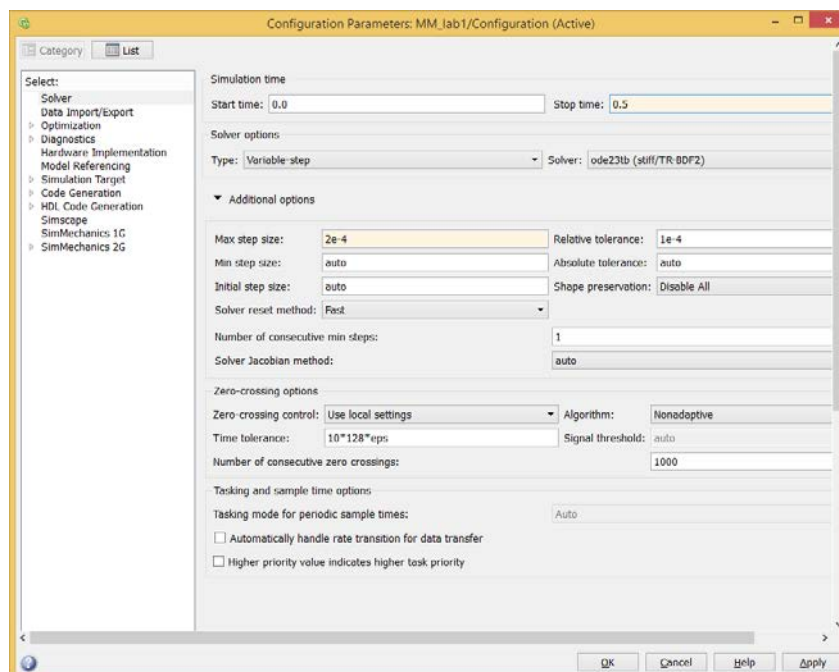


Рис. 19 Окно настройки параметров моделирования

В поле Stop time задается время в секундах. В поле Max step size устанавливается значение шага моделирования, это же значение заносится в поле Sample time всех блоков, которые это поле имеют. В оставшихся полях можно оставить то, что компьютер устанавливает по умолчанию.

При снятии внешних характеристик параметры R, L нагрузки остаются без изменений, изменяется противо-э.д.с. нагрузки от 100 В до 0 В с шагом 20 В. Внешние характеристики снимаются для трех значений угла управления выпрямителем ($\alpha = 20^\circ, 40^\circ, 60^\circ$).

При этом моделирование проводится для каждого значения противо-э.д.с. и угла управления. Результаты моделирования заносятся в табл. 1.

Табл. 1

Данные		Измерения								Вычисления			
α	Е	I_H	U_H	$I_1(1)_{\max}$	φ_1	I_{VSD}	I_{VS}	$U_{VS\max}$	$I_{VS\max}$	$S_1(1)$	$P_1(1)$	P_H	P_T
Град	В	А	В	А	Град	А	А	В	А	ВА	Вт	Вт	Вт

20	0												
	20												
	40												
	60												
	80												
	100												
40	0												
	20												
	40												
	60												
	80												
	100												
60	0												
	20												
	40												
	60												
	80												
	100												

Амплитуда первой гармоники в источнике питания и начальная фаза этого тока определяются по показаниям Display 1, ток и напряжение на нагрузке определяются по показаниям Display. Мгновенные значения тока и напряжения тиристора можно наблюдать на экране Scope1 (рис. 20).

В графическом окне блока Multimeter (рис. 21) наблюдаются и определяются максимальные напряжение и ток тиристора управляемого выпрямителя. Средний I_{VSD} и эффективный ток тиристора I_{VS} определяются по показаниям Display2.

Сигналы системы управления тиристорным преобразователем выведены на экран Scope2 (рис. 22).

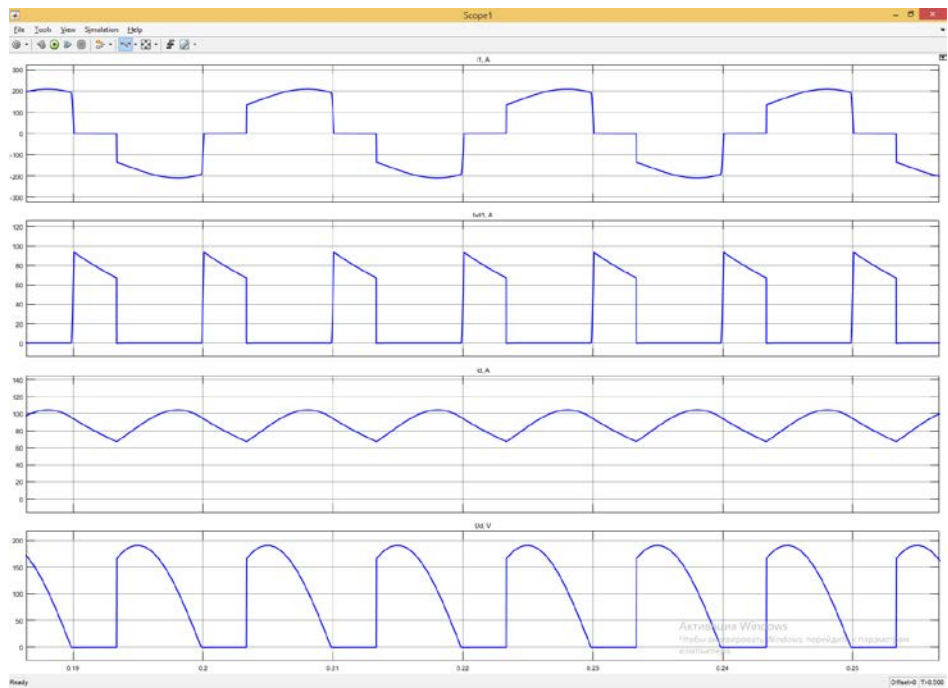


Рис. 20 Мгновенные токи и напряжение управляемого выпрямителя

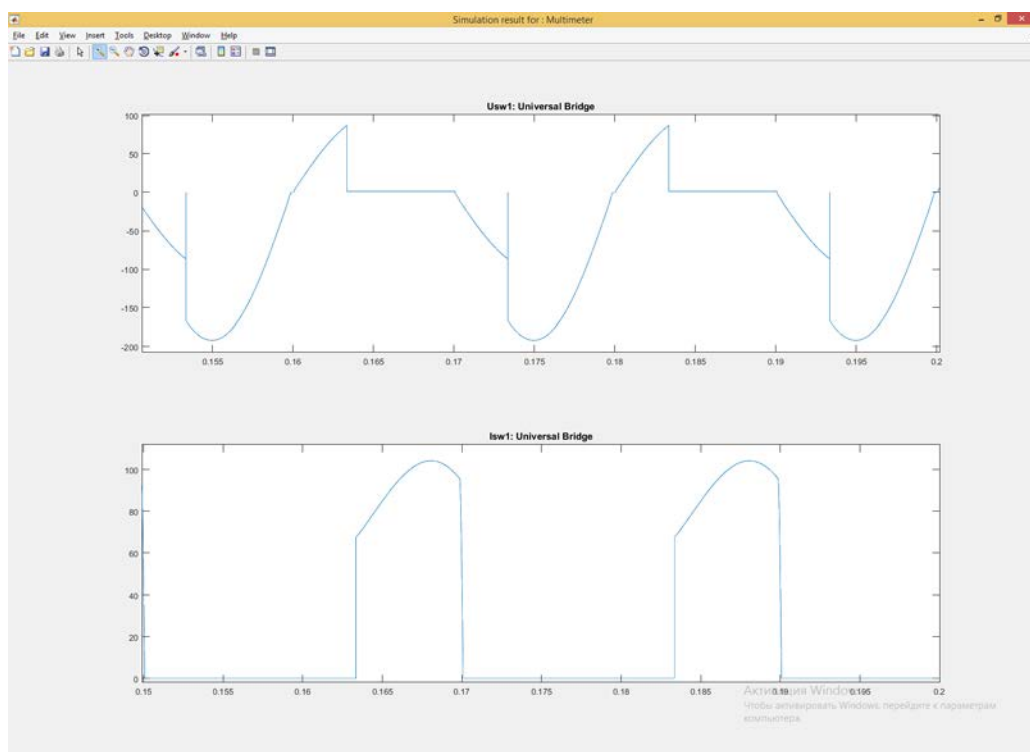


Рис. 21 Напряжение и ток на тиристоре управляемого выпрямителя

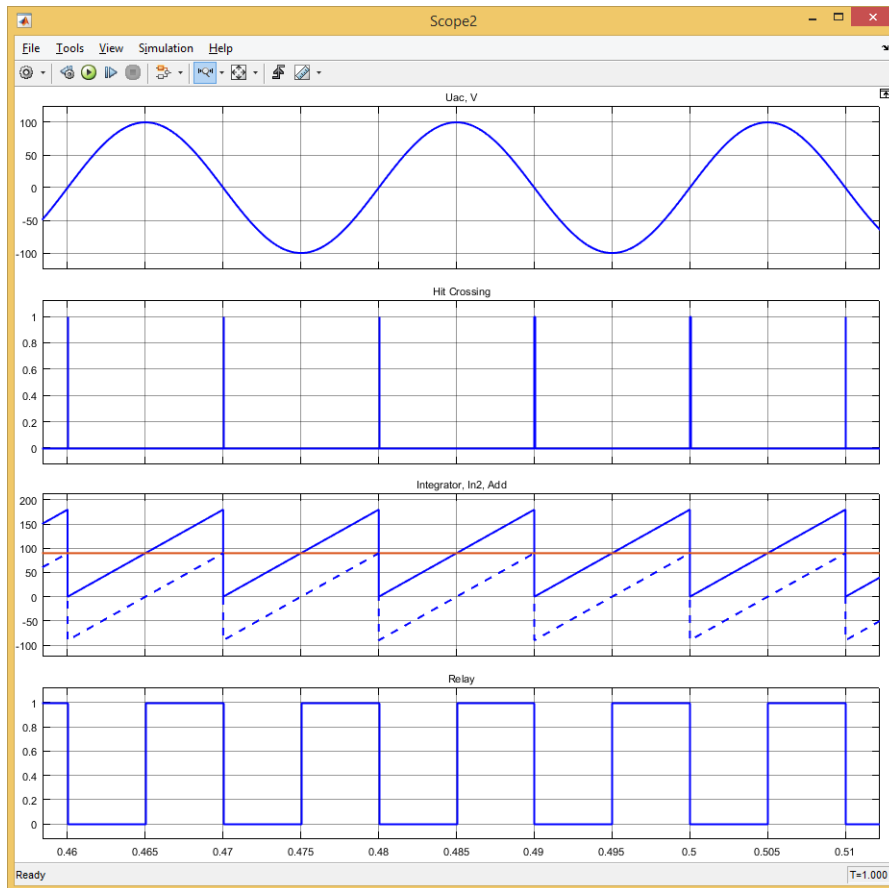


Рис. 22 Сигналы системы управления

Необходимо сохранить диаграммы токов и напряжений на входе трансформатора, нагрузки, тиристора УВ, обратного диода, а также сигналов системы управления для углов регулирования ($\alpha = 20^\circ, 40^\circ, 60^\circ$) и $E=20$ В.

Полная и активная мощность по первой гармонике, потребляемая выпрямителем из сети, рассчитываются по выражениям:

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

Мощность в нагрузке определяется по выражению:

$$P_H = U_H I_H, (\text{Вт}).$$

Потери в тиристоре УВ рассчитываются по выражению:

$$P_T = U_f I_{VS} + R_{on} (I_{VSD})^2, (\text{Вт})$$

По результатам табл. 1 строятся:

- внешняя (нагрузочная) характеристика управляемого выпрямителя

$$U_H = f(I_H);$$

- энергетические характеристики управляемого выпрямителя

$$S_1(I), P_1(I), P_T = f(P_H);$$

- энергетические характеристики управляемого выпрямителя

$$I_1(I)_{\max}, I_{VSD}, I_{VS} = f(I_H)$$

Исследование регулировочной характеристики управляемого однофазного выпрямителя по п. 2.2 содержания лабораторной работы осуществляется на модели (рис. 1) при одном значении противо-э.д.с. (задается преподавателем) и изменении угла управления от 0 до 180 градусов с шагом 20 градусов. Моделирование осуществляется при каждом значении угла управления, при этом заполняется табл. 2.

Табл. 2

Измерения	
$\alpha(\text{град})$	$U_H(\text{В})$
0	
20	
40	
60	
80	
100	
120	
140	
160	
180	

Исследование сигналов управления выпрямителя осуществляется при одном значении угла управления (задается преподавателем) в пакете расширения Signal Processing Toolbox [16].

Средство анализа сигнала запускается командой `sptool` в командном окне Matlab (рис. 23). Далее необходимо осуществить импорт сигнала (рис.

24). Сигнал, записанный в рабочую область под именем `simout`, можно просмотреть в Signal Browser (рис. 25). Спектральный анализ тока в цепи питания УВ показан на рис. 26.

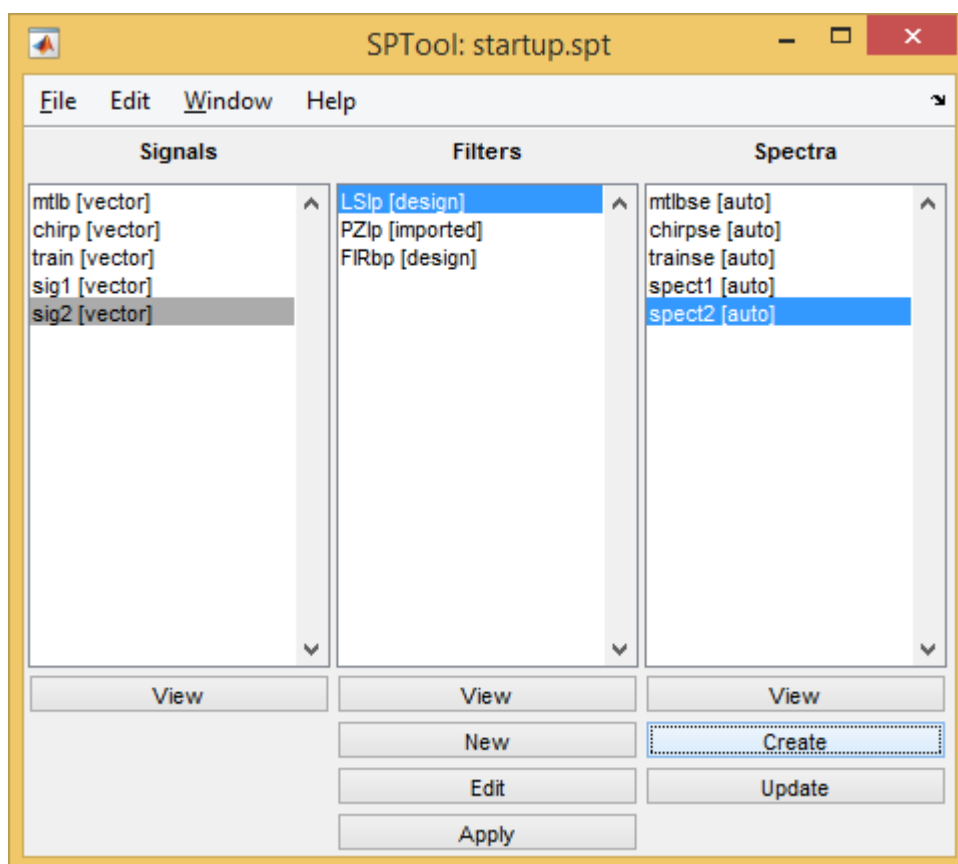


Рис. 23. Система анализа сигналов SPTool

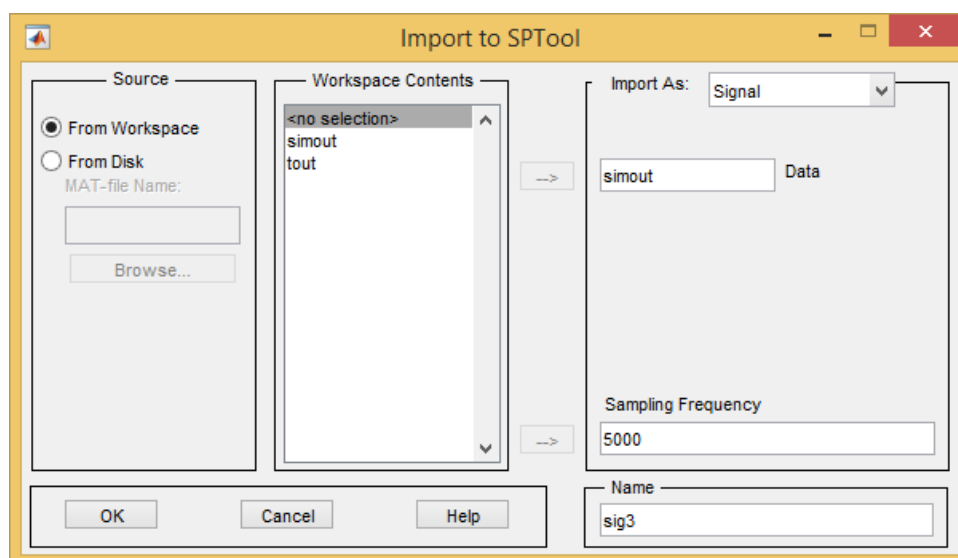


Рис. 24. Импорт сигнала `simout`

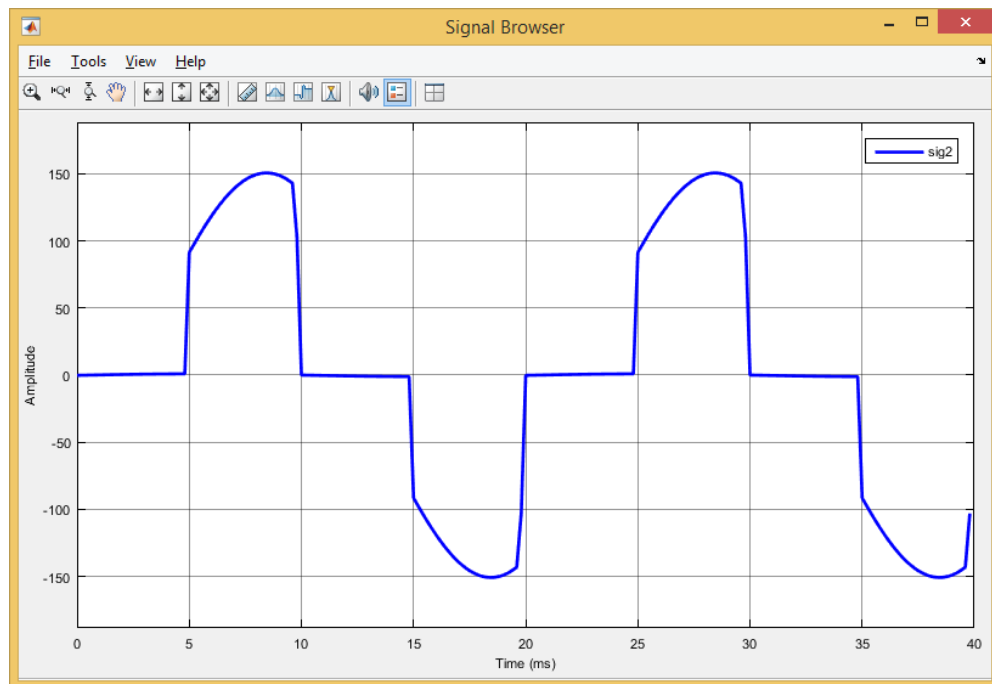


Рис. 25. Ток в цепи питания УВ

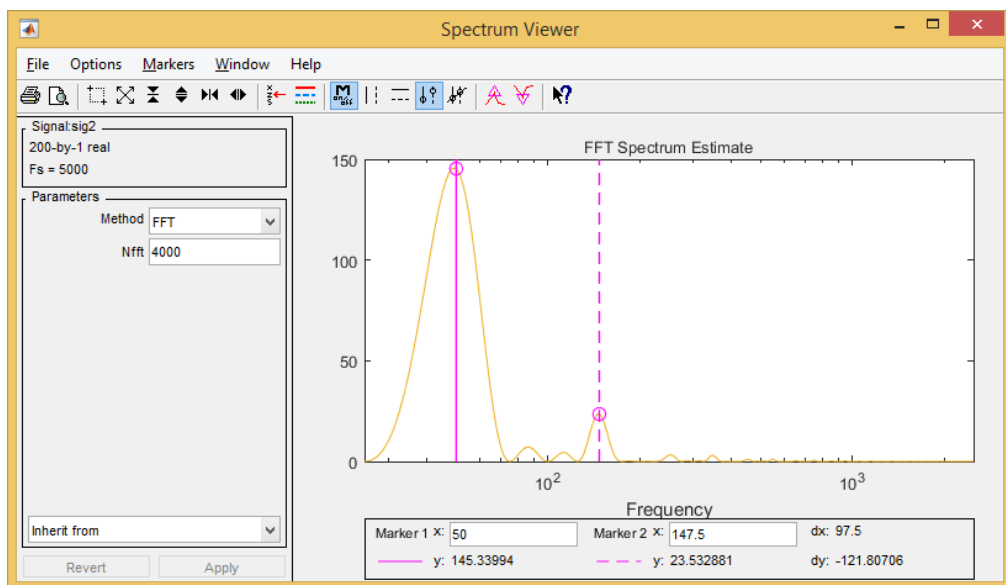


Рис. 26. Спектральный анализ тока в цепи питания УВ

5. Содержание отчета

5.1 Схема преобразователя, принцип работы, диаграммы токов и напряжений.

5.1. Схема виртуальной установки в Simulink.

5.2. Выражения для расчета основных характеристик.

5.3. Нагрузочная характеристика.

5.4. Энергетические характеристики.

5.5. Регулировочная характеристика.

5.6. Диаграммы токов и напряжений на входе трансформатора, нагрузки, тиристора управляемого выпрямителя, обратного диода, а также сигналов системы управления для углов регулирования ($\alpha = 20^\circ, 40^\circ, 60^\circ$) и $E=20$ В.

5.7. Спектральный анализ тока в цепи питания управляемого выпрямителя.

5.6. Выводы по работе