

Лабораторная работа № 4.

Исследование однофазного (мостового) инвертора с симметричным управлением

1. Цель работы

Исследование однофазного (мостового) инвертора с симметричным управлением, с синусоидальной широтно-импульсной модуляцией при работе на активно-индуктивную нагрузку.

2. Содержание работы

2.1. Исследование внешних и энергетических характеристик однофазного (мостового) инвертора с симметричным управлением, с синусоидальной широтно-импульсной модуляцией при работе на активно-индуктивную нагрузку.

2.2. Исследование регулировочных характеристик однофазного (мостового) инвертора с симметричным управлением, с синусоидальной широтно-импульсной модуляцией при работе на активно-индуктивную нагрузку.

2.3. Исследование гармонического состава напряжения и тока нагрузки однофазного (мостового) инвертора с симметричным управлением, с синусоидальной широтно-импульсной модуляцией при работе на активно-индуктивную нагрузку.

3. Описание виртуальной лабораторной установки

Виртуальная лабораторная установка для исследований по п.2.1 показана на рис. 12. Она содержит:

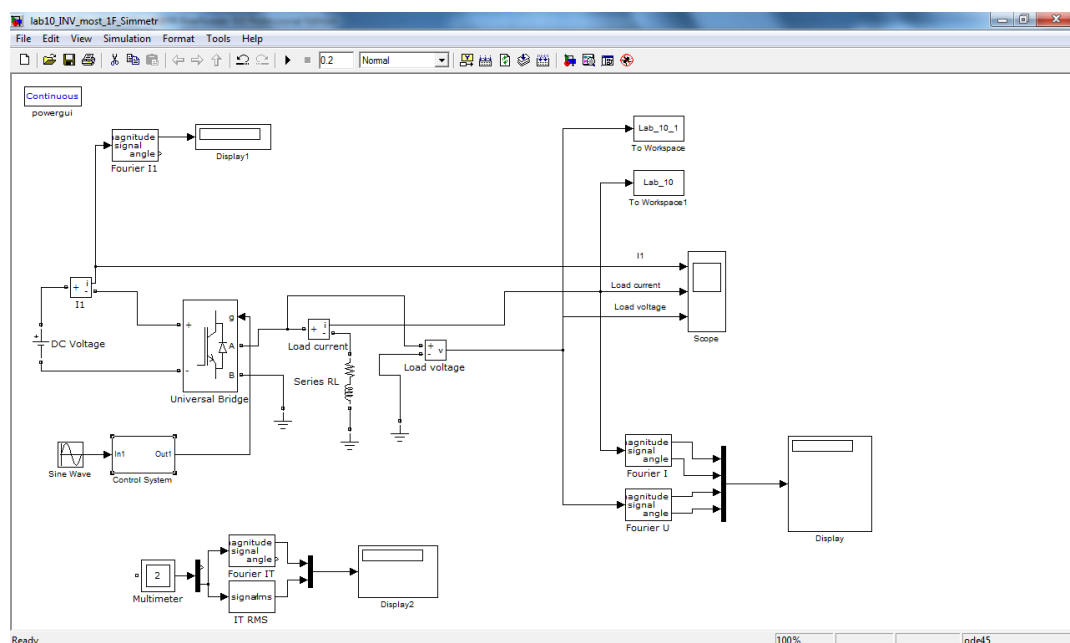


Рис. 12 Модель однофазного инвертора с симметричным управлением

- источник постоянного напряжения (DC voltage);
- активно-индуктивную нагрузку (R, L);
- измерители мгновенных токов в источнике питания (I1) и нагрузке (Load Current);
- измеритель мгновенного напряжения на нагрузке (Load Voltage);
- блок для измерения гармонических составляющих тока питания (Fourier I1);
- блок для измерения гармонических составляющих тока силового модуля (Fourier IT);
- блок для измерения гармонических составляющих тока нагрузки (Fourier I) и аналогичный блок для измерения гармонических составляющих напряжения на нагрузке (Fourier U);
- блок для измерения действующего тока силового модуля (IT RMS);
- блок для наблюдения (измерения) мгновенных значений тока в цепи питания, тока нагрузки и напряжения на нагрузке (Scope);
- Multimeter блок для наблюдения (измерения) мгновенных значений величин, которые выбраны в поле Measurement соответствующих блоков;
- блок для измерения среднего значения тока в цепи питания (Display 1);
- блок для измерения амплитудных значений первой гармоники тока и напряжения на нагрузке, а также их фаз (Display);
- блок для измерения среднего и действующего значения тока в силовом модуле (Display2);
- однофазный мостовой транзисторный инвертор (Universal Bridge 2 arms);
- блоки To Workspace, To Workspace 1, предназначенные для передачи исследуемых сигналов в рабочее пространство MatLab с последующей обработкой пакетом расширения Signal Processing Toolbox для исследования гармонического спектра напряжения и тока нагрузки;
- блок управления (Control system);
- блок задания модулирующего напряжения (Sine Wave).

Окно настройки параметров однофазного мостового транзисторного инвертора показано на рис. 13. Этот блок уже рассматривался ранее (лаб. раб. № 3).

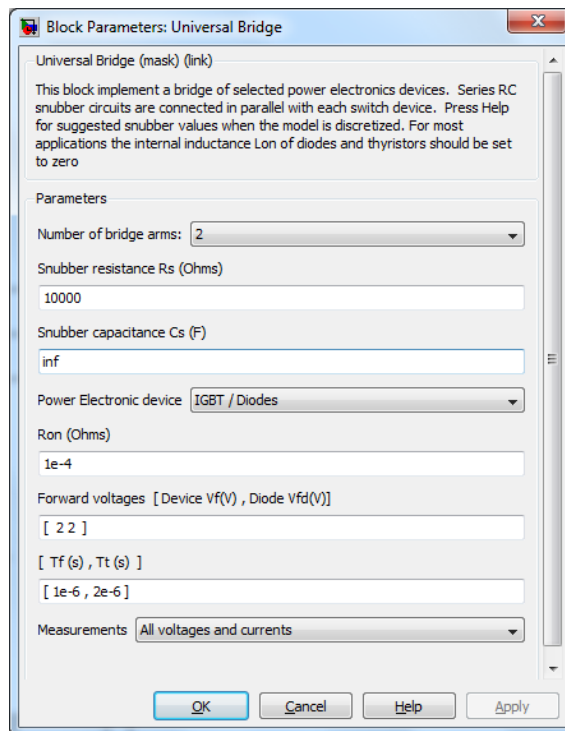


Рис. 13 Окно настройки однофазного мостового транзисторного инвертора

Модель блока управления показана на рис. 14. Блок аналогичен, рассмотренному в лаб. раб. № 3. Он содержит генератор пилообразного напряжения (ГПН) несущей частоты (блок Repeating Sequence), две схемы сравнения и два распределителя импульсов, собиратель Mux объединяет четыре сигнала в один векторный. На вход In1 подается синусоидальное модулирующее напряжение.

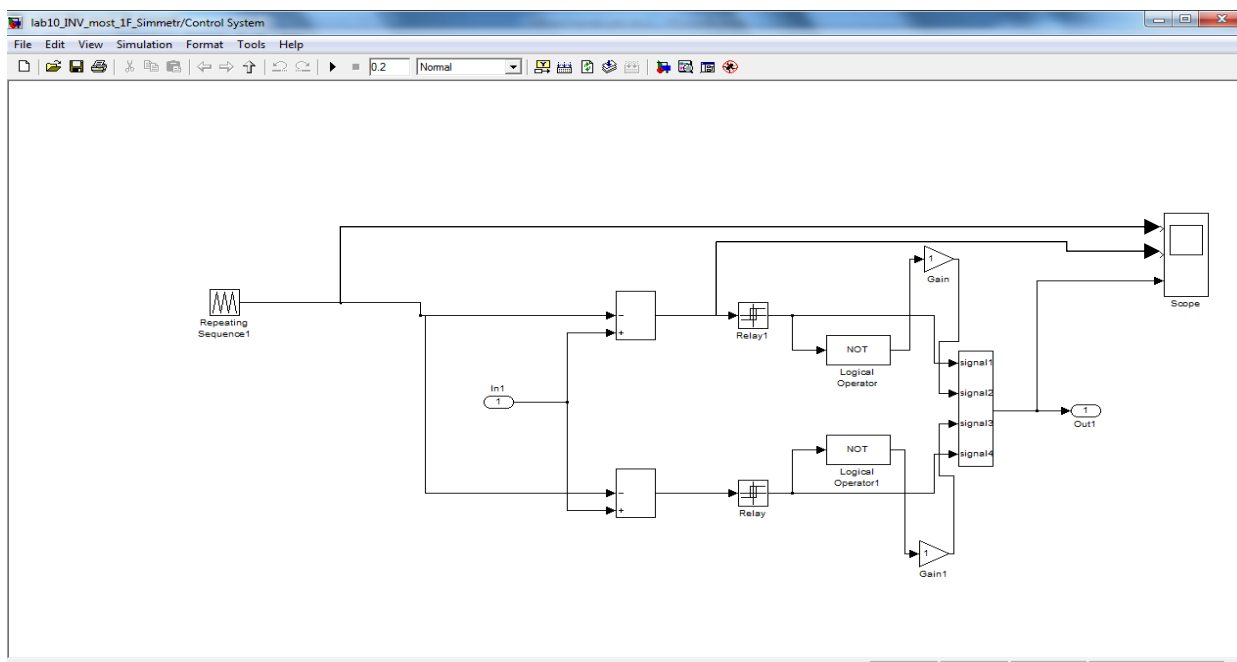


Рис. 14 Модель блока управления

Окно настройки параметров блока Repeating Sequence показано на рис. 15. Откуда видно, что несущая частота равна 500 Гц, а амплитуда сигнала ГПН равна 2 В.

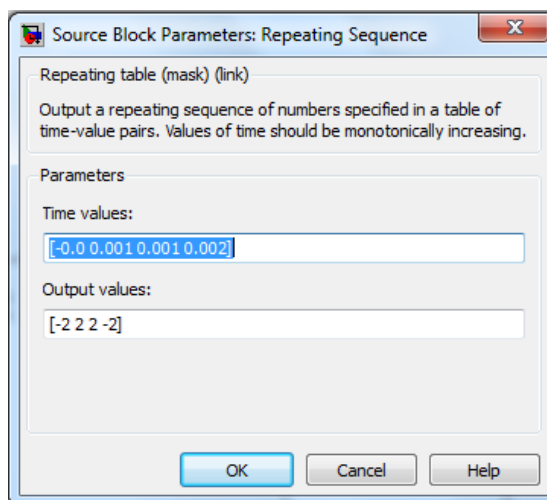


Рис. 15 Окно настройки параметров блока Repeating Sequence

Окно настройки блока Sine Wave показано на рис. 16. В полях окна задаются амплитуда, частота и начальная фаза модулирующего напряжения

Из рис. 16 следует, что частота модулирующего напряжения равна 25 Гц. На эту частоту, как на основную гармонику измерения, должны быть настроены параметры измерительных блоков Fourier I1, Fourier I, Fourier U, Fourier IT, IT RMS.

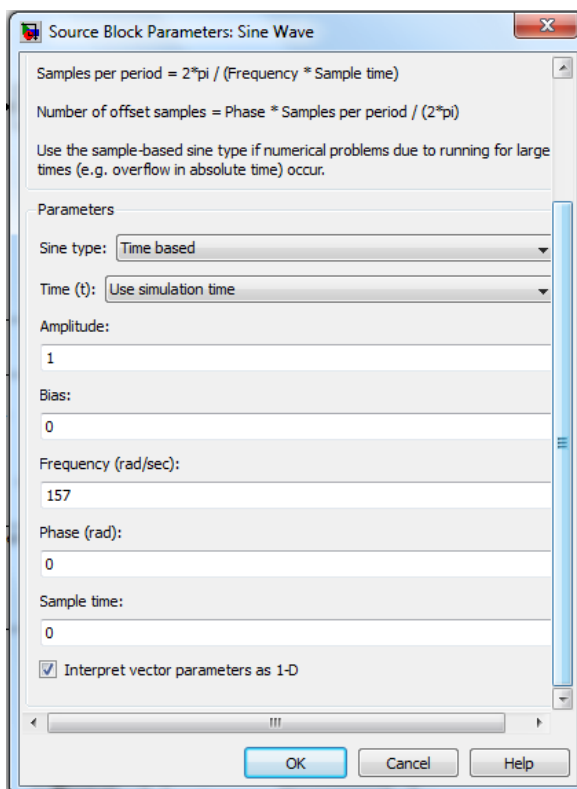


Рис. 16 Окно настройки блока Sine Wave

Окно настройки параметров блока To Workspace показано на рис 17.

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 (модулирующего) сигнала, в рассматриваемом случае равна 25 Гц (период 0,04 с). При времени считывания сигнала $1e-4$ на периоде считывается 400 точек. Из этого следует, что в рабочую область при длине вектора 800 будут записаны два последних периода исследуемого сигнала. Следует напомнить, что время в поле Sample Time должно быть согласовано с шагом моделирования в окне параметров моделирования (рис. 18).

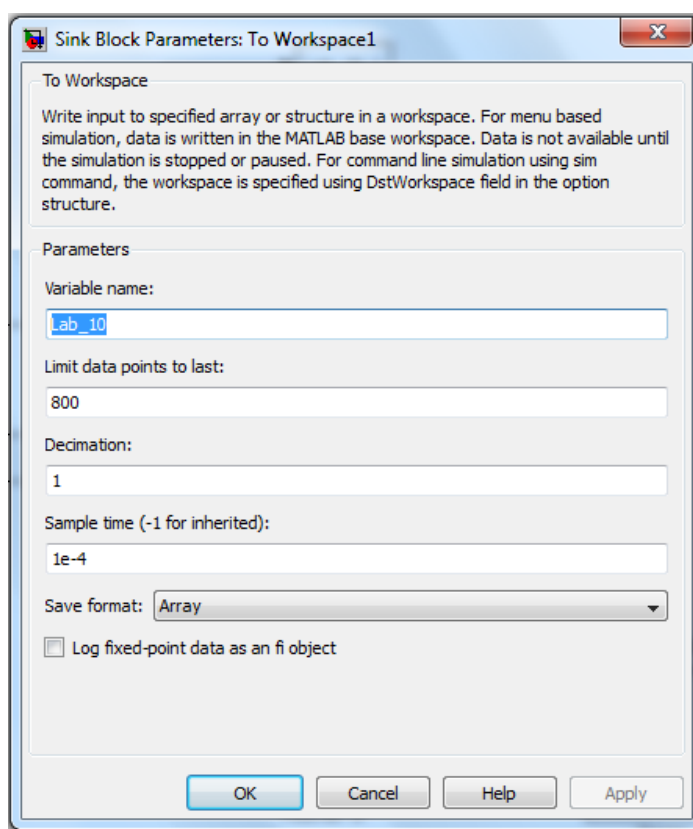


Рис. 17 Окно настройки параметров блока To Workspace

4. Вариант исходных данных.

Вариант исходных данных приведен в табл. 3.

Таблица 3

Номер варианта	Напряжени е источника питания	Частота работы преобразователя	Сопротивление нагрузки	Амплитуда моделирующего напряжения
	DC Voltage, В	$f_{\text{мод}}$, Гц	$R_{\text{н}}$, Ом	$U_{\text{мод max}}$, В
1	150	350	1	1.0
2	175	300	2	1.1
3	200	250	3	1.2
4	225	200	1	1.3
5	250	150	2	1.4
6	275	100	3	1.5
7	300	50	1	1.6
8	325	400	2	1.7
9	350	450	3	1.8
10	375	500	1	1.9

5. Порядок проведения лабораторной работы

Исследование однофазного (мостового) инвертора с симметричным управлением, с синусоидальной широтно-импульсной модуляцией при работе на активно-индуктивную нагрузку работы проводится на виртуальной установке (рис. 12), подробное описание которой приведено выше.

Параметры источника питания, частоты работы преобразователя и амплитуда модулирующего напряжения задаются преподавателем (табл. 3)

При снятии внешних характеристик изменяются параметры $R_{\text{н}}$, $L_{\text{н}}$ нагрузки. Сопротивление $R_{\text{н}}$ изменяется в пределах от 1 до 10 Ом.

Параметры индуктивности нагрузки выбираются так, чтобы постоянная времени нагрузки находилась в пределах $(2...5)T$ ($T=1/f_{\text{нч}}$, $f_{\text{нч}}$ – несущая частота ГПН), т.е $L_{\text{Н}}=(2...5)* R_{\text{Н}}/f_{\text{нч}}$. При кратности 10 несущая частота равна $f_{\text{нч}}=f_{\text{мод}}*10$ (допускается принимать кратность в диапазоне от 5 до 15).

В окне параметров блока Sine Wave вводятся значения амплитуды модулирующего напряжения и угловой частоты модулирующего напряжения $\omega=2*\pi*f_{\text{мод}}$ (рад/с).

В окне параметров ГПН задаются значения в соответствии с частотой работы преобразователя:

Time values	0	$1/2/f_{\text{нч}}$	$1/f_{\text{нч}}$
Output values	-2	2	-2

Параметры моделирования задаются такими, как на вкладке Simulation/Configuration parameters (рис. 18).

Моделирование проводится для каждого значения сопротивления нагрузки. Результаты моделирования заносятся в табл. 4.

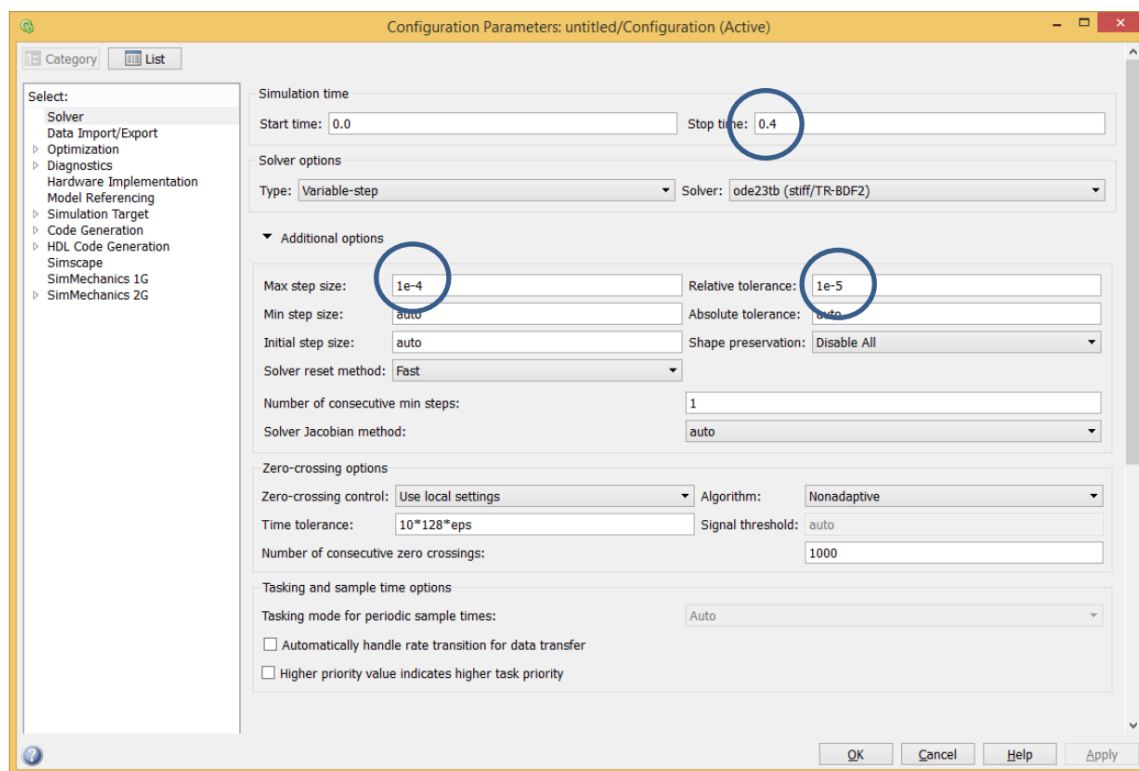


Рис. 18 Окно настройки параметров моделирования

Табл. 4

Данные		Измерения							Вычисления				
R_H	L_H	I_1	$U_H(1)_{\max}$	$I_H(1)_{\max}$	φ_U	φ_I	I_{VT}	$I_{VT\text{ RMS}}$	φ_H	$S_H(1)$	P_H	$P_H(1)$	P_{VT}
Ом	Гн	А	В	А	град		А	А	град	ВА	Вт	Вт	Вт
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													

Амплитуды первых гармоник тока и напряжения на нагрузке и их начальные фазы определяются по показаниям Display, средний ток в источнике питания определяется по показаниям Display 1. Мгновенные значения этих величин можно наблюдать на экране осциллоскопа (рис. 19). Средний и действующий ток в силовом полупроводниковом модуле определяются по показаниям Display2.

В графическом окне блока Multimeter (рис. 20) наблюдаются максимальные напряжение и ток силового модуля.

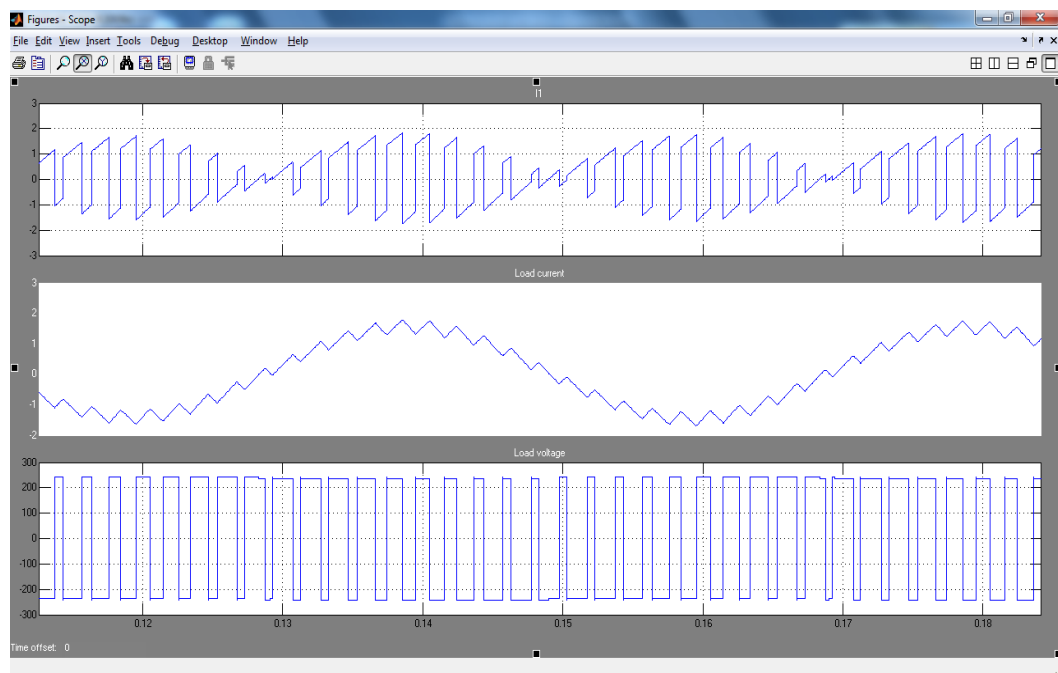


Рис. 19 Ток питания, ток нагрузки и напряжение на нагрузке однофазного инвертора

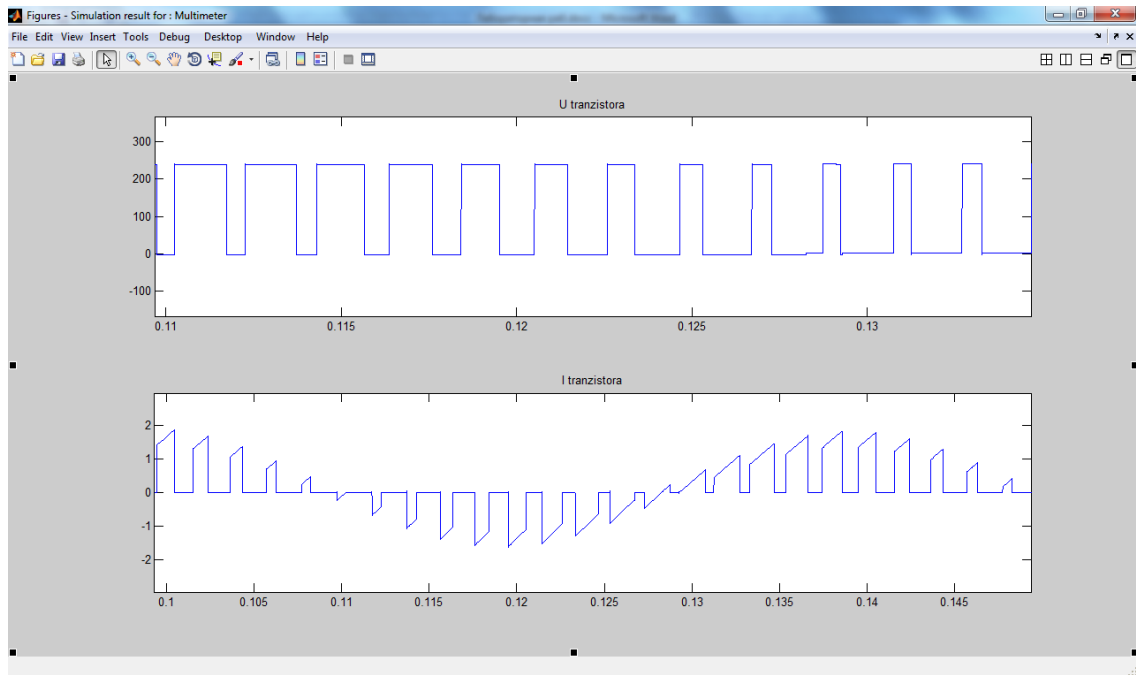


Рис.20 Напряжение и ток силового модуля

Сдвиг по фазе между первой гармоникой тока и напряжения на нагрузке рассчитывается по формуле:

$$\varphi_H = \varphi_U - \varphi_I.$$

Полная и активная мощность по первой гармонике в нагрузке определяется по выражениям:

$$S_H(1) = \frac{U_H(1)_{\max} I_H(1)}{2}, \text{ ВА} \quad P_H(1) = \frac{U_H(1)_{\max} I_H(1)_{\max} \cos \varphi_H}{2}, \text{ (Вт)}.$$

Мощность, потребляемая от источника питания, определяется по выражению:

$$P_1 = U_1 I_1 \text{ (Вт)}.$$

Потери в силовом полупроводниковом модуле определяются по формуле:

$$P_T = [mV_f + (1 - m)V_{fd}]I_{VT} + R_{on}I_{VT \text{ RMS}}^2,$$

где V_f , V_{fd} , R_{on} - параметры силового модуля (рис.13), I_{VT} , $I_{VT \text{ RMS}}$ - его средний и действующий ток (табл. 4).

Коэффициент модуляции напряжения на нагрузке определяется по

формуле: $m = \frac{U_{\text{мод}}}{U_{\text{ГПН}}}$, где $U_{\text{мод}}$, - амплитуда модулирующего синусоидального напряжения, $U_{\text{ГПН}}$ - амплитуда напряжения ГПН. '

По результатам табл. 4 строятся:

- внешняя (нагрузочная) характеристика инвертора $U_H = f(I_H)$;
- энергетические характеристики $I_1, I_{VT}, I_{VT(RMS)} = f(I_H)$;
- энергетические характеристики инвертора $S_1(1), P_1(1), P_{VT} = f(P_H)$

Исследование регулировочной характеристики инвертора по п. 3.2 содержания лабораторной работы осуществляется на модели (рис. 12) при одном значении сопротивления нагрузки (задается преподавателем табл. 3) и изменении амплитуды модулирующего напряжения от 0 до 1,9 В. Моделирование осуществляется при каждом значении модулирующего напряжения, при этом заполняется табл. 5.

Табл. 5.

Измерения

$U_{\text{мод}} (В)$	$U_H (В)$
0	
0,5	
1	
1,5	
1,9	

По данным таблицы строится регулировочная характеристика

6. Содержание отчета

6.1 Схема преобразователя, принцип работы, диаграммы токов и напряжений

6.2. Схема виртуальной установки.

6.3. Выражения для расчета основных характеристик.

6.4. Нагрузочная характеристика инвертора.

6.5. Энергетические характеристики инвертора.

6.6. Регулировочная характеристика инвертора.

6.7. Диаграммы тока питания, тока нагрузки и напряжение на нагрузки, тока и напряжения транзистора (при $R=1\text{ Ом}$, $E=0\text{ В}$; при $R=5\text{ Ом}$, $E=0\text{ В}$; при $R=10\text{ Ом}$, $E=0\text{ В}$)

6.8. Диаграммы сигналов системы управления преобразователем (при $R=1\text{ Ом}$, $E=0\text{ В}$; при $R=5\text{ Ом}$, $E=0\text{ В}$; при $R=10\text{ Ом}$, $E=0\text{ В}$)

6.9. Выводы по работе.