

### Лабораторная работа № 3

## Изучение принципов работы и характеристик однофазного инвертора напряжения с ШИМ модуляцией

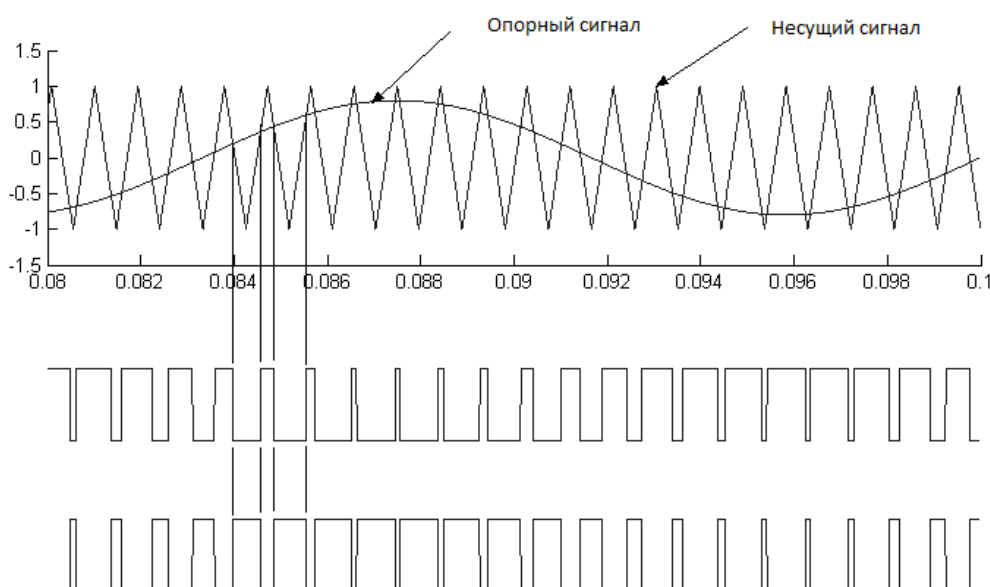
**Цель работы:** Исследование схем и типов широтно-импульсной модуляции (ШИМ), применяемых в задачах инверсии напряжения

В основе инвертора напряжения лежит принцип преобразования напряжения постоянного источника в переменное, с помощью электронных полностью управляемых ключей (транзисторов или двухоперационных тиристоров).

Принцип действия ШИМ основан на генерировании импульсного сигнала постоянной частоты и переменной скважности, то есть отношения периода следования импульса к его длительности.

Импульсы генерируются путем сравнения треугольного (пилообразного) несущего сигнала с опорным модулирующим сигналом. Амплитуда, частота и фаза опорного сигнала устанавливаются для контроля выходного напряжения (на стороне переменного тока) инверторного моста.

На рис. 1 показаны два импульсных сигнала генерируемых для управления полумостовой схемой.



**Рисунок 1** – Временные диаграммы импульсного управления транзисторами

Изучение принципов работы и характеристик однофазного инвертора напряжения с ШИМ модуляцией

Частота импульсов модулируемого сигнала соответствует частоте «зубьев» пилы. Ту часть периода, когда модулирующий сигнал выше несущего, импульс 1 - высокий (1), импульс 2 – низкий (0).

Для мостовой схемы модулирующий сигнал, используемый для второго плеча находится в противофазе с модулирующим сигналом первого плеча.

В данной лабораторной работе предлагается изучить и сравнить принципы работы и характеристики схем полумостового и мостового инверторов напряжения с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ).

На рис. 1 изображены исследуемые схемы полумостового (а) и мостового (б) инверторов напряжения на IGBT транзисторах (биполярный транзистор с изолированным затвором), реализуемые в приложении Matlab Simulink.

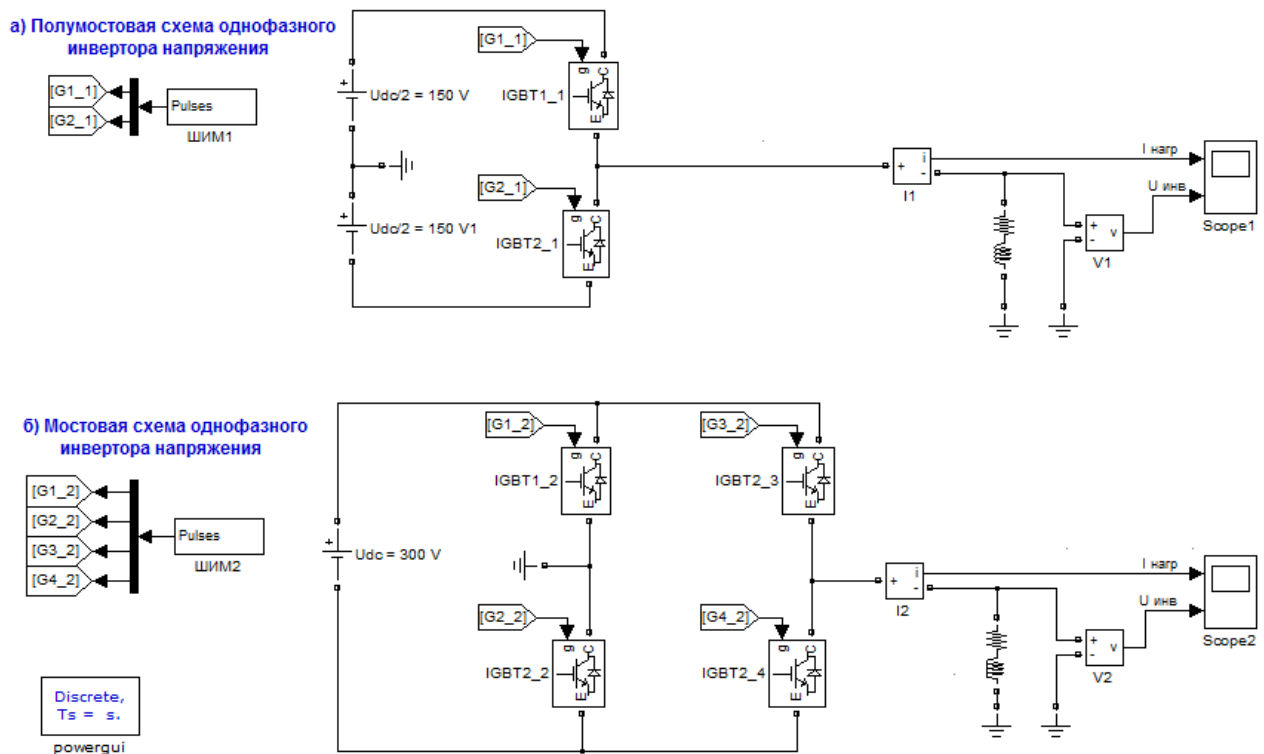


Рисунок 2 – Модели однофазных инверторов напряжения в Matlab Simulink.

Исходные данные:

**Параметры однофазного инвертора напряжения:**  $U_{dc}=300\text{В}$ ;

**Параметры ШИМ:** Частота несущего пилообразного сигнала  $f_m=1000$  Гц

Частота дискретизации  $F=3\cdot f_m$  (Шаг дискретизации  $T_s=1/f_n/F$ )

Коэффициент модуляции  $m=0.8$  используется для контроля амплитуды синусоидального модулирующего сигнала.

Частота выходного напряжения  $f_n=50$  Гц

**Параметры нагрузки:**  $R=1$  Ом,  $L=5$  мГн.

Параметры транзисторов (описание СЗ):

Внутренне сопротивление  $R_{on}=1$  мОм

Демпфирующее сопротивление  $R_s=100$  кОм

Демпфирующая емкость  $C_s=\infty$

**Настройки блока Powergui:**

Configure parameters/

Вид моделирования – дискретный

Шаг дискретизации  $T_s$ .

### **Программа работы**

1. Составить расчетные схемы в соответствии с рис.1 в приложении Matlab Simulink.
2. Задать параметры элементов схемы.
3. Выполнить моделирование работы инверторов.
4. После окончания моделирования открыть блок Powergui и выбрать вкладку FFT Analysis для отображения частотного спектра напряжения (0-5000 Гц).
5. Определить состав частотного спектра для двух периодов (начальное время 0,1-2/50 с), анализ провести на основании параметра THD.
6. Отобразить результаты частотного анализа.
7. Пункты 4-6 выполнить для обеих схем инверторов.
8. Сравнить амплитуды и состав гармоник напряжения на выходе инвертора для двух схем.
9. Описать условия формирования частотного спектра напряжения для обеих схем, объяснить различия результатов, полученных по п.8.

Изучение принципов работы и характеристик однофазного инвертора напряжения с ШИМ модуляцией

10. Изменяя значения коэффициента модуляции, построить график зависимости амплитуды главной компоненты от коэффициента модуляции. Объяснить полученные результаты.

11. Оформить отчет.

### **Контрольные вопросы**

1. Какова роль конденсатора в инверторе напряжения, в каком месте он ставится?
2. Каково назначение диода, включаемого в цепь транзистора?
3. Нарисовать схему однофазного полумостового ИН и пояснить принцип его работы.
4. Нарисовать схему однофазного мостового ИН и пояснить принцип его работы.
5. Объяснить принцип действия ШИМ.

### **Литература**

1. Забродин Ю.С. Промышленная электроника. - М.: Высшая школа, 1982.-496 с.
2. Севернс Р., Блум Г. Импульсные преобразователи постоянного напряжения для систем вторичного электропитания, -М.: Энергоатомиздат, 1988,-294 с.
3. Четти П. Проектирование ключевых источников электропитания. - М.: Энергоатомиздат, 1990. -240 с.
4. Бурман А.П. Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем. / А.П. Бурман, Ю.К. Розанок, Ю.Г. Шакарян – М.: Издательский дом МЭИ, 2012. – 336 с.

## Варианты

№ вар	Напряжение источника, кВ	Нагрузка		Доп задание
		R= Ом,	L= мГн	
1	100 (для первой схемы) 100 (для второй схемы)	2	10	Установить частоту несущего пилообразного сигнала $f_m=1500$ Гц. Приведите осциллограммы токов и напряжения для базовой и измененной схемы. Поясните полученные результаты.
2	200 (для первой схемы) 200 (для второй схемы)	3	12	Установить частоту несущего пилообразного сигнала $f_m=2000$ Гц. Приведите осциллограммы токов и напряжения для базовой и измененной схемы. Поясните полученные результаты.
3	300 (для первой схемы) 300 (для второй схемы)	4	14	Установить частоту несущего пилообразного сигнала $f_m=2500$ Гц. Приведите осциллограммы токов и напряжения для базовой и измененной схемы. Поясните полученные результаты.
4	400 (для первой схемы) 400 (для второй схемы)	5	15	Установить частоту несущего пилообразного сигнала $f_m=3000$ Гц. Приведите осциллограммы токов и напряжения для базовой и измененной схемы. Поясните полученные результаты.
5	500 (для первой схемы) 500 (для второй схемы)	6	18	Установить частоту несущего пилообразного сигнала $f_m=1500$ Гц. Приведите частотный спектр для напряжения для базовой и измененной схемы. Поясните полученные результаты.
6	100 (для первой схемы) 200 (для второй схемы)	3	12	Установить частоту несущего пилообразного сигнала $f_m=2000$ Гц. Приведите частотный спектр для напряжения для базовой и измененной схемы. Поясните полученные результаты.
7	100 (для первой схемы) 300 (для второй схемы)	2	10	Установить частоту несущего пилообразного сигнала $f_m=2500$ Гц. Приведите частотный спектр для напряжения для базовой и измененной схемы. Поясните полученные результаты.
8	100 (для первой схемы) 400 (для второй схемы)	3	12	Установить частоту несущего пилообразного сигнала $f_m=3000$ Гц. Приведите частотный спектр для напряжения для базовой и измененной схемы. Поясните полученные результаты.
9	100 (для первой схемы) 500 (для второй схемы)	4	14	Установить частоту несущего пилообразного сигнала $f_m=500$ Гц. Приведите осциллограммы токов и напряжения для базовой и измененной схемы. Поясните полученные результаты.
10	200 (для первой схемы) 300 (для второй схемы)	5	15	Установить частоту несущего пилообразного сигнала $f_m=600$ Гц. Приведите осциллограммы токов и напряжения для базовой и измененной схемы.

Изучение принципов работы и характеристик однофазного инвертора напряжения с ШИМ модуляцией

	схемы)			Поясните полученные результаты.
11	300 (для первой схемы) 400 (для второй схемы)	6	18	Установить частоту несущего пилообразного сигнала $f_m=700$ Гц. Приведите осциллограммы токов и напряжения для базовой и измененной схемы. Поясните полученные результаты.
12	300 (для первой схемы) 500 (для второй схемы)	2	10	Установить частоту несущего пилообразного сигнала $f_m=800$ Гц. Приведите осциллограммы токов и напряжения для базовой и измененной схемы. Поясните полученные результаты.
13	400 (для первой схемы) 500 (для второй схемы)	3	12	Установить частоту несущего пилообразного сигнала $f_m=500$ Гц. Приведите частотный спектр для напряжения для базовой и измененной схемы. Поясните полученные результаты.
14	600 (для первой схемы) 600 (для второй схемы)	4	14	Установить частоту несущего пилообразного сигнала $f_m=700$ Гц. Приведите частотный спектр для напряжения для базовой и измененной схемы. Поясните полученные результаты.
15	150 (для первой схемы) 150 (для второй схемы)	5	15	Установить частоту несущего пилообразного сигнала $f_m=800$ Гц. Приведите частотный спектр для напряжения для базовой и измененной схемы. Поясните полученные результаты.