

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Информационная безопасность систем и технологий»

Отчет

о лабораторной работе №3

на тему «Исследование выпрямителей на полупроводниковых диодах »

Дисциплина: КПЭС

Группа: 21ПИ1

Выполнил: Гусев Д. А.

Количество баллов:

Дата сдачи:

Принял: Мартюшин А. В.

1 Цель работы: компьютерное моделирование работы одно- и двухполупериодных схем выпрямителей, исследование возможности сглаживания пульсаций с помощью фильтров, сравнительный анализ расчетных значений токов и напряжений с экспериментальными данными.

## 2 Задание

2.1 Для выполнения компьютерного моделирования необходимо использовать схему однополупериодного выпрямителя без сглаживающего фильтра. В ней ключ [1] должен быть разомкнут, ключ [2] находится в нижнем положении, ключ [L] замкнут, ключи [C1], [C2] разомкнуты. Выпрямление выполняется диодом D1.

2.2 Необходимо установить на генераторе частоту синусоидального сигнала по указанию преподавателя в диапазоне от 50 до 200 Гц (для варианта №1 частота 50 Гц, для каждого последующего варианта частота увеличивается на 5 Гц), амплитуду 10 В. В режиме Анализ – Анализ переходных процессов получить графики напряжений на выходе генератора (VG1) и на нагрузке (VM1) В окне результатов удалить графики VG1 и VM1. В меню результатов выбрать Правка –Добавить больше кривых – Постпроцессинг – AM2 – Добавить – – Ок. Получим совпадающие по форме графики токов

2.3 Измерить значения постоянной составляющей и первой гармоники напряжений и токов в однополупериодном выпрямителе. Важное пояснение. В программе TINA-8 измерительные приборы (вольтметр, амперметр, мультиметр) измеряют только постоянные и гармонические токи и напряжения. Поэтому в схеме эти приборы поставлены для обозначения выходных измеряемых параметров (Output) и не могут давать правильные значения в таблицах результатов. Все измерения несинусоидальных величин надо проводить с использованием анализа Фурье. Выбрать в главном меню Анализ – Анализ Фурье – Ряд Фурье. В окне Format выбрать Aeff, Veff. При этом будут вычисляться действующие значения постоянной составляющей и гармоник. В окне Вывод выбрать VM1. Нажать Вычисление. В таблице получим

действующие значения постоянной составляющей 2,94 В ( $k = 0$ ), первой гармоники 3,31 В ( $k = 1$ ), второй гармоники -1,48 В ( $k = 2$ ) и т. д. Знаки минус учитывают начальные фазы гармоник и несущественны для исследования выпрямителя.

2.4 В окне Ряд Фурье – Вывод выбрать АМІ. Исследовать спектр входного тока І1. В схеме однополупериодного выпрямителя с активной нагрузкой без сглаживающего фильтра входной ток совпадает с выходным.

2.5 Подключить параллельно сопротивлению нагрузки конденсаторы С1 и С2. Получить графики напряжений. Повторить исследования по пп. 2-4.

2.6 В схеме установить режим двухполупериодного выпрямления без сглаживающего фильтра. Для этого необходимо замкнуть ключи [1] и [L], разомкнуть ключи [С1] и [С2], ключ [2] переключить в верхнее положение. Получить графики напряжений для VG1 и VM1.

2.7 Повторить исследования по пп. 2-5 для VM1, АМІ, АМ2. Зарегистрировать все графики и действующие значения напряжений и токов.

2.8 Подключить к емкостям С1 и С2 индуктивность L1 так, чтобы образовался П-образный сглаживающий ФНЧ. Рассчитать частоту среза ФНЧ по формуле  $f_c = 1/(\pi\sqrt{LC})$ . Установить частоту сигнала генератора  $f > 1,5 f_c$ . Повторить исследования двухполупериодного выпрямителя с П-образным LC-фильтром. Для этого в режиме Анализ – Анализ переходных процессов исследования провести в интервале 0...20 мс и 20...40 мс, когда переходные процессы закончатся. Сохранив в режиме Анализ – Анализ переходных процессов установку интервала 20...40 мс, исследовать спектр VM1, АМІ, АМ2 (при значении Запуска показа 20 м). Определить характер изменения постоянной составляющей и пульсаций, занести полученные графики в отчет.

### 3 Результаты работы

3.1 Для выполнения компьютерного моделирования была собрана схема, представленная на рисунке 1.

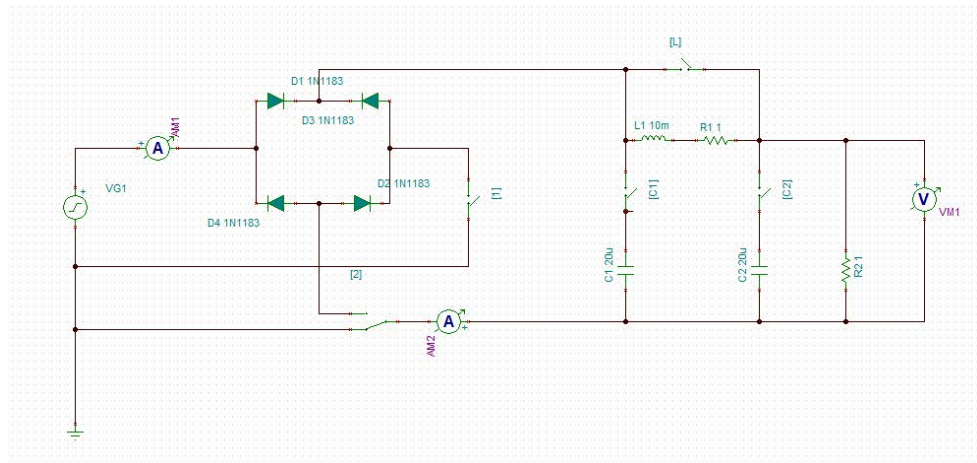


Рисунок 1 - Схема для исследования

3.2 Установлена на генераторе частота синусоидального сигнала равная 60 Гц согласно варианта 3. Графики напряжений и тока приведены на рисунках 2 и 3.

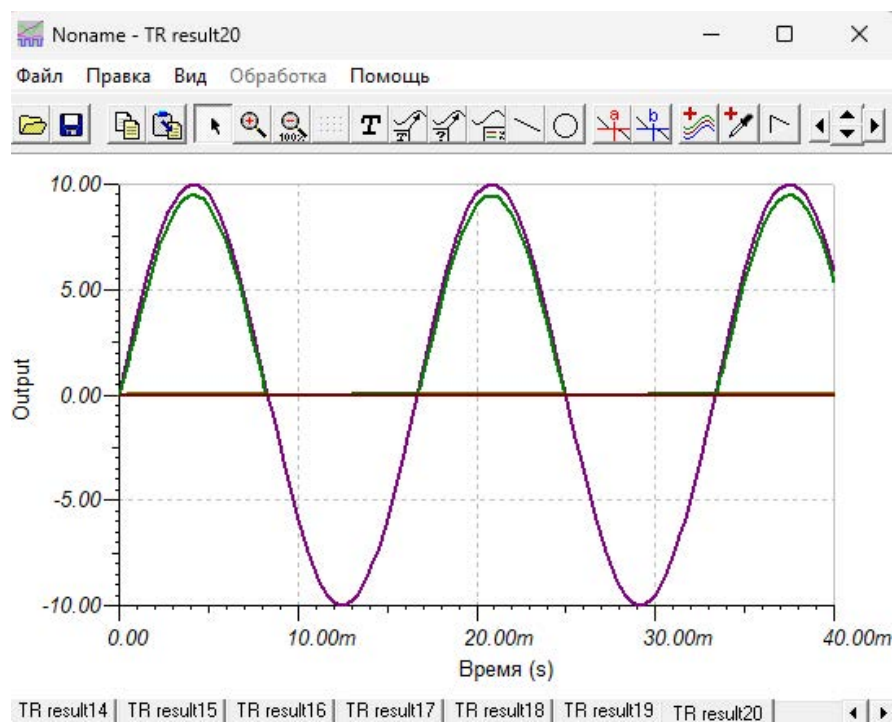


Рисунок 2 - График напряжений однополупериодного выпрямителя

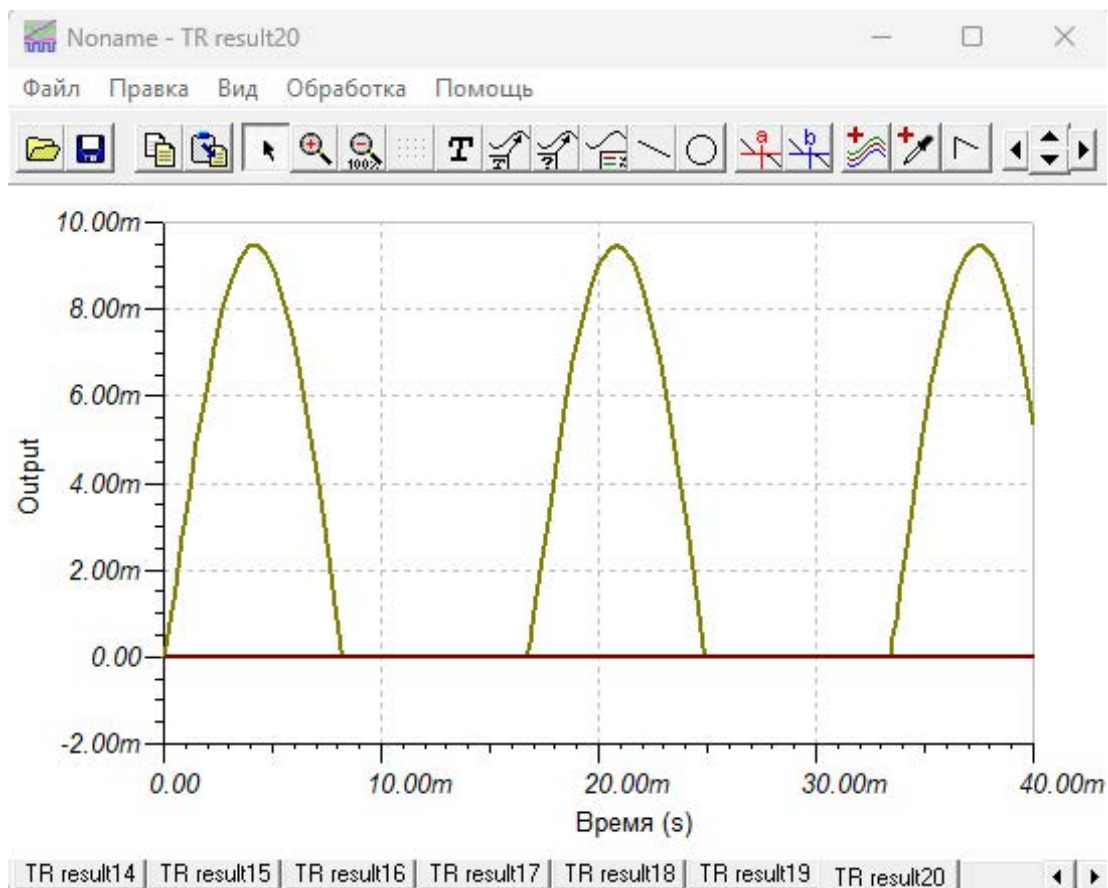


Рисунок 3 - График тока однополупериодного выпрямителя

3.3 Измерены значения постоянной составляющей и первой гармоники напряжений и токов в однополупериодном выпрямителе. Это показано на рисунке 4.

Ряд Фурье

Время начала дискретизации: 0  
 Опорная частота: 60  
 Количество выборок: 4096  
 Количество колебаний: 16  
 Формат: Aeff, Beff  
 Вывод: VM1

Начальное переходное состояние:  
☒ Вычислить опорную точку  
☐ Использовать начальные условия  
☐ Нулевые начальные условия

Вычисление  
 Отмена  
 Помощь  
 Черчение

Коэффициенты Фурье

k	Амплитуда (A)	Амплитуда (B)
0.	2,94	0
1.	1,25m	3,31
2.	-1,48	-239,05u
3.	919,37u	-65,99m
4.	-287,68m	-59,6u

Нелинейное искажен45,846%

Рисунок 4 - Гармоники напряжения

3.4 Исследован спектр входного тока I1. Это показано на рисунках 5 и 6.

Ряд Фурье

Время начала дискретизации: 0  
 Опорная частота: 60  
 Количество выборок: 4096  
 Количество колебаний: 16  
 Формат: Aeff, Beff  
 Вывод: AM1

Начальное переходное состояние  
☒ Вычислить опорную точку  
☐ Использовать начальные условия  
☐ Нулевые начальные условия

Вычисление  
 Отмена  
 Помощь  
 Черчение

Коэффициенты Фурье

k	Амплитуда (A)	Амплитуда (B)
0.	2,94m	0
1.	1,25u	3,31m
2.	-1,48m	-238,89n
3.	919,27n	-65,99u
4.	-287,68u	-59,46n

Нелинейное искажение: 45,846%

Рисунок 5 - Гармоники тока

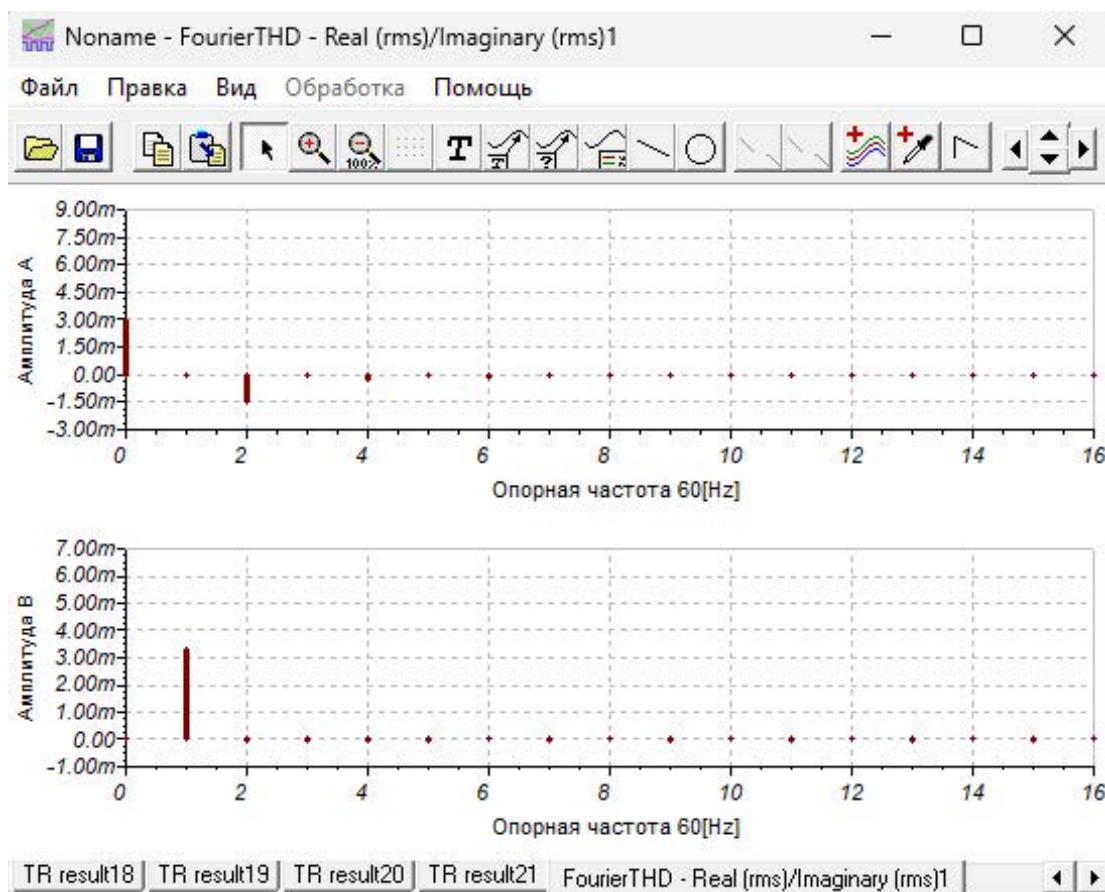


Рисунок 6 - Спектр тока I1

3.5 Подключены параллельно сопротивлению нагрузки конденсаторы C1 и C2. Получить графики напряжений. Повторить исследования по пп. 2-4. Это показано на рисунках 7, 8, 9, 10, 11.



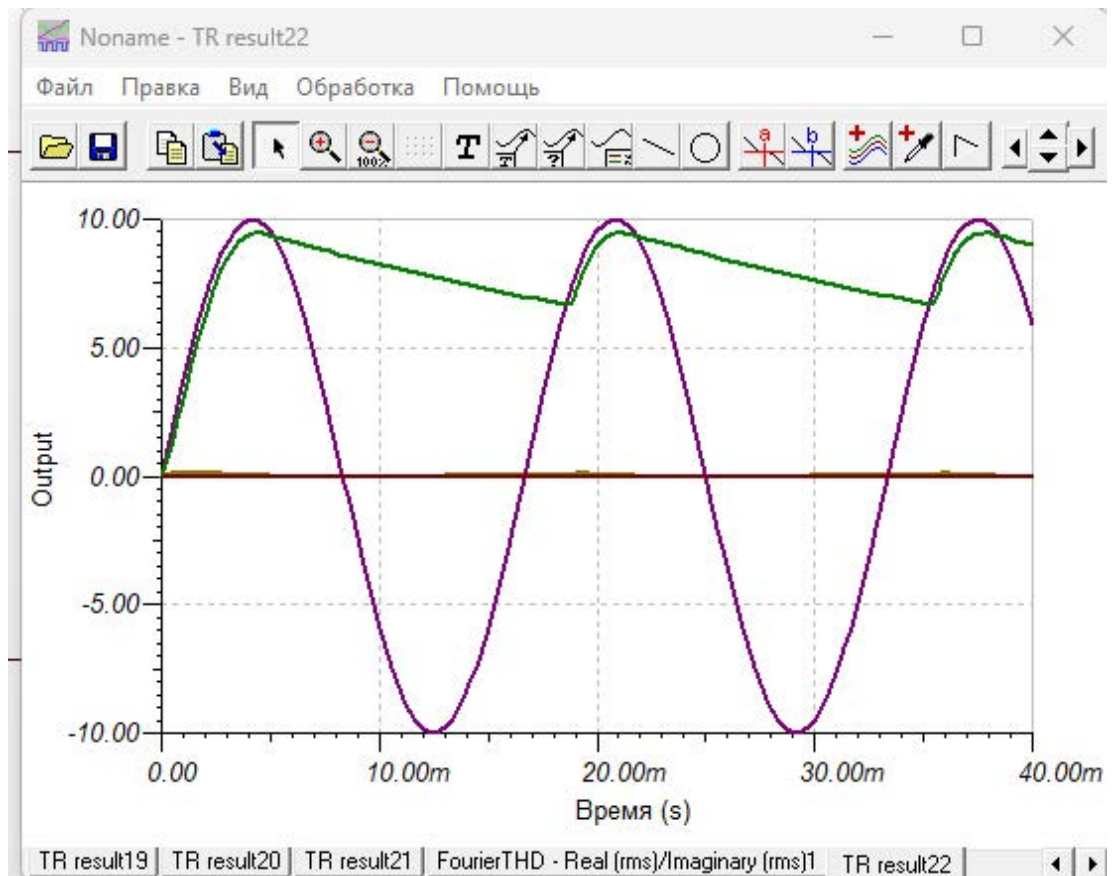


Рисунок 7 - График напряжений однополупериодного выпрямителя с емкостным фильтром

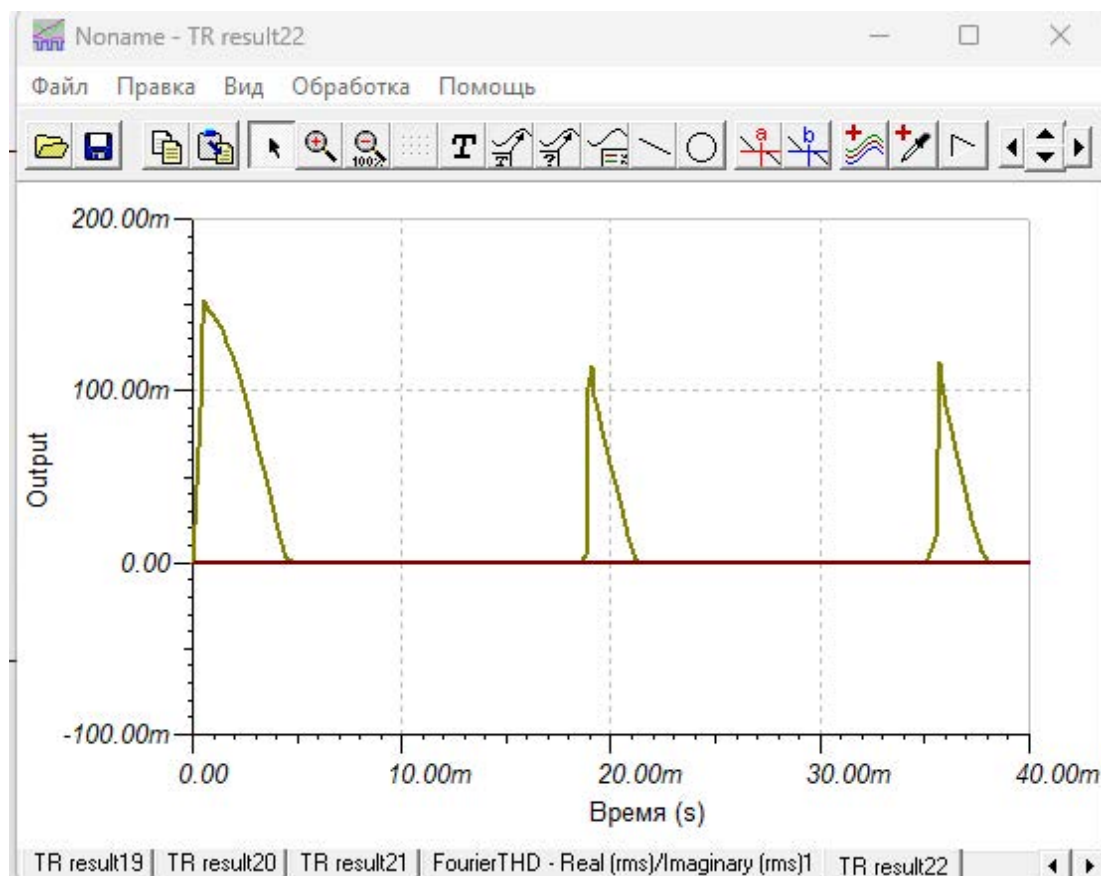


Рисунок 8 - График тока однополупериодного выпрямителя с емкостным фильтром

Ряд Фурье

Время начала дискретизации: 0

Опорная частота: 60

Количество выборок: 4096

Количество колебаний: 16

Формат: Aeff, Beff

Вывод: VM1

Начальное переходное состояние

☒ Вычислить опорную точку

☐ Использовать начальные условия

☐ Нулевые начальные условия

Вычисление

Отмена

Помощь

Черчение

Коэффициенты Фурье

k	Амплитуда (A)	Амплитуда (B)
0.	7,59	0
1.	-1,25	207,93m
2.	-811,76m	-495,95m
3.	-373,81m	-588,88m
4.	-142,48m	-459,44m

Нелинейное искажен114,03%

Рисунок 9 - Гармоники напряжения

Ряд Фурье

Время начала дискретизации: 0

Опорная частота: 60

Количество выборок: 4096

Количество колебаний: 16

Формат: Aeff, Beff

Вывод: AM1

Начальное переходное состояние

☒ Вычислить опорную точку

☐ Использовать начальные условия

☐ Нулевые начальные условия

Вычисление

Отмена

Помощь

Черчение

Коэффициенты Фурье

k	Амплитуда (A)	Амплитуда (B)
0.	24,25m	0
1.	25,47m	19,08m
2.	7,82m	23,98m
3.	-3,48m	16,31m
4.	-4,34m	8,05m

Нелинейное искажен107,87%

Рисунок 10 - Гармоники тока

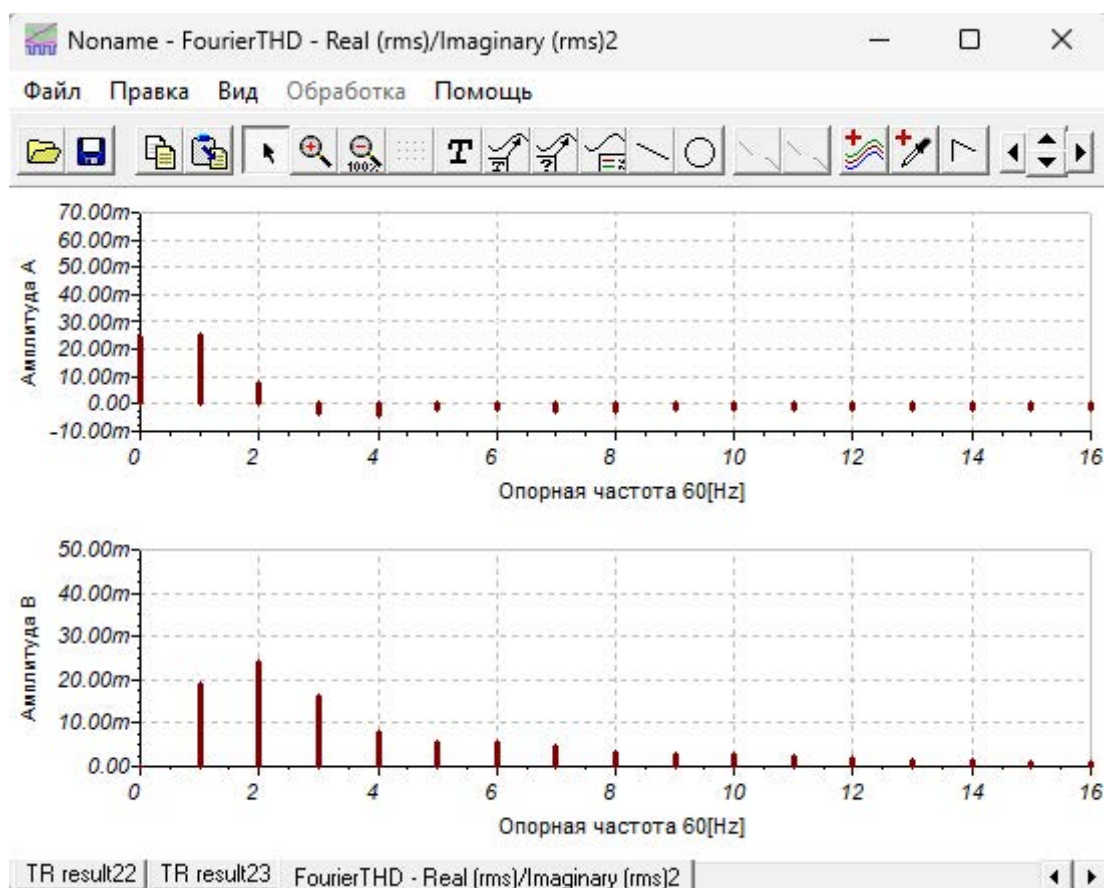


Рисунок 11 - Спектр тока

3.6 В схеме установлен режим двухполупериодного выпрямления без сглаживающего фильтра. Получены графики напряжений для VG1 и VM1. Это показано на рисунке 12.

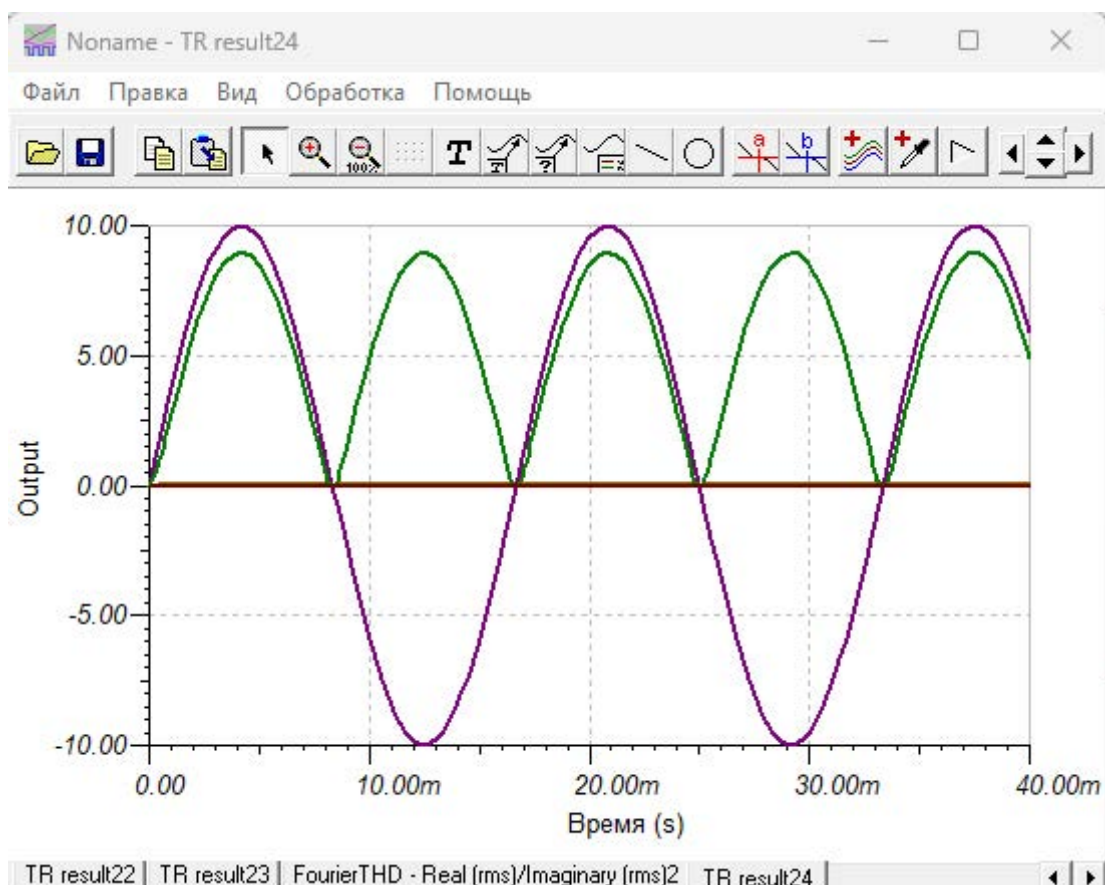


Рисунок 12 - График напряжений двухполупериодного выпрямителя

3.7 Повторены исследования по пп. 2-5 для VM1, AM1, AM2. Зарегистрировать все графики и действующие значения напряжений и токов. Это показано на рисунках 13, 14, 15, 16.

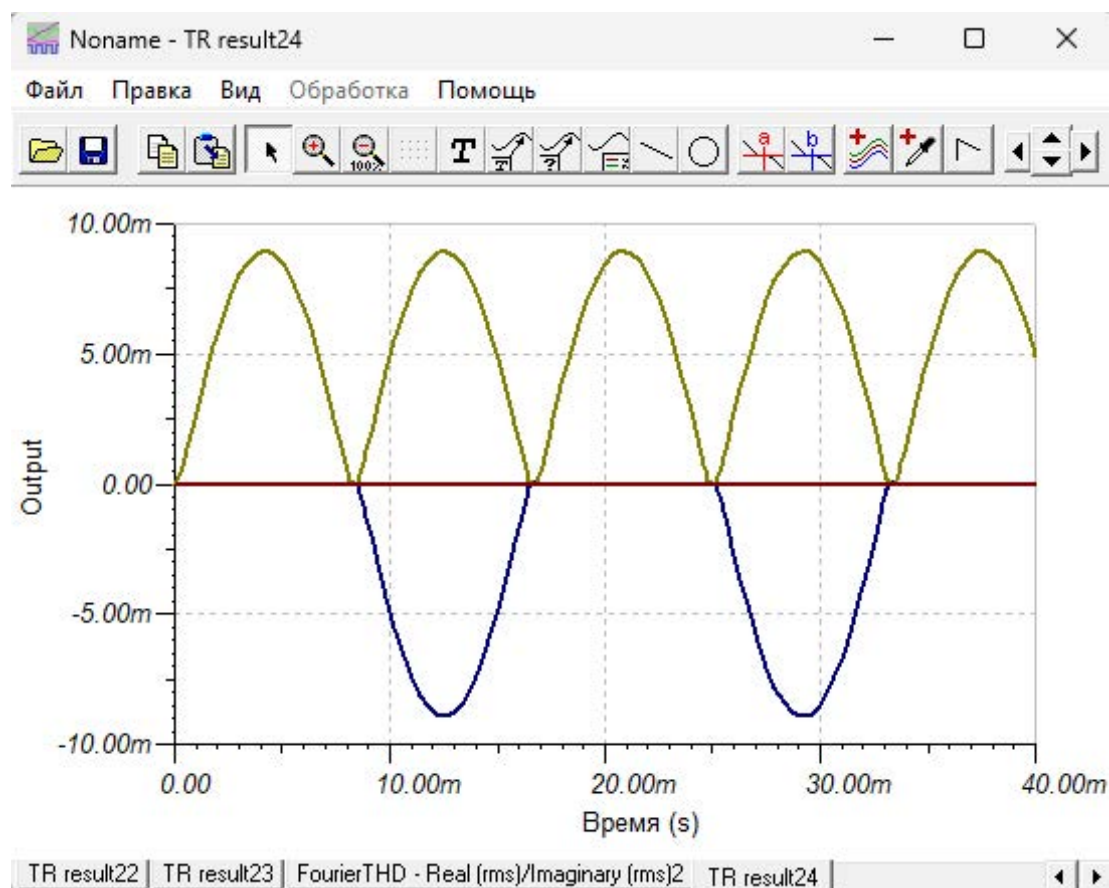


Рисунок 13 - График тока двухполупериодного выпрямителя

Ряд Фурье

Время начала дискретизации: 0

Опорная частота: 60

Количество выборок: 4096

Количество колебаний: 16

Формат: Aeff, Beff

Вывод: VM1

Начальное переходное состояние:

- ☒ Вычислить опорную точку
- ☐ Использовать начальные условия
- ☐ Нулевые начальные условия

Кoeffициенты Фурье

k	Амплитуда (A)	Амплитуда (B)
0.	5,42	0
1.	177,06u	7,26u
2.	-2,9	-21,34m
3.	176,06u	21,78u
4.	-537,59m	-7,56m

Нелинейное искажен1,6702E006%

Вычисление

Отмена

Помощь

Черчение

Рисунок 14 - Гармоники напряжения

Ряд Фурье

Время начала дискретизации: 0

Опорная частота: 60

Количество выборок: 4096

Количество колебаний: 16

Формат: Aeff, Beff

Вывод: AM1

Начальное переходное состояние:

- ☒ Вычислить опорную точку
- ☐ Использовать начальные условия
- ☐ Нулевые начальные условия

Кoeffициенты Фурье

k	Амплитуда (A)	Амплитуда (B)
0.	131,79n	0
1.	-20,93u	6,16m
2.	191,56n	11,48n
3.	3,94u	-256,41u
4.	189,03n	22,99n

Нелинейное искажен5,1911%

Вычисление

Отмена

Помощь

Черчение

Рисунок 15 - Гармоники тока



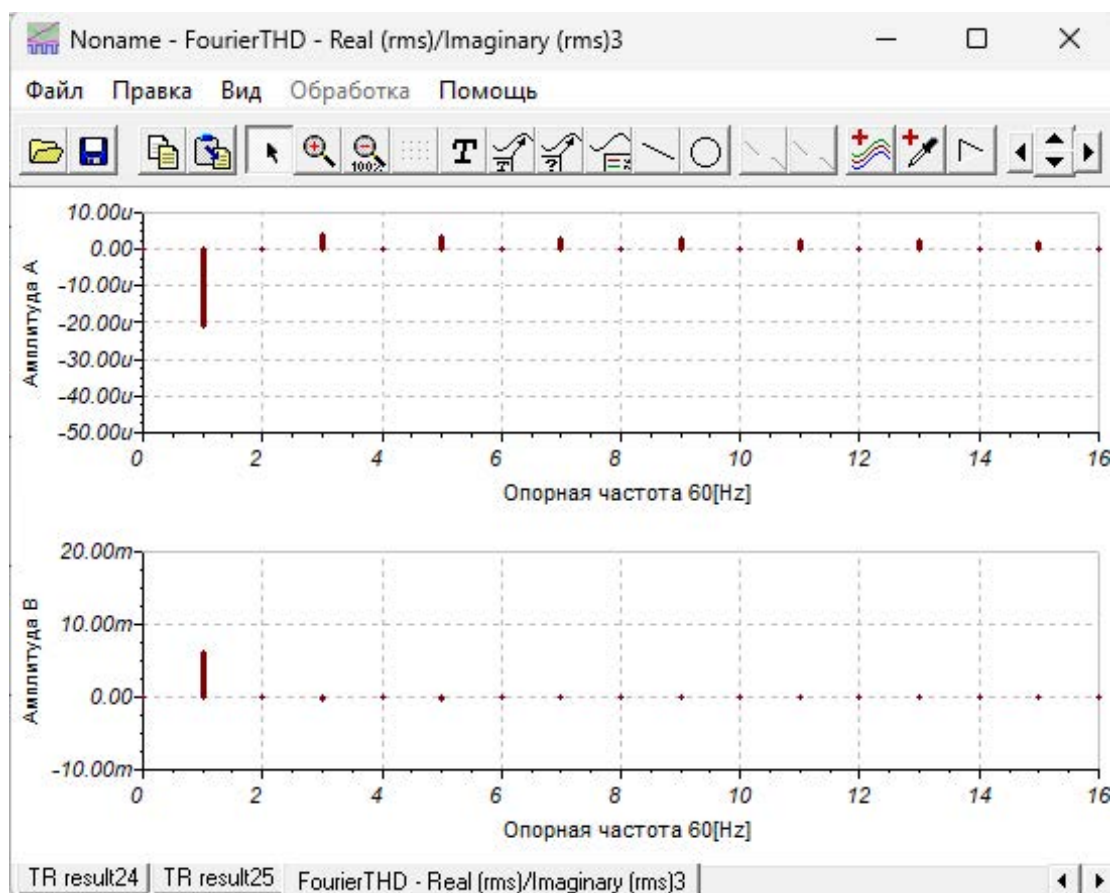


Рисунок 16 - Спектр тока

3.8 Была подключёна к емкостям C1 и C2 индуктивность L1 так, что образовался П-образный сглаживающий ФНЧ. Была рассчитана частота среза ФНЧ по формуле  $f_c = 1/(\pi\sqrt{LC})$ . Частота генератора была установлена в 800Гц. Вычисления приведены ниже.

$$f_c = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{\pi\sqrt{0,01*0,00004}} = 503 \text{ Гц}$$

$$f > 1,5 f_c$$

$$f = 800 \text{ Гц}$$

Повторить исследования двухполупериодного выпрямителя с П-образным LC-фильтром. Это показано на рисунках 17-26.



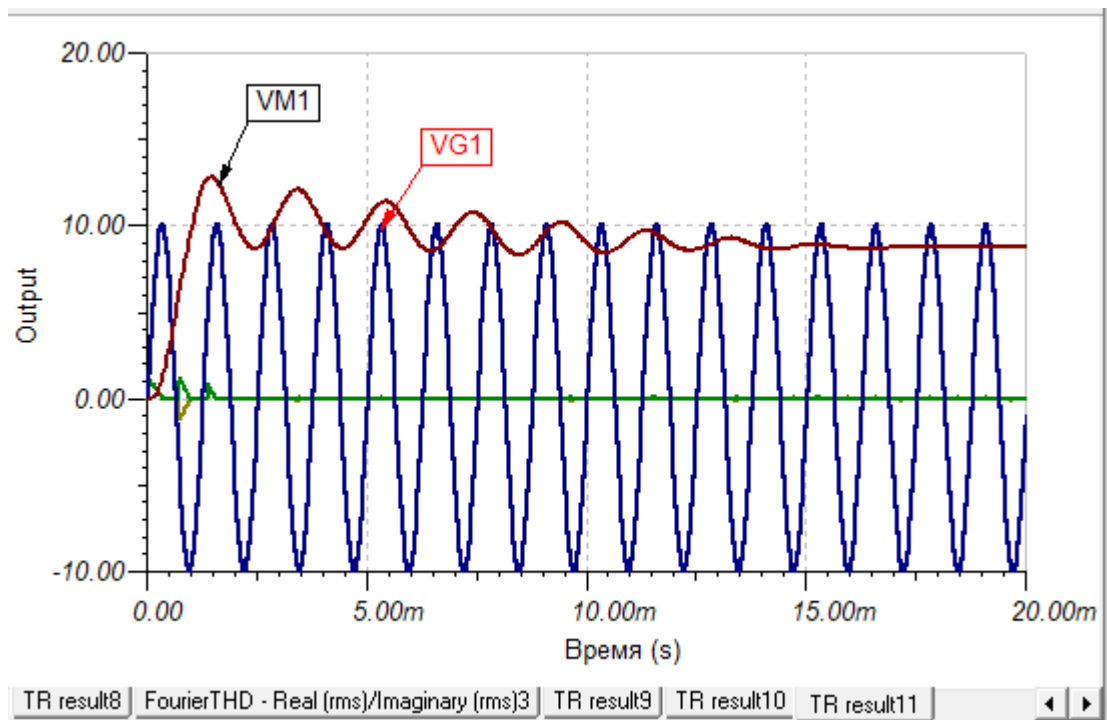


Рисунок 17 - График напряжений двухполупериодного выпрямителя с П-образным LC-фильтром в диапазоне [0..20m]сек

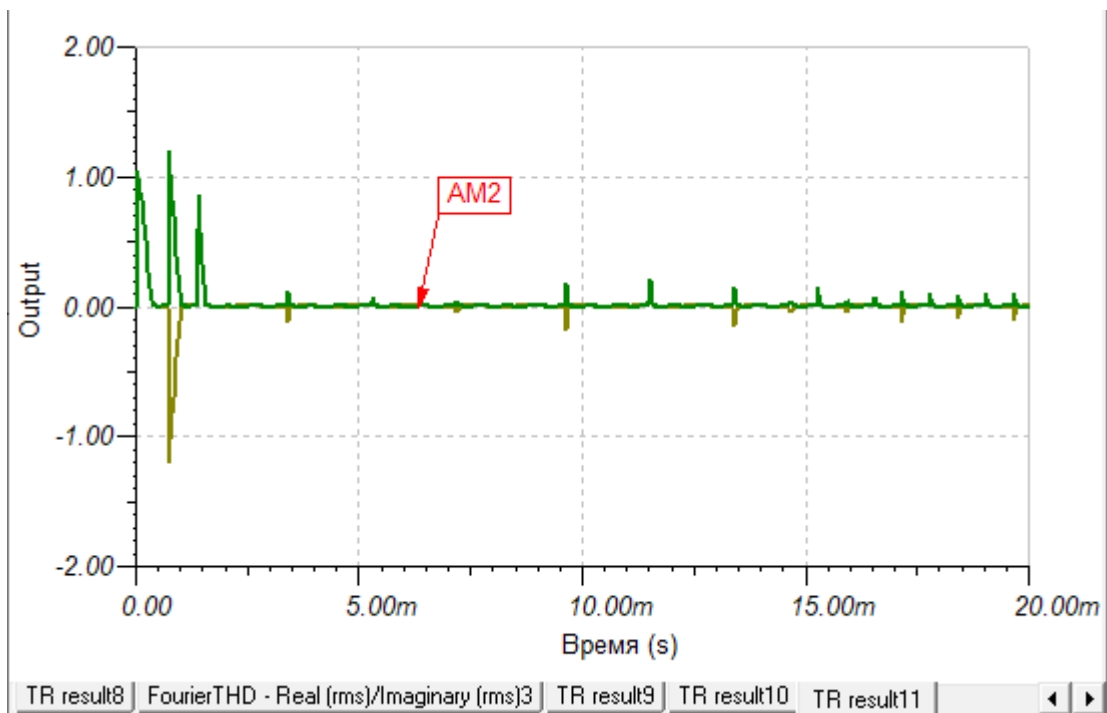


Рисунок 18 - График тока двухполупериодного выпрямителя с П-образным LC-фильтром [0..20m]сек

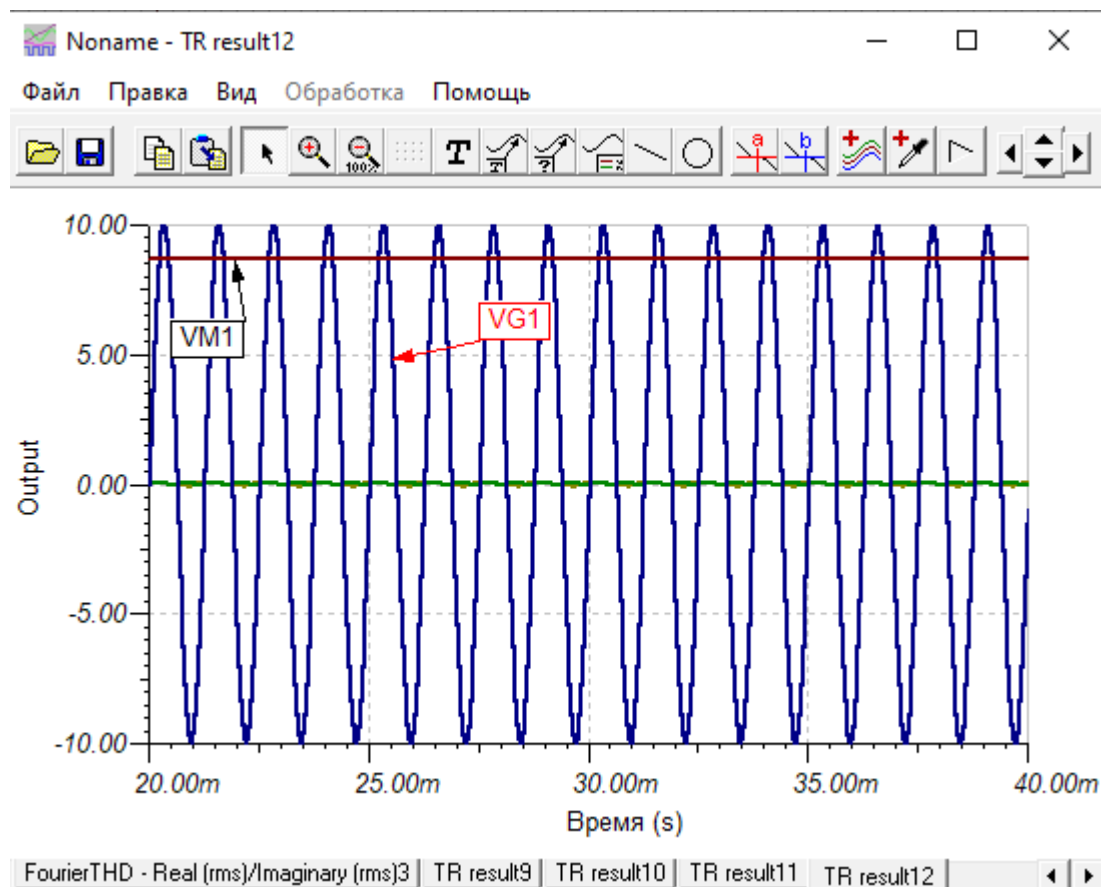


Рисунок 19 - График напряжений двухполупериодного выпрямителя с П-образным LC-фильтром в диапазоне [20m..40m]сек

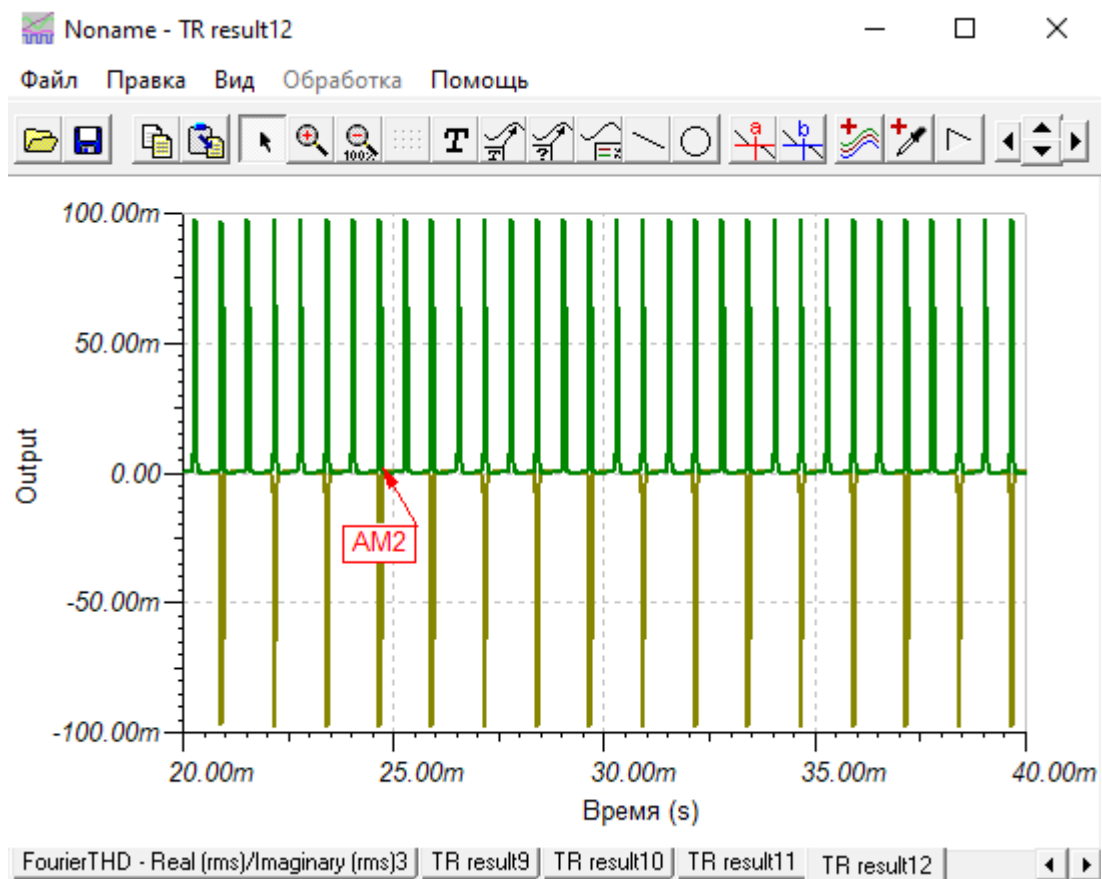


Рисунок 20 - График тока двухполупериодного выпрямителя с П-образным LC-фильтром в диапазоне [20m..40m]сек

**Ряд Фурье**

Время начала дискретизации: 20m  
 Опорная частота: 800  
 Количество выборок: 4096  
 Количество колебаний: 16  
 Формат: Aeff, Beff  
 Вывод: VM1

Начальное переходное состояние  
☒ Вычислить опорную точку  
☐ Использовать начальные условия  
☐ Нулевые начальные условия

Вычисление  
 Отмена  
 Помощь  
 Черчение

Коэффициенты Фурье

k	Амплитуда (A)	Амплитуда (B)
0.	8,72	0
1.	177,62u	648,92u
2.	467,09u	3,18m
3.	6,41u	169,58u
4.	-91,23u	-104,46u

Нелинейное искажен479,78%

Рисунок 21 - Гармоники напряжения

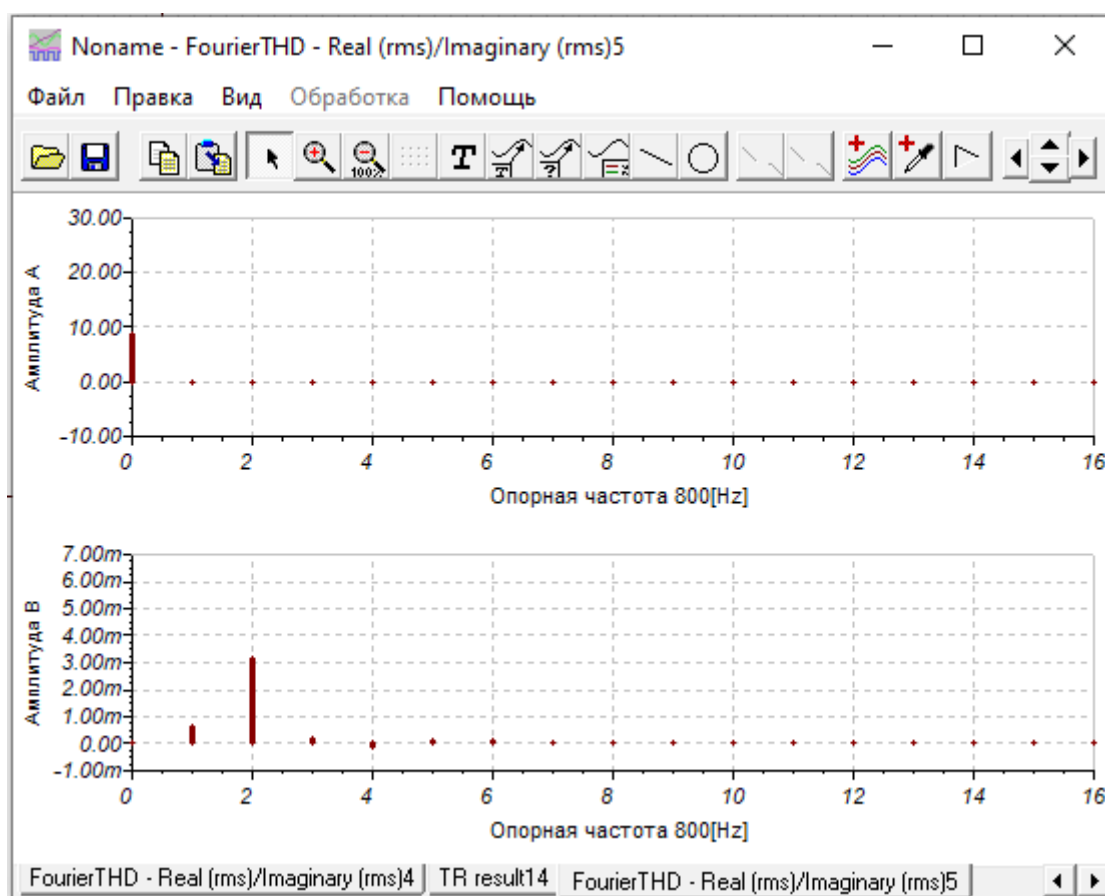


Рисунок 22 - Спектр VM1

Ряд Фурье

×

Время начала дискретизации

20m

Опорная частота

800

Количество выборок

4096

Количество колебаний

16

Формат

Aeff, Beff

Вывод

AM1

Начальное переходное состояние

☒ Вычислить опорную точку  
☐ Использовать начальные условия  
☐ Нулевые начальные условия

Вычисление

Отмена

Помощь

Черчение

Коэффициенты Фурье

k	Амплитуда (A)	Амплитуда (B)
0.	16,08u	0
1.	695,97u	12,18m
2.	-21,62u	5,45u
3.	-1,96m	-11,39m
4.	18,5u	-9,95u

Нелинейное искажен168,08%

Рисунок 23 - Гармоники тока AM1

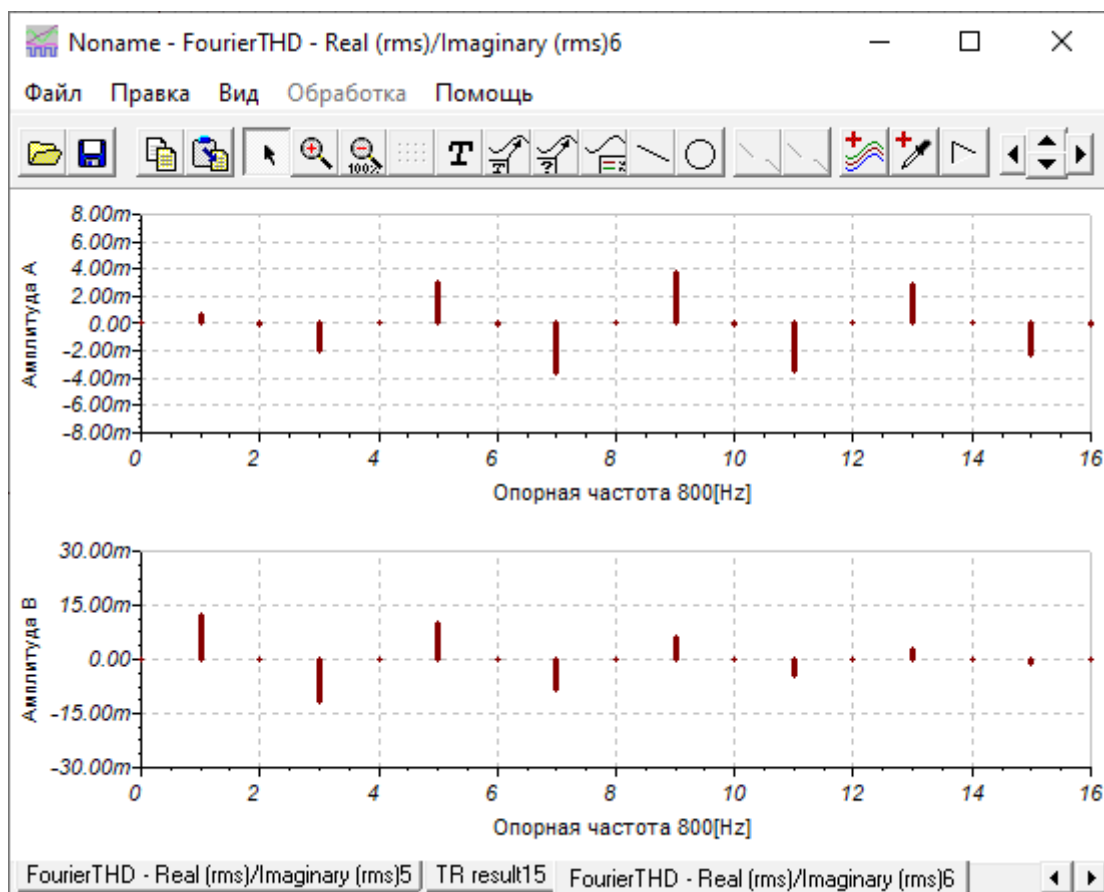


Рисунок 24 - Спектр тока AM1

**Ряд Фурье**

Время начала дискретизации: 20m

Опорная частота: 800

Количество выборок: 4096

Количество колебаний: 16

Формат: Aeff, Beff

Вывод: AM2

Начальное переходное состояние

- ☒ Вычислить опорную точку
- ☐ Использовать начальные условия
- ☐ Нулевые начальные условия

Вычисление

Отмена

Помощь

Черчение

Коэффициенты Фурье

k	Амплитуда (A)	Амплитуда (B)
0.	8,69m	0
1.	2,79u	22,46u
2.	-11,88m	1,35m
3.	-7,87u	-20,28u
4.	10,74m	-2,5m

Нелинейное искажен98357%

Рисунок 25 - Гармоники тока AM2



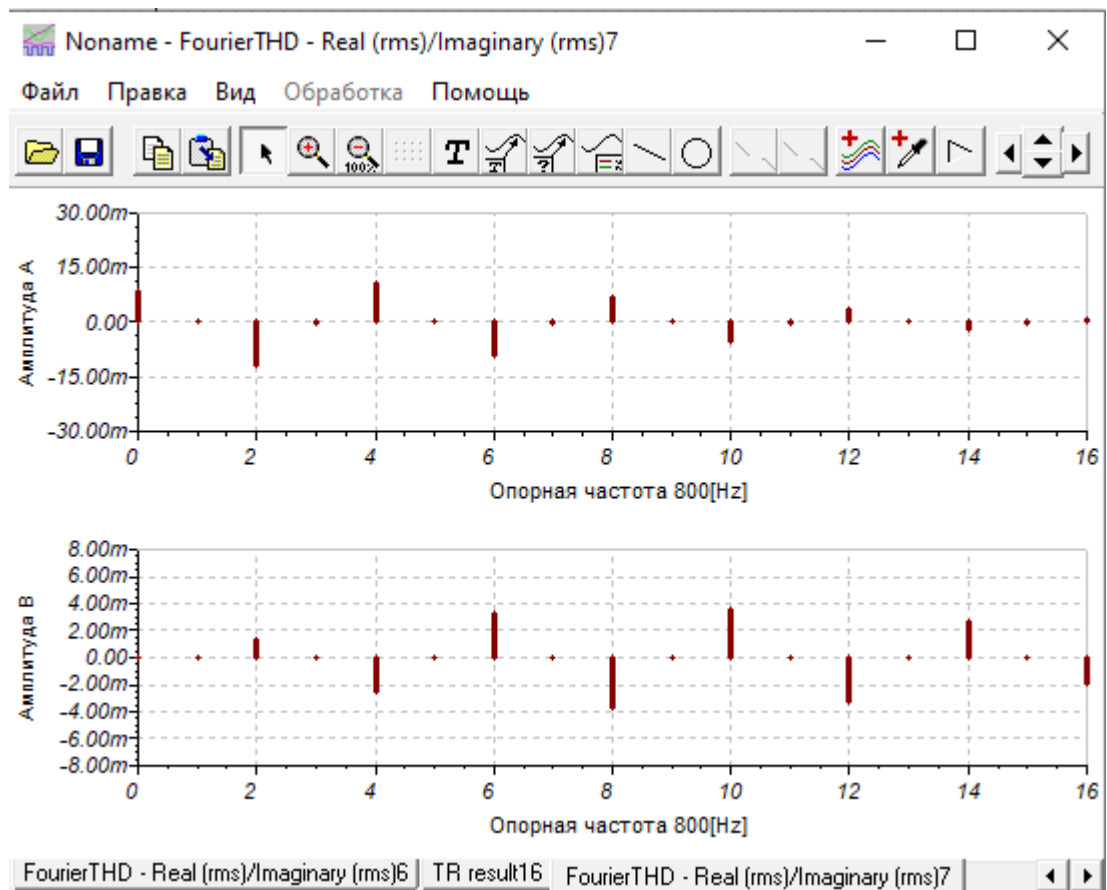


Рисунок 26 - Спектр тока AM2

4 Выводы: проведены компьютерное моделирование работы одно- и двухполупериодных схем выпрямителей, исследование возможности сглаживания пульсаций с помощью фильтров, сравнительный анализ расчетных значений токов и напряжений с экспериментальными данными.