



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КАФЕДРА КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ (ИУ6)

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

О Т Ч Е Т

по лабораторной работе № 1
Вариант 4

Название: Диоды в источниках питания

Дисциплина: Электроника

Студент

ИУ6-42Б
(Группа)

(Подпись, дата)

И.С.Марчук
(И.О. Фамилия)

Преподаватель

(Подпись, дата)

Н.В. Аксенов
(И.О. Фамилия)

Москва, 2021

Цель: исследование характеристик и параметров выпрямительных схем и стабилизаторов напряжения.

Задание:

1. Исследовать работу однополупериодной и двухполупериодной схем выпрямителя для случаев:

- а) активной нагрузки;
- б) емкостной нагрузки.

Зарисовать форму выходного напряжения, а также форму тока, протекающего через диод.

2. Определить с помощью осциллографа угол отсечки φ и коэффициент пульсаций K_p для одно- и двухполупериодной схем.

3. Исследовать сглаживающее действие фильтра LC при одно- и двухполупериодном выпрямлении. Определить коэффициенты сглаживания.

4. Отснять нагрузочные характеристики выпрямителя и определить его выходное сопротивление.

5. Подключить к выпрямителю параметрический стабилизатор, снять нагрузочную характеристику стабилизатора и определить по ней его выходное сопротивление, определить коэффициент стабилизации (схема выпрямителя мостовая, фильтр LC отключен)

Параметры:

4	12	750	Si	1	7	1	5	0,1	5	200	500
---	----	-----	----	---	---	---	---	-----	---	-----	-----

Рисунок 1 — Варианты лабораторной №1 по электронике

Однополупериодный выпрямитель без фильтра

Схема:

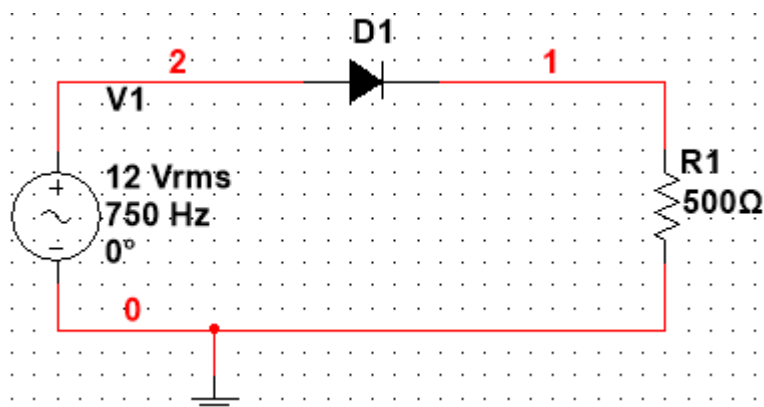


Рисунок 2 — Схема однополупериодного выпрямителя без фильтра

График входного и выходного напряжения:

1 схема без конденсатора
Transient Analysis

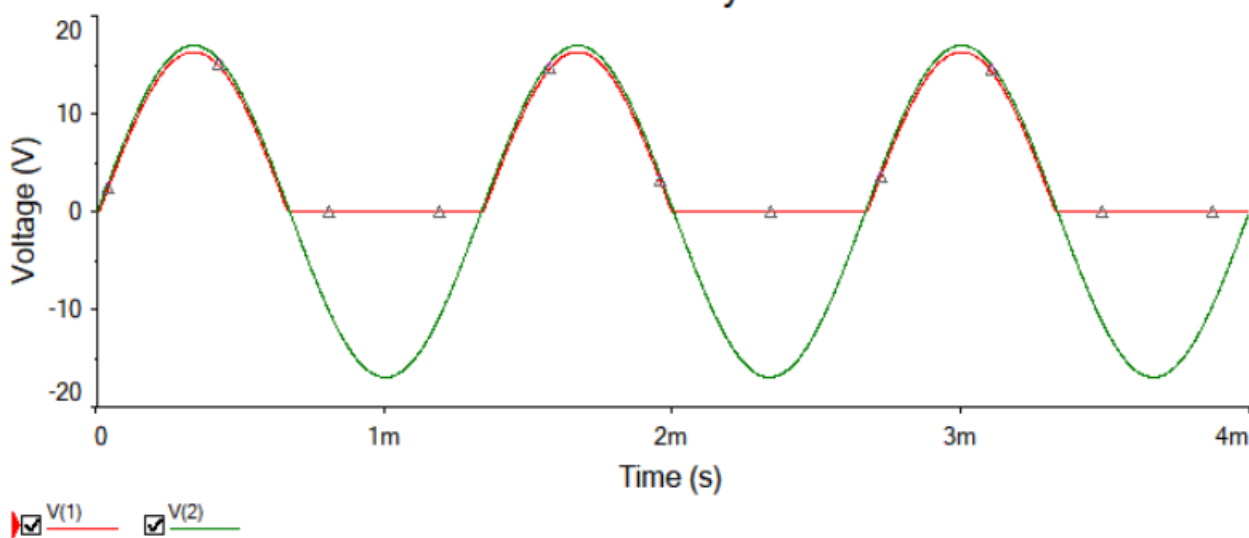


Рисунок 3 — График входного и выходного напряжения

Рассчитаем постоянную составляющую напряжения:

$$U_0 = \sqrt{2} U_{rms} / \pi = 1.414 \cdot 12 / 3.14 = 5.404 \text{ В}$$

Постоянная составляющая согласно анализу Фурье:

$$U_0 = 5.091 \text{ В}$$

Скриншот результатов анализа Фурье:

1 схема без конденсатора

1	Fourier analysis for V(1):				
2	DC component:	5.09083			
3	No. Harmonics:	5			
4	THD:	45.1299 %			
5	Grid size:	128			
6	Interpolation Degree:	1			
7					
8	Harmonic	Frequency	Magnitude	Phase	Norm. Mag
9	1	750	8.07446	-0.0028477	1
10	2	1500	3.57237	-90.001	0.442429
11	3	2250	0.12253	-179.79	0.015175
12	4	3000	0.704796	-90.024	0.0872871
13	5	3750	0.0716266	179.986	0.00887076

14

Fourier Analysis

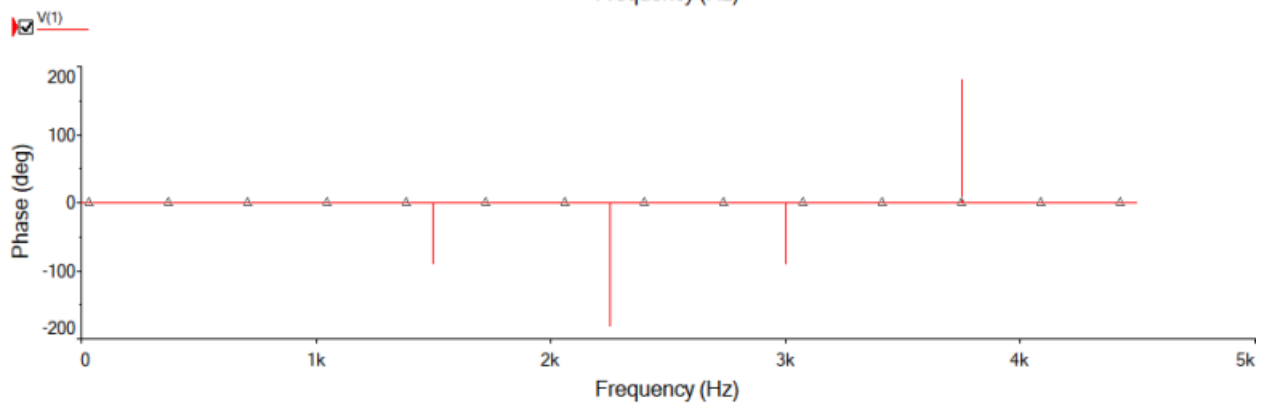
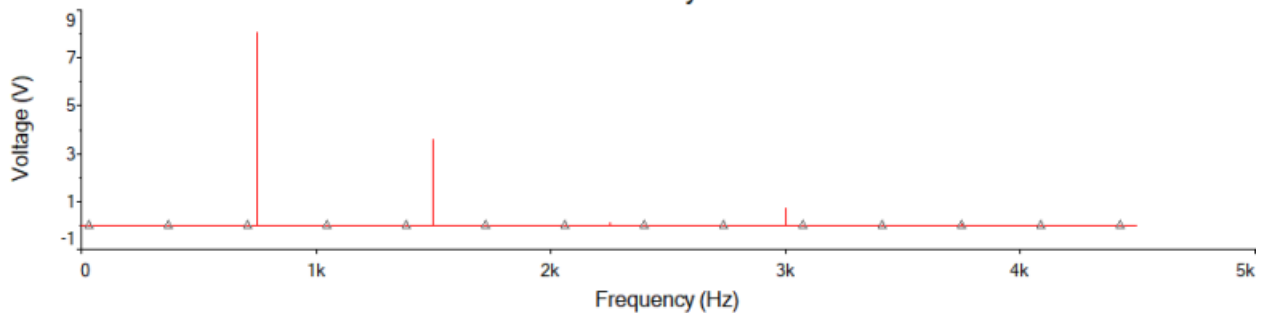


Рисунок 4 — Результаты анализа Фурье

$U_{m1} = 8.074$ В — амплитуда первой гармоники.

Рассчитаем коэффициент пульсации для 2 значений постоянной составляющей:

1. При подсчете U_0 аналитически (по формуле):

$$K_{\Pi} = U_{m1}/U_0 = 8.074/5.404 = 1.494$$

2. При получении U_0 из анализа Фурье

$$K_{\Pi} = U_{m1}/U_0 = 8.074/5.091 = 1.586$$

Среднее значение выпрямленного тока:

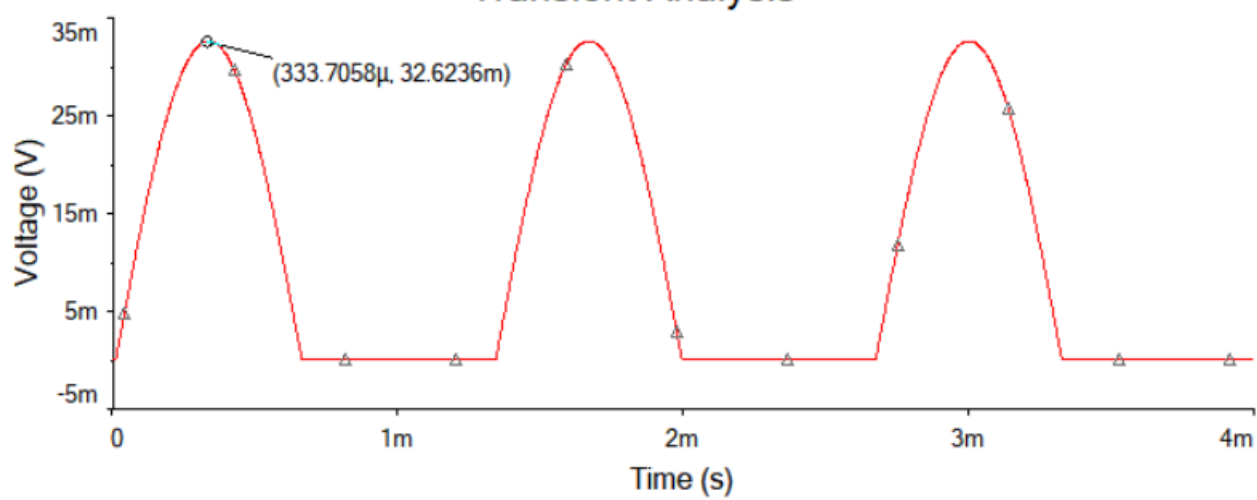
$$I_{cp} = U_0/R = 5.404/500 = 10.808 \text{ мА}$$

Амплитудное значение выпрямленного тока:

$$I_m = U_m/R = \sqrt{2} U_{rms}/R = 1.414 \cdot 12/500 = 33.936 \text{ мА}$$

График тока на диоде:

1 схема без конденсатора
Transient Analysis



☒ @dd1[id]

Рисунок 5 — График тока на диоде

Однополупериодный выпрямитель с фильтром

Схема:

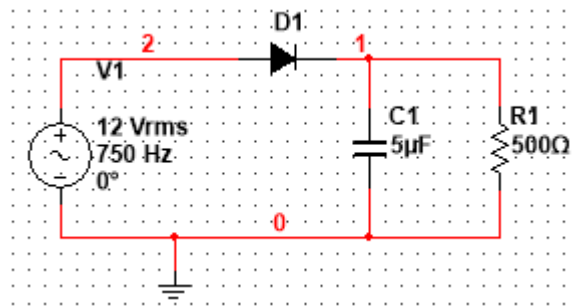


Рисунок 6 — Схема однополупериодного выпрямителя с фильтром

Входное и выходное напряжение:

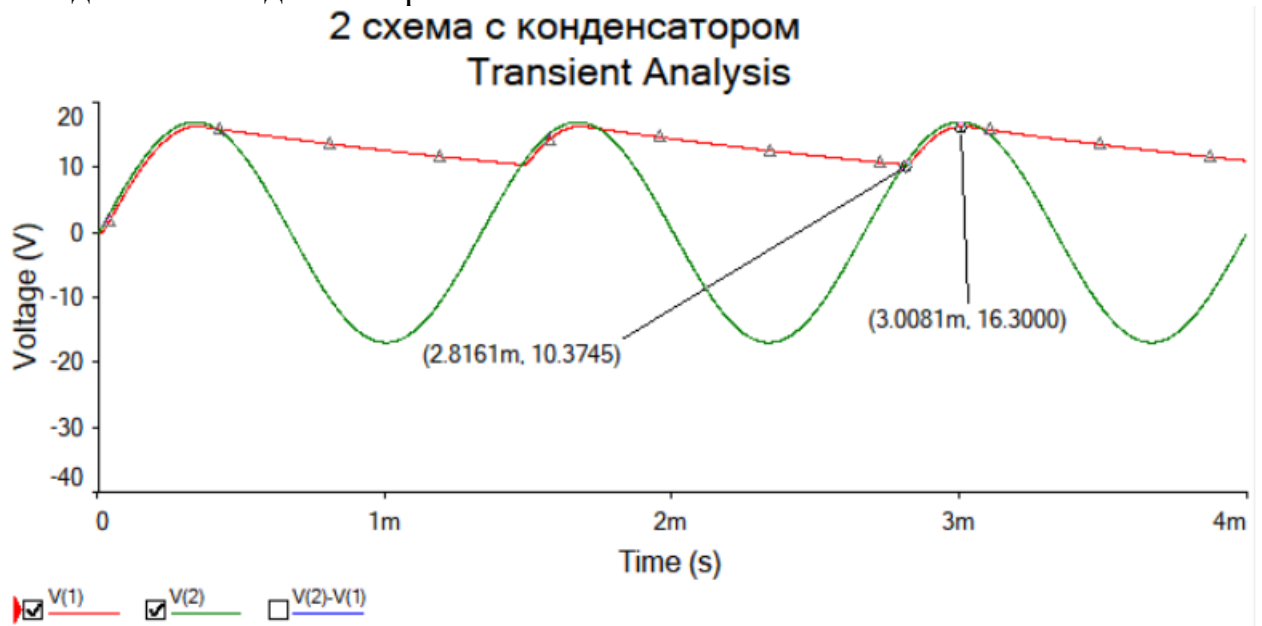


Рисунок 7 — График входного и выходного напряжения

Рассчитаем угол отсечки:

$$t_2 = 0.003 \text{ с}$$

$$t_1 = 0.0028 \text{ с}$$

$$\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3.14 \cdot 750 = 4710 \text{ рад/с}$$

$$\theta = (\omega(t_2 - t_1))/2 = (4710(0.003 - 0.0028))/2 = 0.471 \text{ рад}$$

Рассчитаем постоянную составляющую:

$$U_0 = U_m \cos \theta = \sqrt{2} U_{rms} \cos \theta = 1.414 \cdot 12 \cdot \cos 0.471 = 16.9674 \text{ В}$$

Проведем анализ Фурье:

2 схема с конденсатором

1	Fourier analysis for V(1):				
2	DC component:	13.2932			
3	No. Harmonics:	5			
4	THD:	56.8899 %			
5	Grid size:	128			
6	Interpolation Degree:	1			
7					
8	Harmonic	Frequency	Magnitude	Phase	Norm. Mag
9	1	750	2.18937	-55.927	1
10	2	1500	1.01225	-118.74	0.462349
11	3	2250	0.588287	-179.08	0.268702
12	4	3000	0.361899	122.565	0.165298
13	5	3750	0.222791	67.1483	0.10176

14

Fourier Analysis

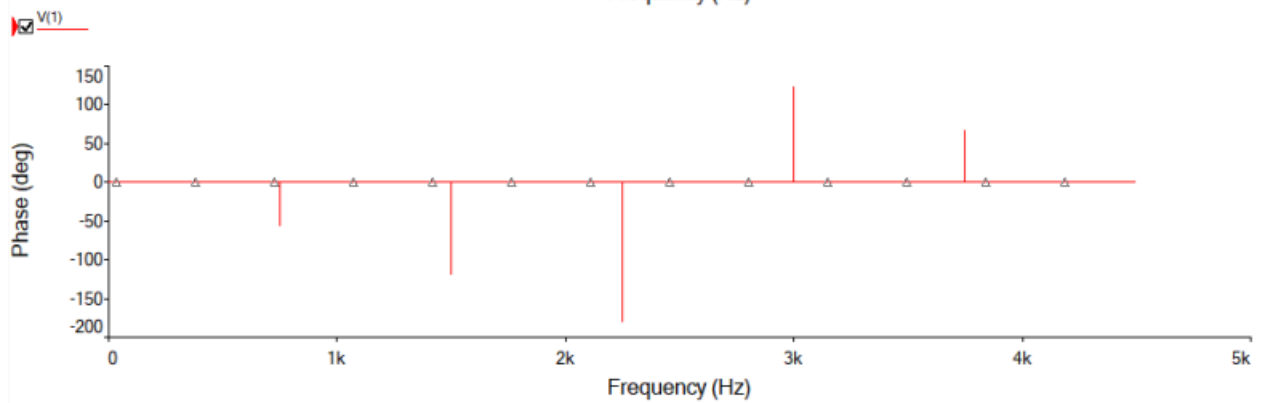
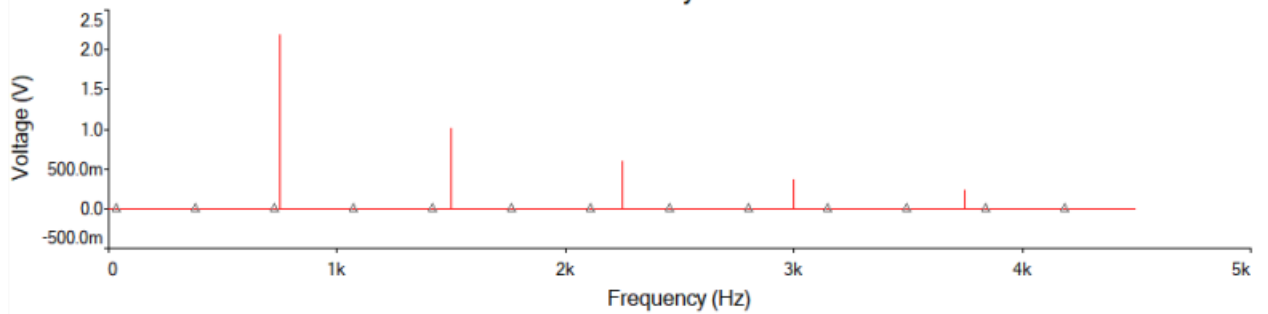


Рисунок 8 — Результаты анализа Фурье

Рассчитаем коэффициент пульсации:

$$K_{\Pi} = U_{m1}/U_0 = 2.1894/16.9674 = 0.129 \text{ - аналитически}$$

$$K_{\Pi} = U_{m1}/U_0 = 2.1894/13.2932 = 0.1647 \text{ - по анализу Фурье}$$

График тока на диоде:

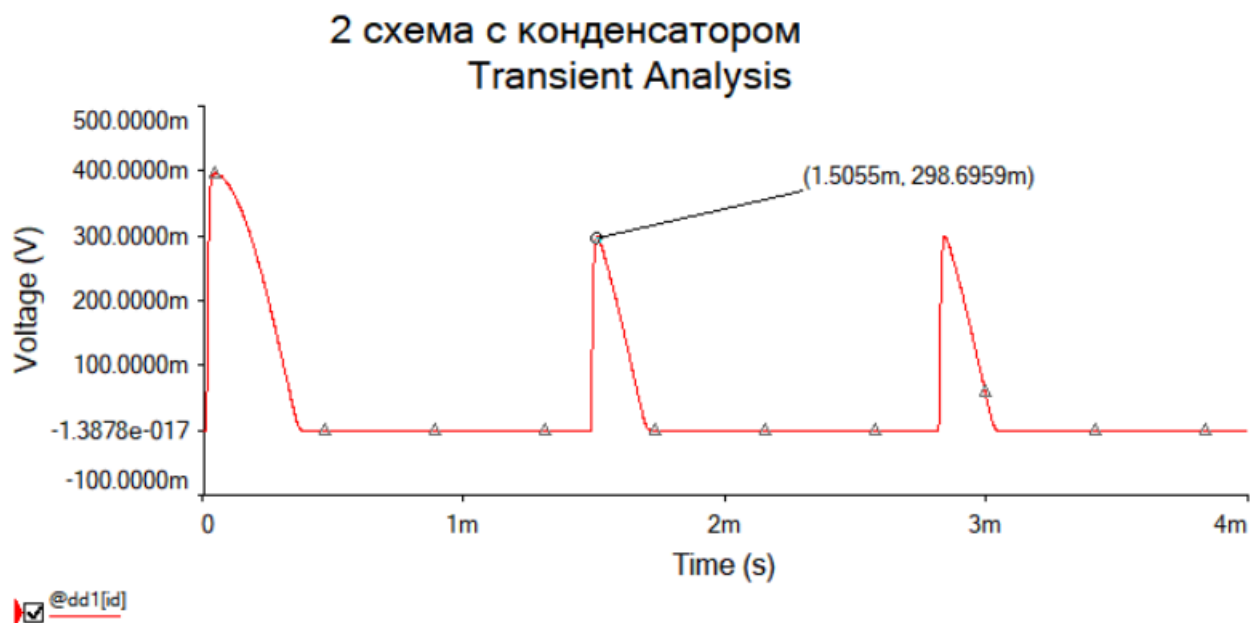


Рисунок 9 — График тока на диоде

Амплитудное значение выпрямленного тока:

$$I_m = 298.7 \text{ мА}$$

График обратного напряжения на диоде:

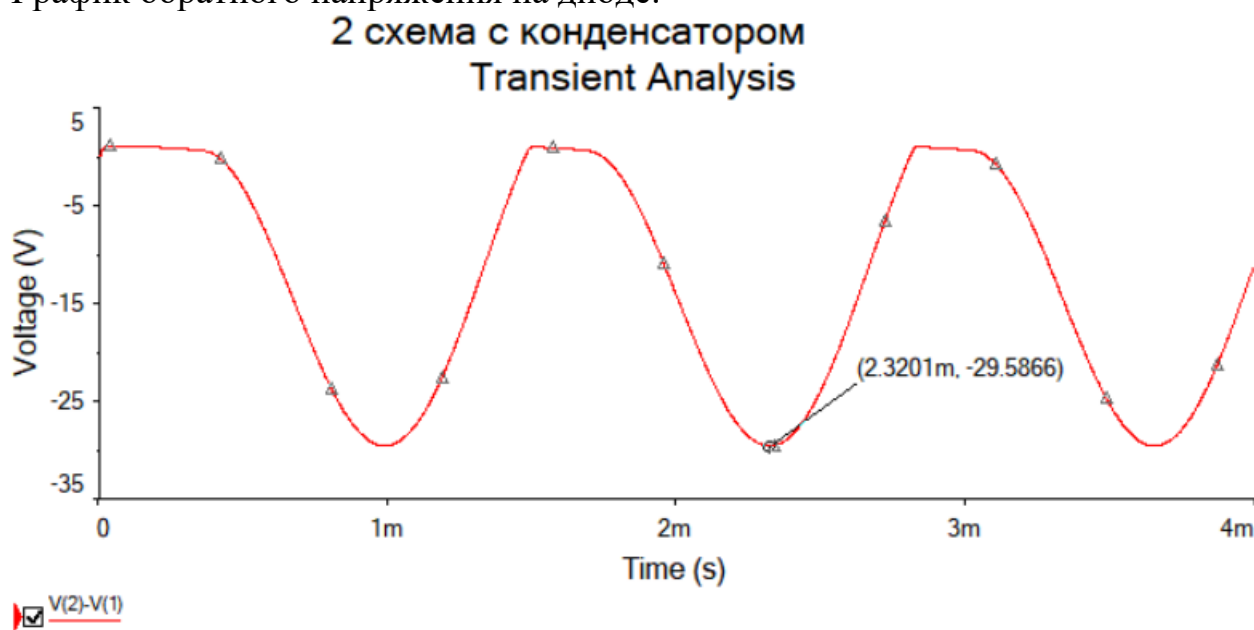


Рисунок 10 — График обратного напряжения на диоде

Обратное напряжение на диоде:

$$U_{\text{обр}} = 29.59 \text{ В}$$

Мостовой выпрямитель без фильтра

Схема:

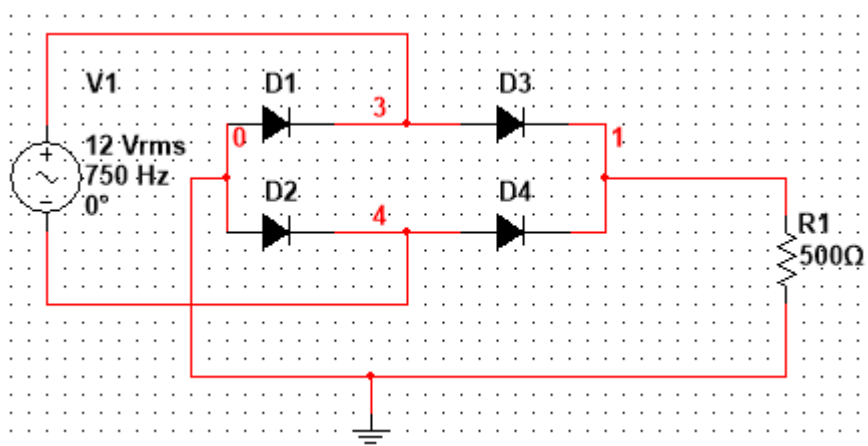


Рисунок 11 — Схема мостового выпрямителя без фильтра

Входное и выходное напряжение:

3 схема мост без конденсатора

Transient Analysis

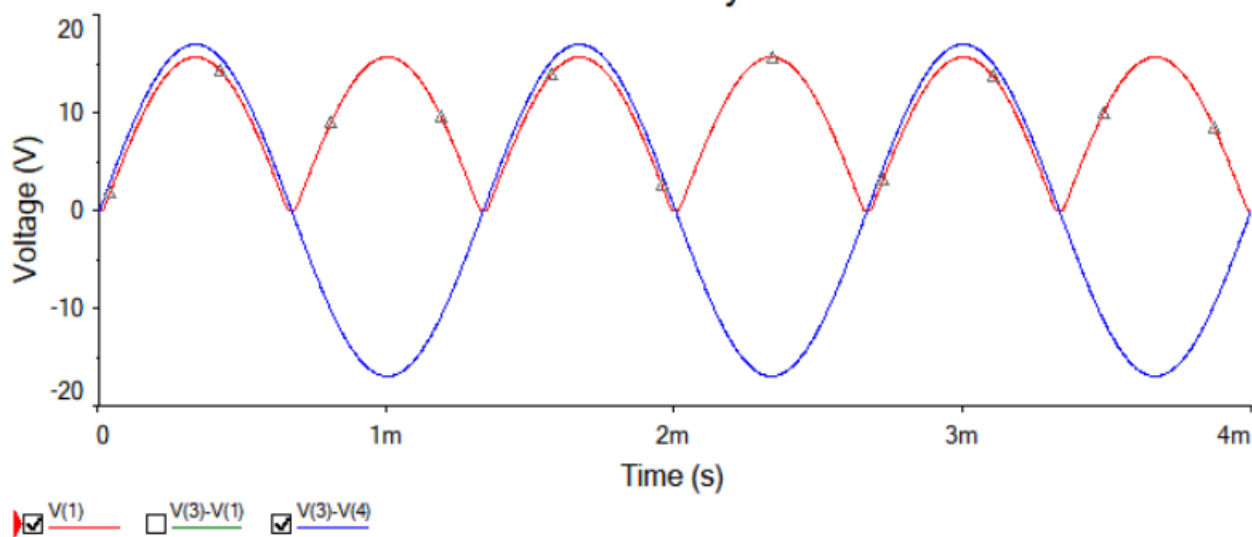


Рисунок 12 — График входного и выходного напряжения

Рассчитаем постоянную составляющую напряжения:

$$U_0 = 2 U_{max} / \pi = 2\sqrt{2} U_{rms} / \pi = 2 \cdot 1.414 \cdot 12 / 3.14 = 10.808 \text{ В}$$

Проведем анализ Фурье:

3 схема мост без конденсатора

1	Fourier analysis for V(1):				
2	DC component:	9.57816			
3	No. Harmonics:	5			
4	THD:	21.225 %			
5	Grid size:	128			
6	Interpolation Degree:	1			
7					
8	Harmonic	Frequency	Magnitude	Phase	Norm. Mag
9	1	1500	7.06563	-90	1
10	2	3000	1.35719	-89.995	0.192083
11	3	4500	0.548754	-89.981	0.0776653
12	4	6000	0.282114	-89.952	0.0399277
13	5	7500	0.162324	-89.854	0.0229738

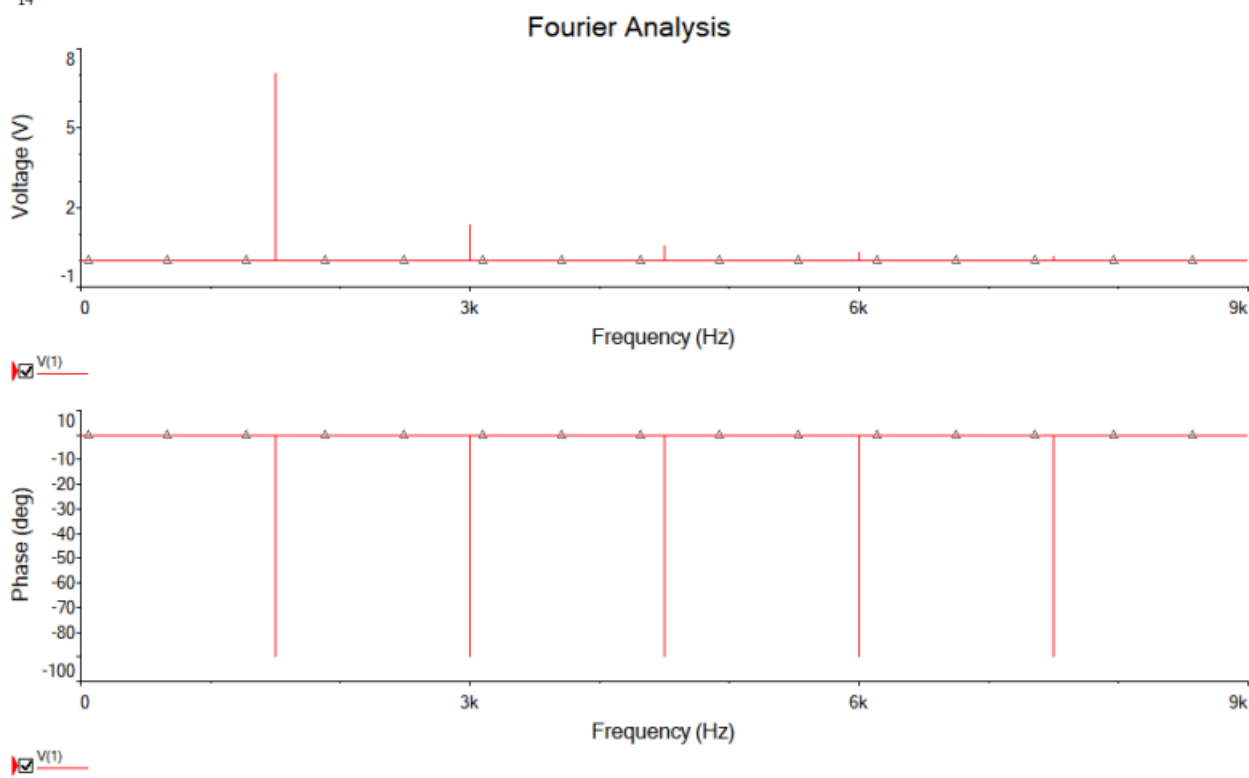


Рисунок 13 — Результаты анализа Фурье

Рассчитаем коэффициент пульсации:

$$K_{\Pi} = U_{m1}/U_0 = 7.0656/10.808 = 0.6537 - \text{аналитически}$$

$$K_{\Pi} = U_{m1}/U_0 = 7.0656/8.0283 = 0.88 - \text{по анализу Фурье}$$

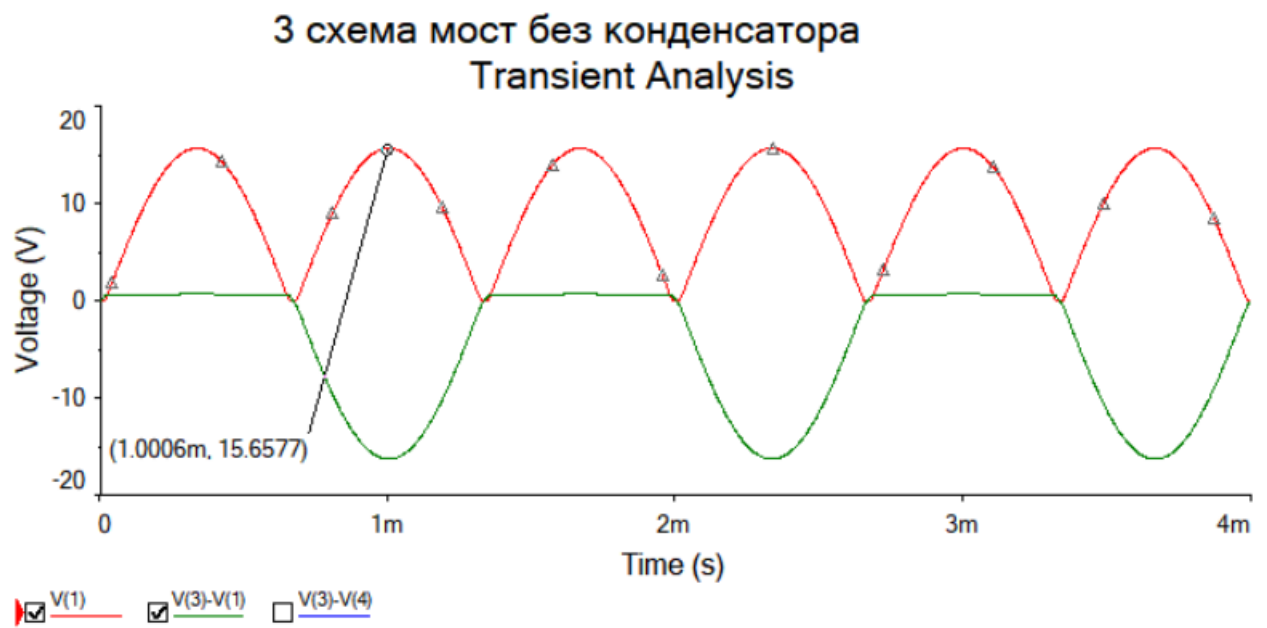


Рисунок 13.1 — Форма обратных напряжений мостовой схемы без фильтра

Амплитудное значение тока:

$$I_m = \frac{U_{\text{вых_макс}}}{R_H} = 31.32 \text{ мА}$$

Мостовой выпрямитель с фильтром

Схема:

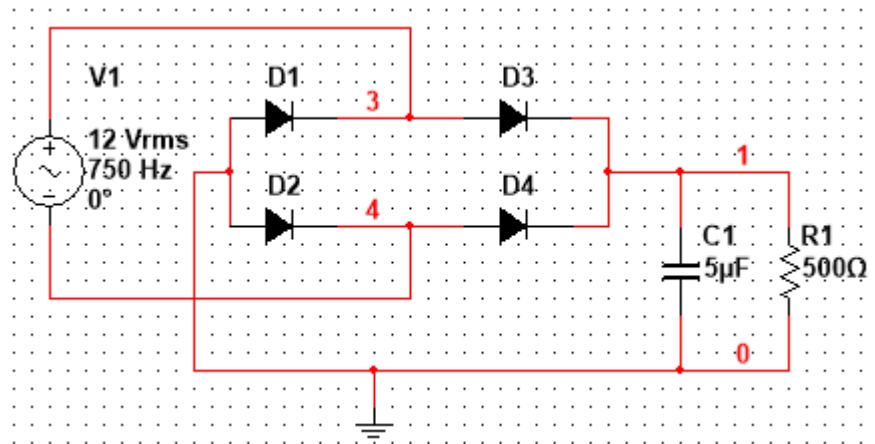


Рисунок 14 — Схема мостового выпрямителя с фильтром

График входного и выходного напряжений:

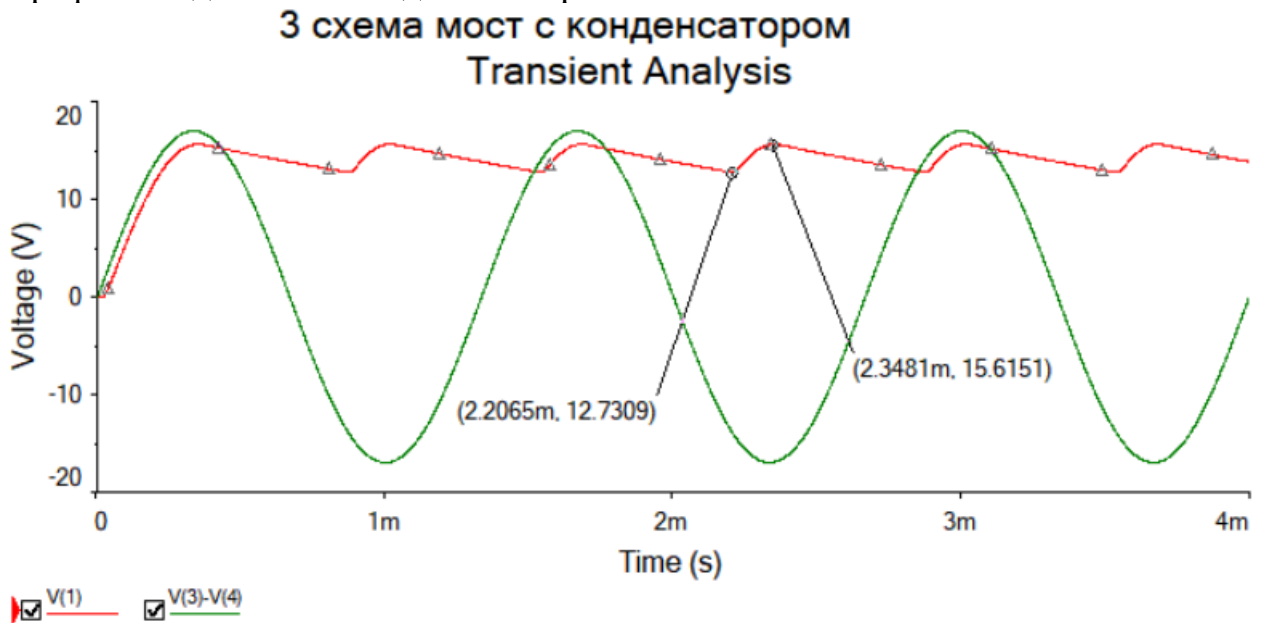


Рисунок 15 — График входного и выходного напряжения

Найдем угол отсечки:

$$\begin{aligned}
 t_2 &= 0.0022 \text{ c} \\
 t_1 &= 0.00235 \text{ c} \\
 \omega &= 2\pi f = 2 \cdot 3.14 \cdot 750 = 4710 \text{ рад/с} \\
 \theta &= (2\omega(t_2 - t_1))/2 = 4710(0.00235 - 0.0022) = 0.7065 \text{ рад}
 \end{aligned}$$

Рассчитаем постоянную составляющую:

$$U_0 = U_m \cos \theta = \sqrt{2} U_{rms} \cos \theta = 1.414 \cdot 12 \cdot \cos 0.7065 = 16.9667 \text{ В}$$

Проведем анализ Фурье:

3 схема мост с конденсатором

1	Fourier analysis for V(1):				
2	DC component:	14.2297			
3	No. Harmonics:	5			
4	THD:	47.2324 %			
5	Grid size:	128			
6	Interpolation Degree:	1			
7					
8	Harmonic	Frequency	Magnitude	Phase	Norm. Mag
9	1	1500	1.13492	-141.68	1
10	2	3000	0.470605	74.3637	0.414659
11	3	4500	0.226993	-65.289	0.200008
12	4	6000	0.107559	163.102	0.0947724
13	5	7500	0.0527785	46.6445	0.0465041

14

Fourier Analysis

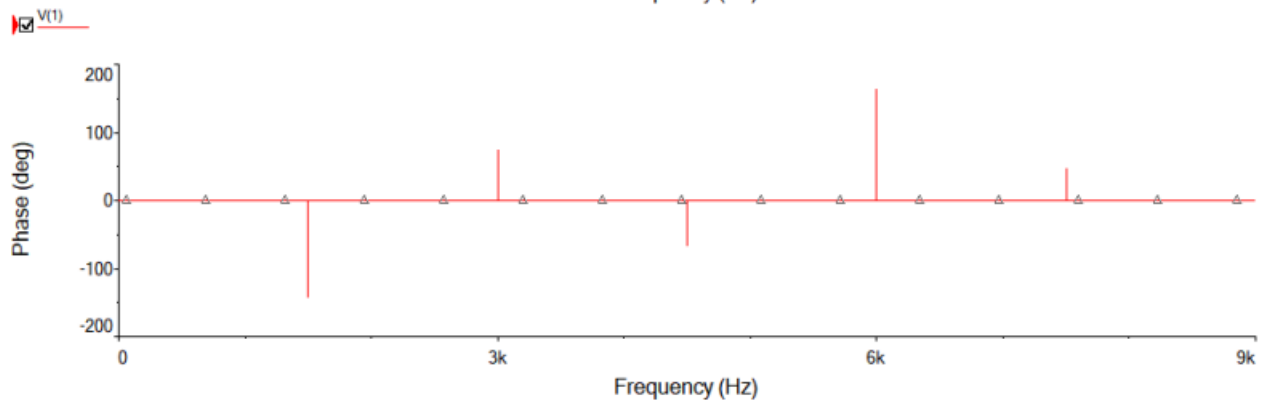
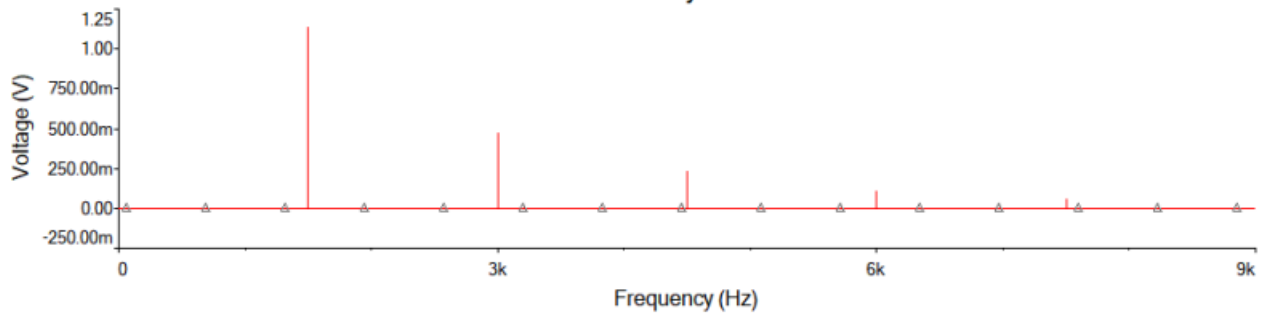


Рисунок 16 — Результаты анализа Фурье

Найдем коэффициент пульсации:

$$K_{\Pi} = U_{m1}/U_0 = 1.1349/16.9667 = 0.0669 - \text{аналитически}$$

$$K_{\Pi} = U_{m1}/U_0 = 1.1349/14.2297 = 0.0798 - \text{по анализу Фурье}$$

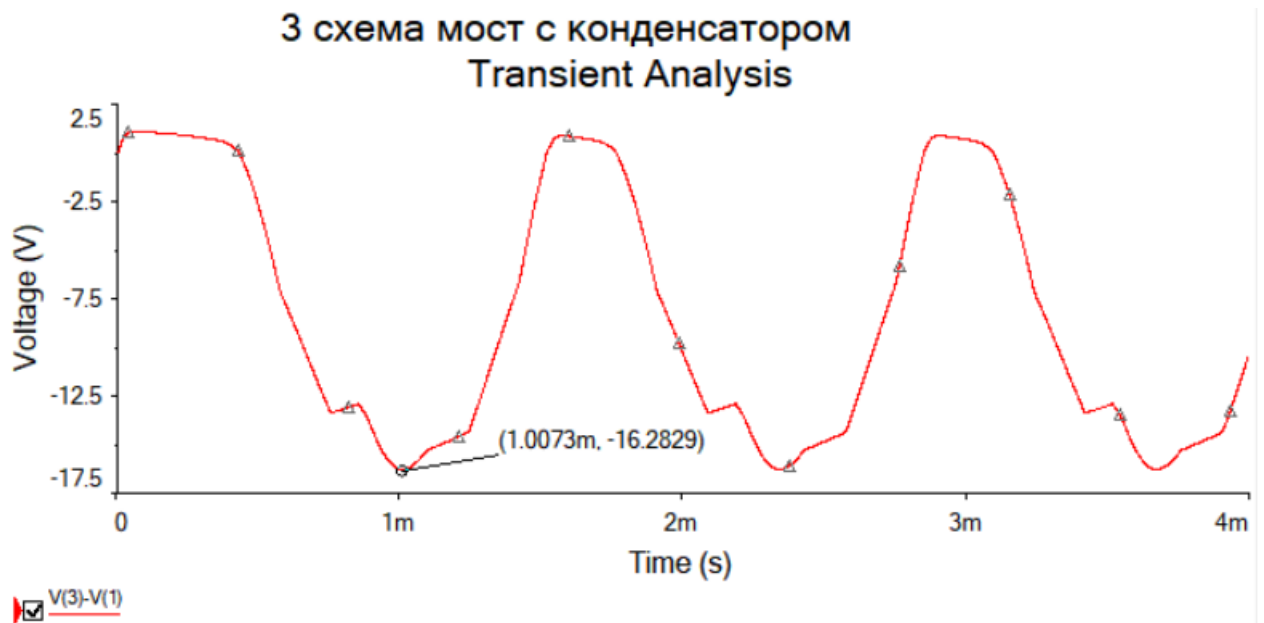


Рисунок 16.1 — Форма обратных напряжений мостовой схемы с фильтром

Обратное напряжение на диоде:

$$U_{\text{обр}} = 16.28 \text{ A}$$

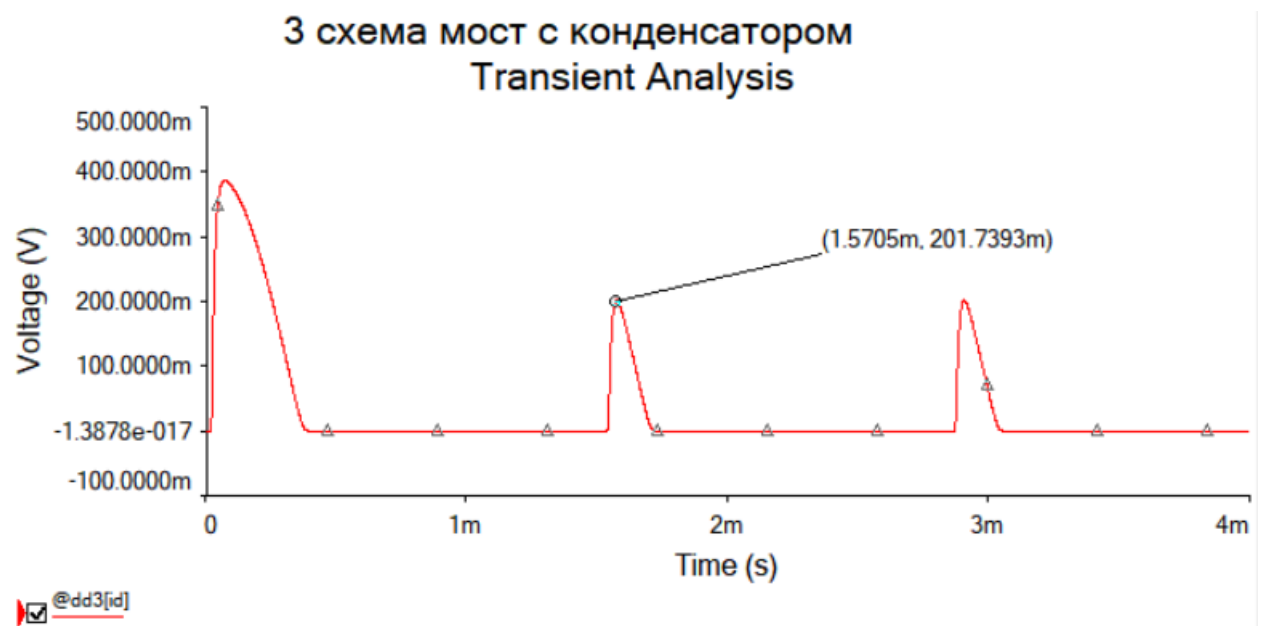


Рисунок 16.2 — Амплитуда тока мостовой схемы с фильтром

Амплитудное значение тока через диод:

$$I_m = 201.739 \text{ mA}$$

Однополупериодная схема с П-образным фильтром для получения графиков напряжений

Схема:

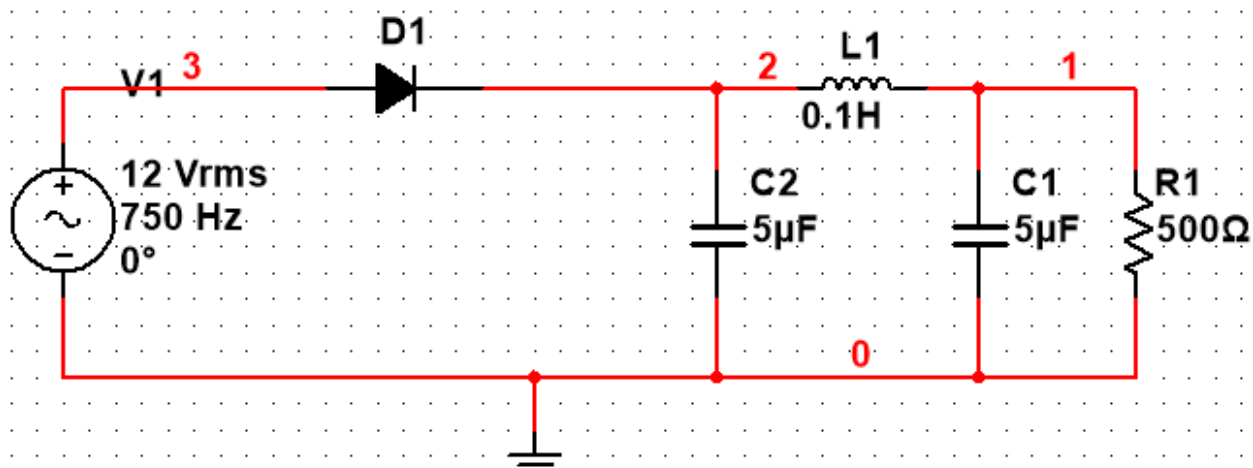


Рисунок 17 — Однополупериодная схема с П-образным фильтром для получения графиков напряжений

Графики напряжений:

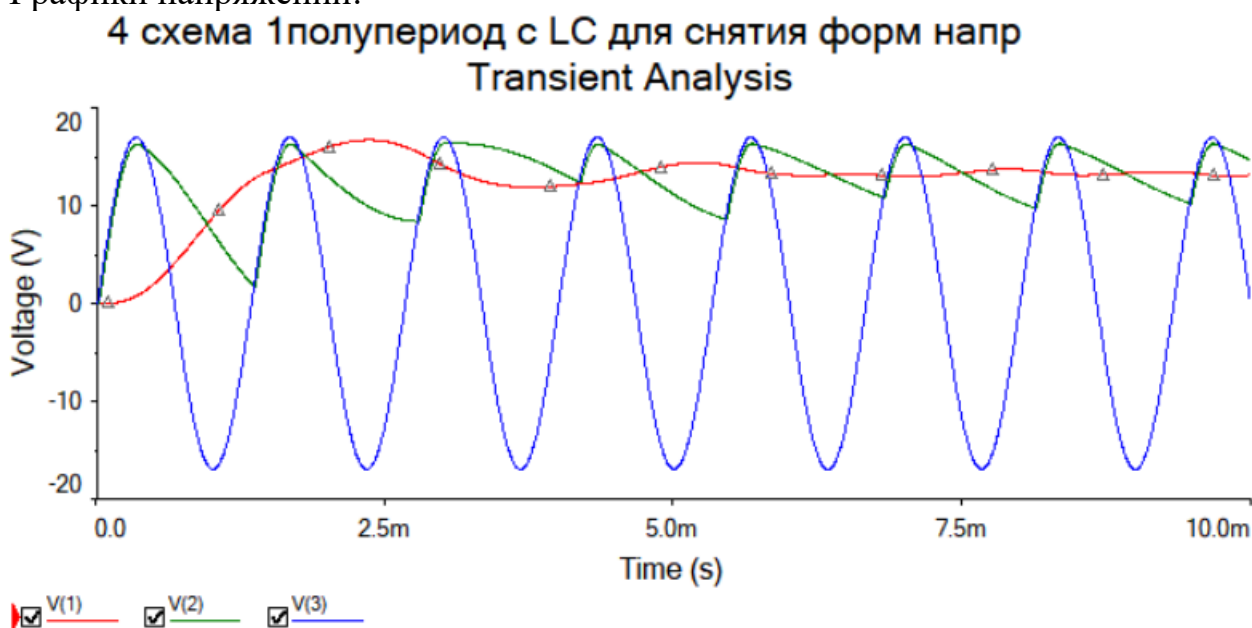


Рисунок 18 — Графики напряжений

Анализ Фурье входного напряжения:

4 схема 1полупериод с LC для снятия форм напр

1	Fourier analysis for V(2):				
2	DC component:	13.386			
3	No. Harmonics:	5			
4	THD:	53.2704 %			
5	Grid size:	128			
6	Interpolation Degree:	1			
7					
8	Harmonic	Frequency	Magnitude	Phase	Norm. Mag
9	1	750	2.34958	119.931	1
10	2	1500	1.01574	-117.83	0.432306
11	3	2250	0.598867	2.52075	0.254883
12	4	3000	0.35611	124.775	0.151564
13	5	3750	0.222259	-106.58	0.0945954

14

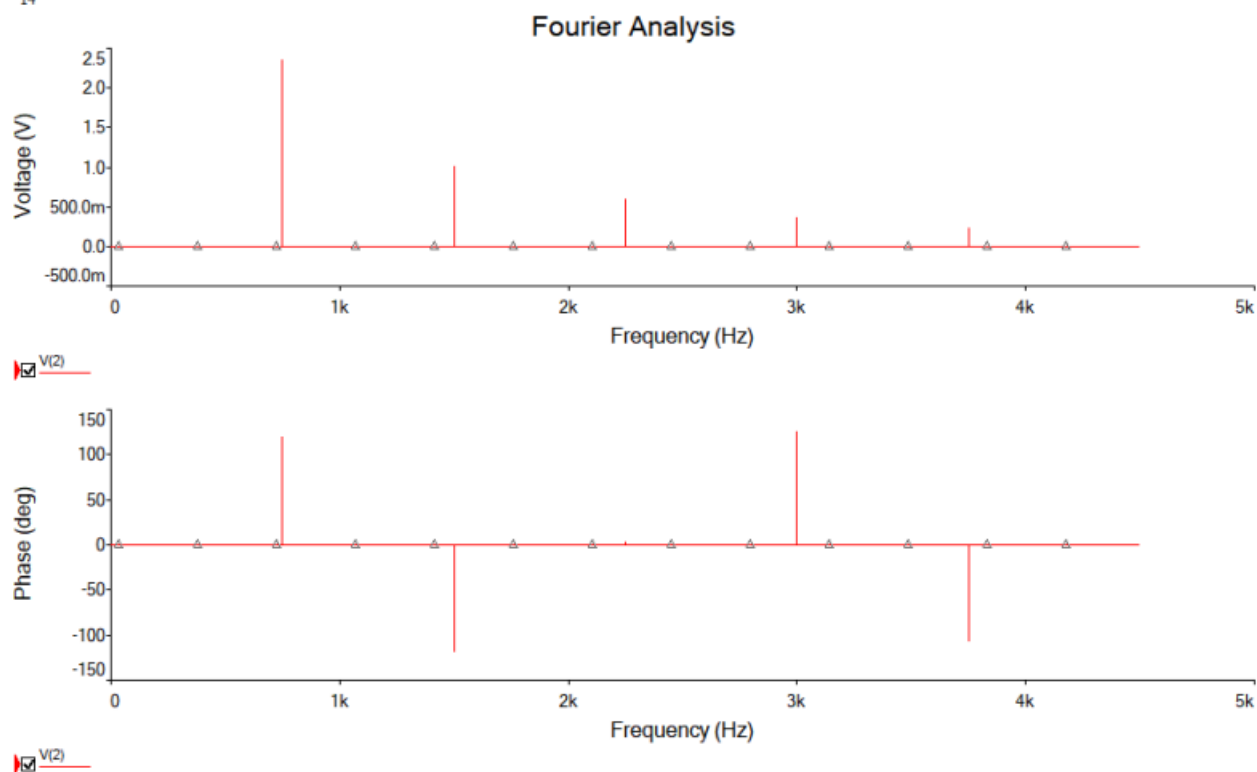


Рисунок 19 — Результаты анализа Фурье

$K_{п\text{ вх}} = U_{m1}/U_0 = 2.34958/13.386 = 0.1755$ — входной коэффициент пульсации.

Анализ Фурье выходного напряжения:

4 схема 1полупериод с LC для снятия форм напр

1	Fourier analysis for V(1):				
2	DC component:	13.2587			
3	No. Harmonics:	5			
4	THD:	14.1175 %			
5	Grid size:	128			
6	Interpolation Degree:	1			
7					
8	Harmonic	Frequency	Magnitude	Phase	Norm. Mag
9	1	750	0.211524	-50.735	1
10	2	1500	0.0291944	67.9338	0.138019
11	3	2250	0.00572964	157.191	0.0270874
12	4	3000	0.00174915	-3.1099	0.00826927
13	5	3750	0.00188015	68.985	0.00888856

14

Fourier Analysis

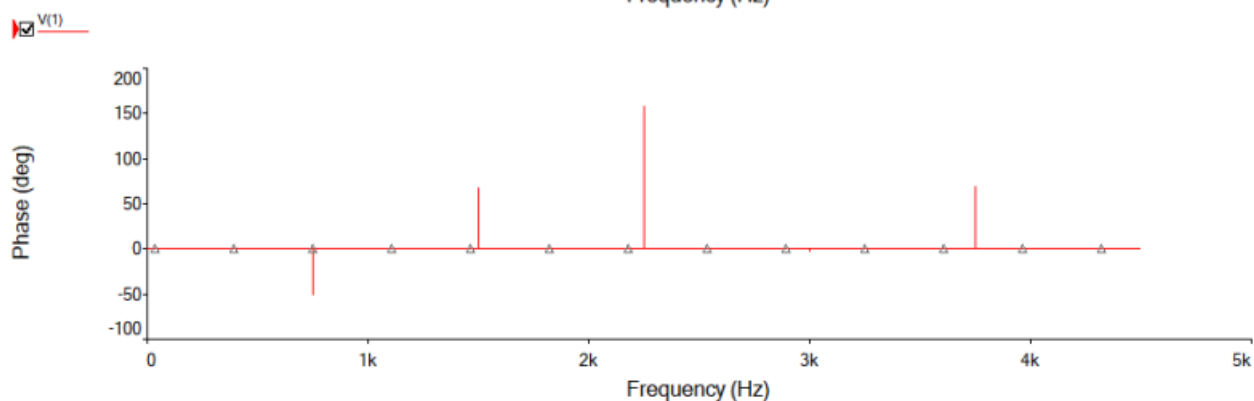
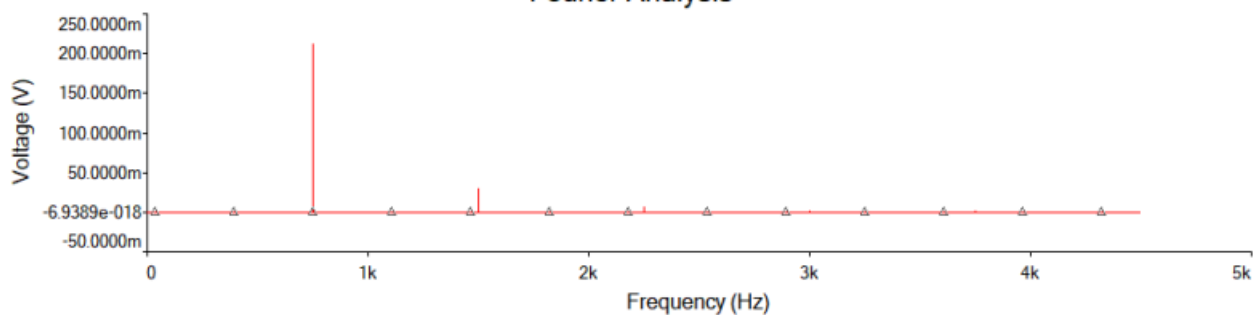


Рисунок 20 — Результаты анализа Фурье

$K_{\text{п вых}} = U_{m1}/U_0 = 0.21152/13.2587 = 0.016$ — выходной коэффициент пульсации.

Найдем коэффициент сглаживания:

$$K_{\text{сгл}} = K_{\text{п вх}}/K_{\text{п вых}} = 0.1755/0.16 = 1.0969$$

Мостовая схема с П-образным фильтром для снятия форм напряжений

Схема:

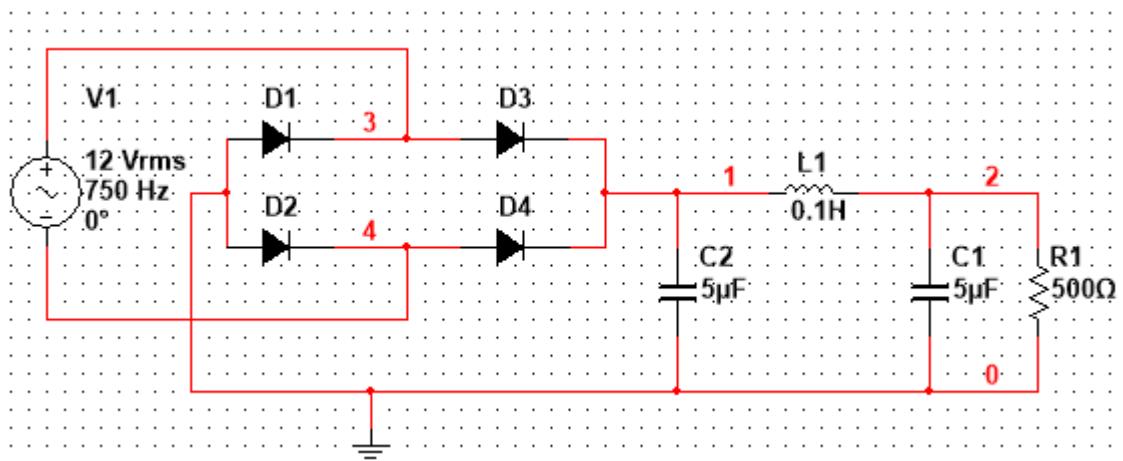


Рисунок 21 — Мостовая схема с П-образным фильтром для снятия форм напряжений

Графики напряжений:

4 схема 2полупериод мост с LC фильтром для снятия форм напр
Transient Analysis

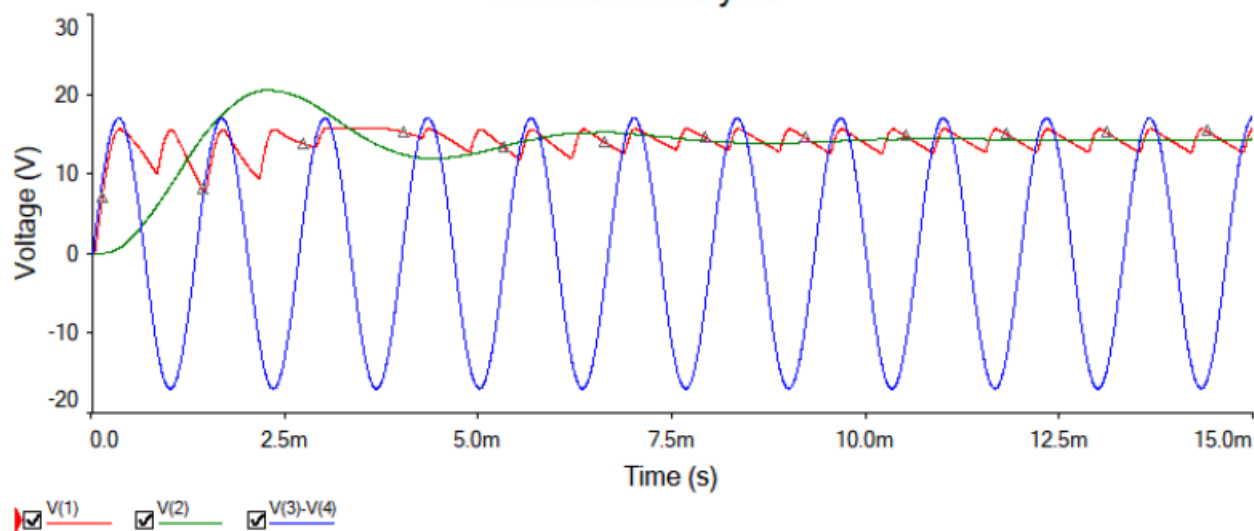


Рисунок 22 — График входного и выходного напряжения

Анализ Фурье входного напряжения:

4 схема 2полупериод мост с LC фильтром для снятия форм напр

1	Fourier analysis for V(1):				
2	DC component:	14.2448			
3	No. Harmonics:	5			
4	THD:	46.5538 %			
5	Grid size:	128			
6	Interpolation Degree:	1			
7					
8	Harmonic	Frequency	Magnitude	Phase	Norm. Mag
9	1	1500	1.16451	38.5992	1
10	2	3000	0.475468	78.4845	0.408299
11	3	4500	0.229835	121.859	0.197366
12	4	6000	0.109784	172.928	0.0942751
13	5	7500	0.0543217	-121.44	0.0466478
14					

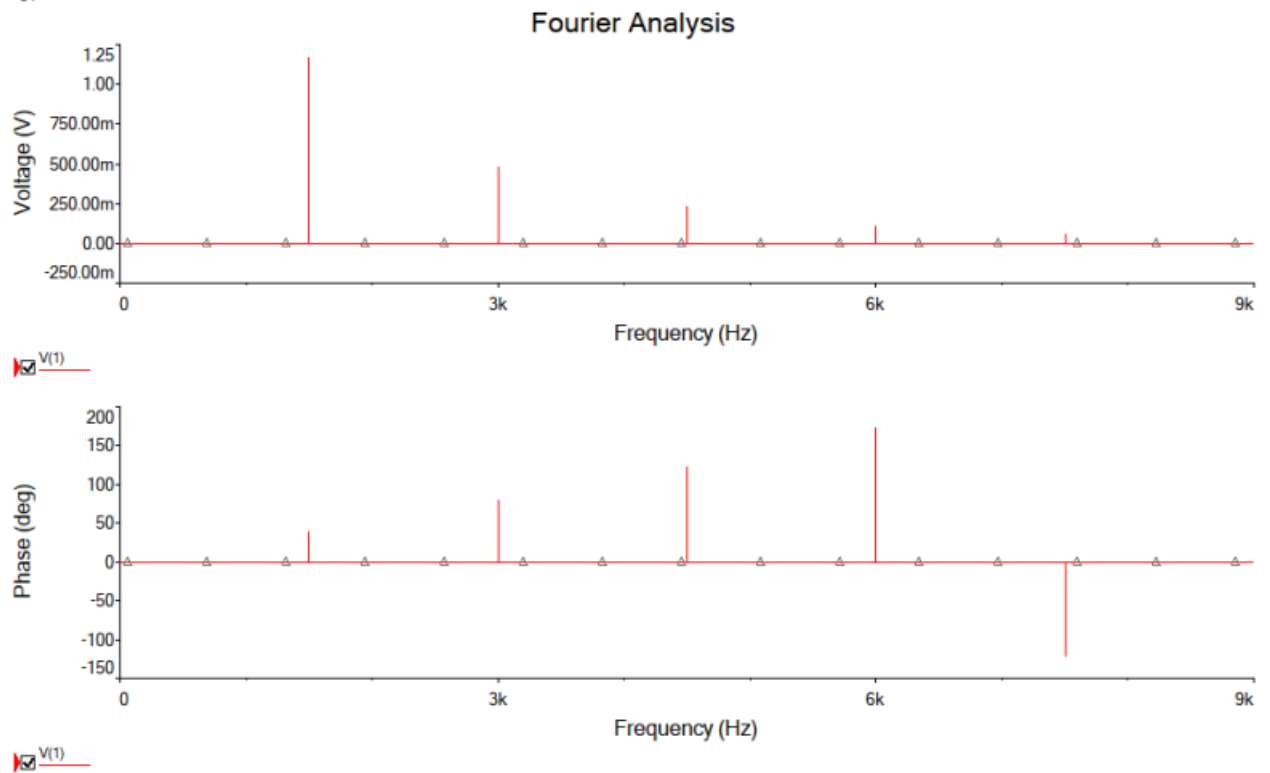


Рисунок 23 — Результаты анализа Фурье

$K_{п\text{ вх}} = U_{m1}/U_0 = 1.1645/14.2448 = 0.0817$ — коэффициент пульсации входного сигнала.

Анализ Фурье выходного напряжения:

4 схема 2полупериод мост с LC фильтром для снятия форм напр

1	Fourier analysis for V(2):				
2	DC component:	14.2671			
3	No. Harmonics:	5			
4	THD:	13.682 %			
5	Grid size:	128			
6	Interpolation Degree:	1			
7					
8	Harmonic	Frequency	Magnitude	Phase	Norm. Mag
9	1	1500	0.0251301	-132.92	1
10	2	3000	0.0029559	-70.07	0.117624
11	3	4500	0.00138575	-21.34	0.0551431
12	4	6000	0.000885666	-0.047088	0.0352432
13	5	7500	0.000616302	7.28142	0.0245244

14

Fourier Analysis

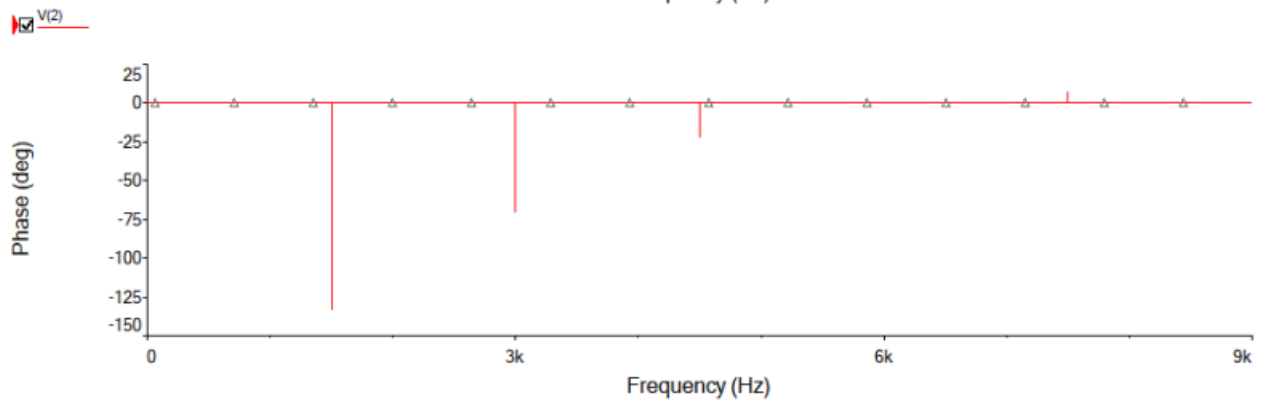
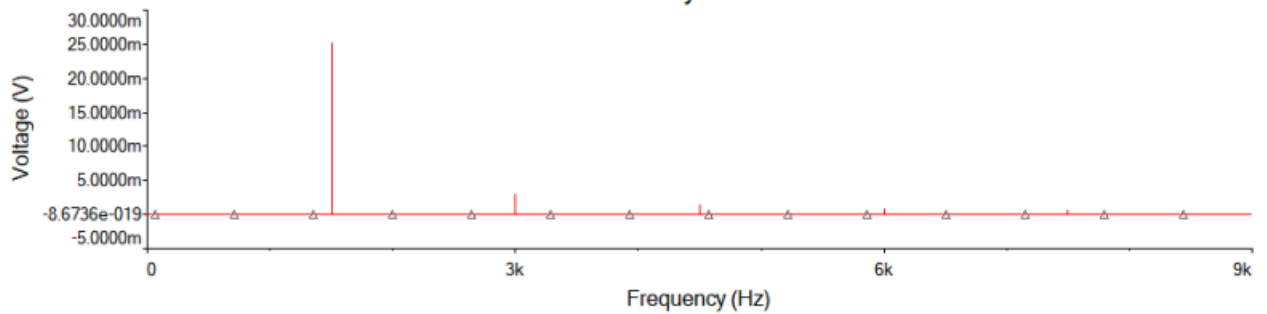


Рисунок 24 — Результаты анализа Фурье

$K_{п\text{ вых}} = U_{m1}/U_0 = 0.0251/14.2671 = 0.0018$ — коэффициент пульсации выходного сигнала

Коэффициент сглаживания:

$$K_{сгл} = K_{п\text{ вх}}/K_{п\text{ вых}} = 0.0817/0.0018 = 45.39$$

Однополупериодная схема с П-образным фильтром для снятия нагрузочной характеристики

Схема:

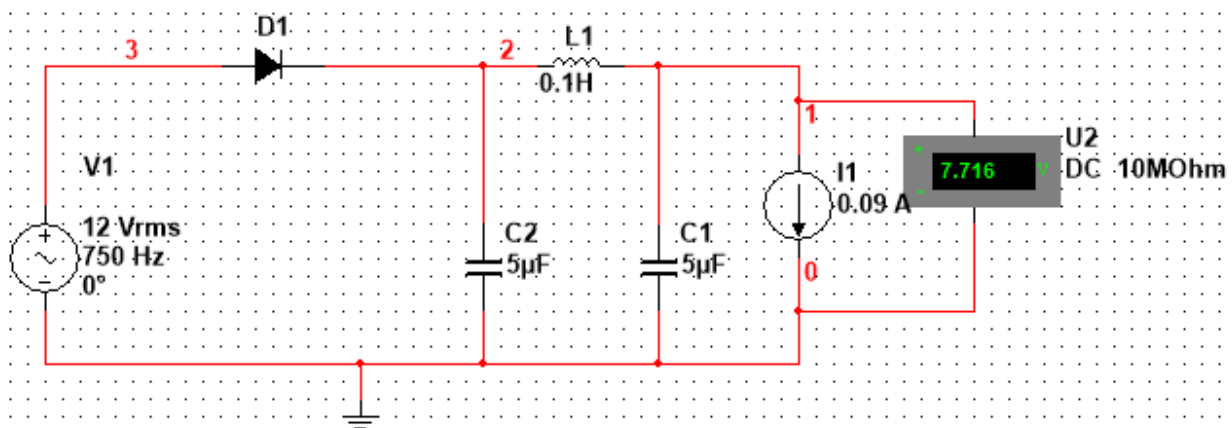


Рисунок 25 — Однополупериодная схема с П-образным фильтром для снятия нагрузочной характеристики

I, A	0.01	0.02	0.05	0.08	0.11	0.14	0.17	0.20	0.23	0.26
U, B	15.1	14	11	8.5	6.3	4.5	3	1.8	0.8	0.04

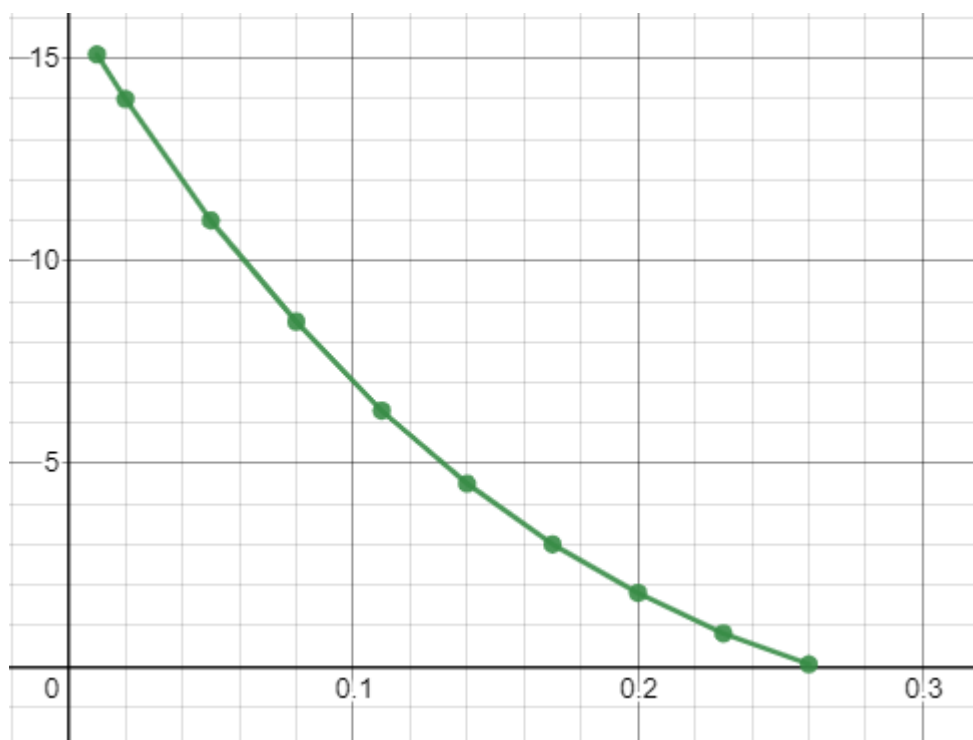


Рисунок 25.1 — Нагрузочная характеристика (зависимость напряжения от тока)

Найдем дифференциальное сопротивление:

- В начале характеристики: $R_{\text{вых}} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = 110 \text{ Ом}$
- В конце характеристики: $R_{\text{вых}} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = 25.3 \text{ Ом}$

Мостовая схема с П-образным фильтром для снятия нагрузочной характеристики

Схема:

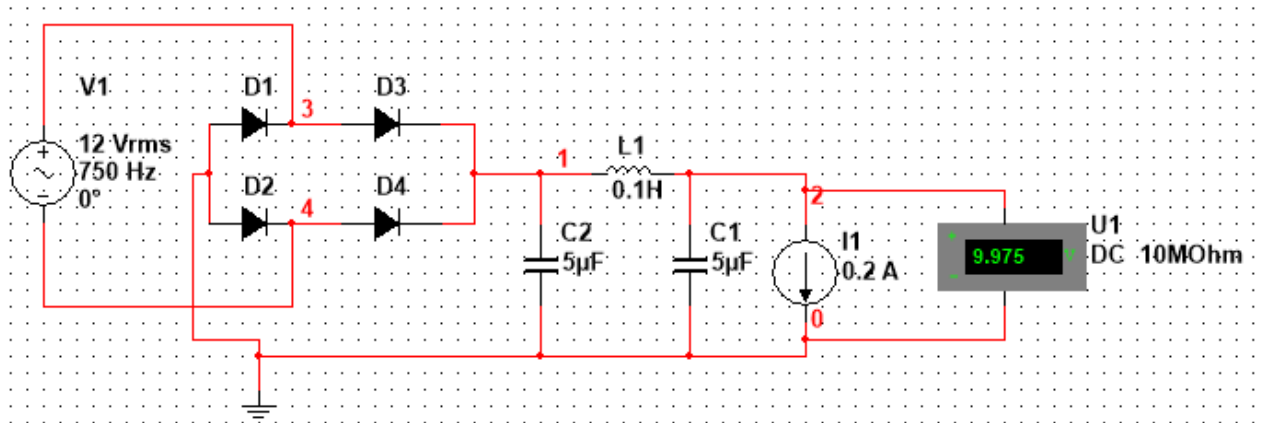


Рисунок 26 — Мостовая схема с П-образным фильтром для снятия нагрузочной характеристики

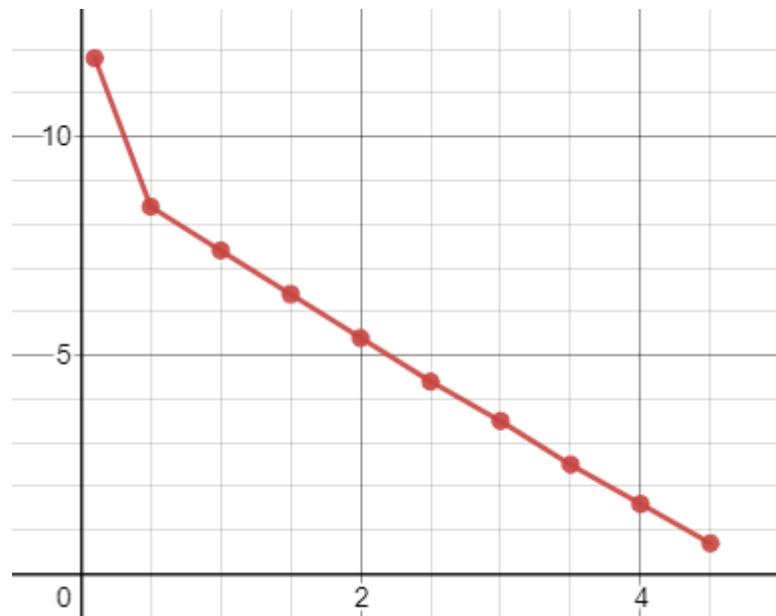


Рисунок 26.1 — Нагрузочная характеристика (зависимость напряжения от тока)

I, A	0.1	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
U, V	11.8	8.4	7.4	6.4	5.4	4.4	3.5	2.5	1.6	0.7

Найдем дифференциальное сопротивление:

- В начале характеристики: $R_{\text{вых}} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = 8.5 \text{ Ом}$
- В конце характеристики: $R_{\text{вых}} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = 1.8 \text{ Ом}$

Мостовая схема с фильтром и стабилизатором для снятия нагрузочной характеристики

Схема:

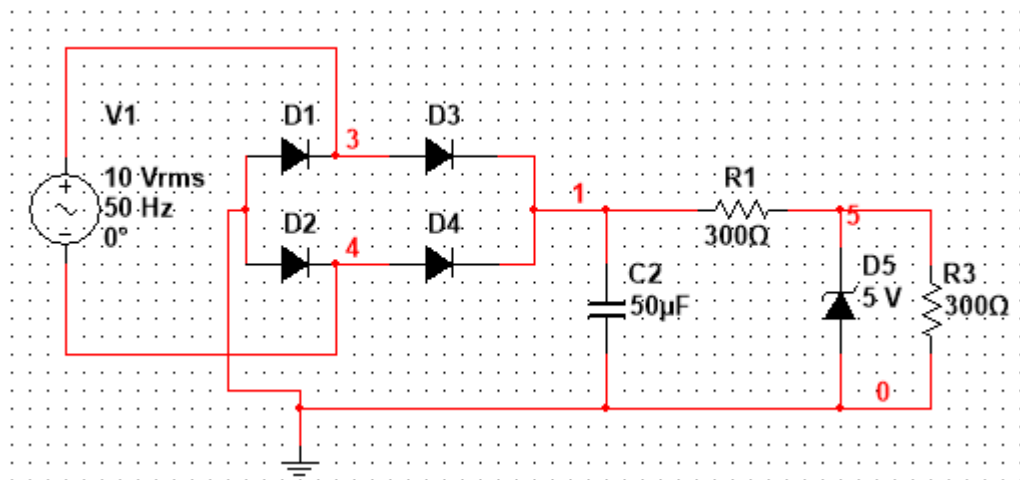


Рисунок 27 — Мостовая схема с фильтром и стабилизатором

График напряжений:

6 схема мост с конденсатором и стабилизатором с генератором нагр хар-ка
Transient Analysis

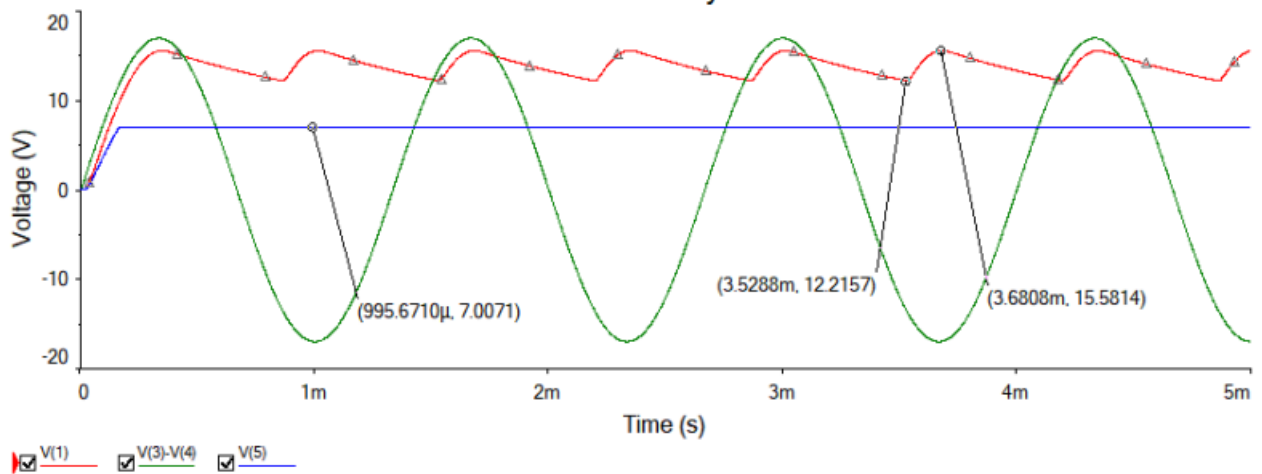


Рисунок 28 — График входного и выходного напряжения

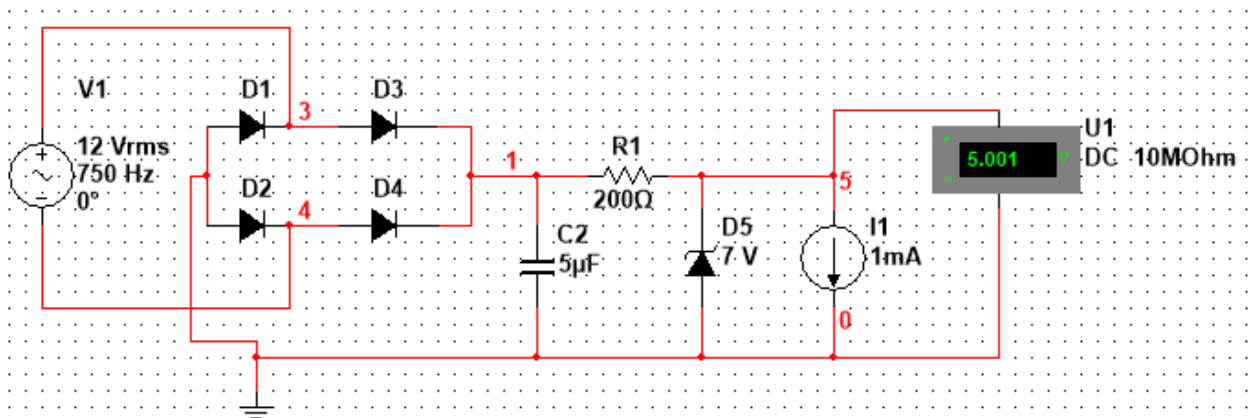


Рисунок 28.1 — Мостовая схема с фильтром и стабилизатором для снятия нагрузочной характеристики

$$R_{\text{бал}} = 200 \text{ Ом}$$

$$U_{\text{ВЫХ НОМ}} = 7 \text{ В}$$

$$U_{\text{ВХ НОМ}} = 13.9 \text{ В}$$

Найдем нагрузочную характеристику

I, мА	65	55	45	35	25	15	5	1
U, В	0.48	2.23	4.59	6.43	6.98	7	7	7

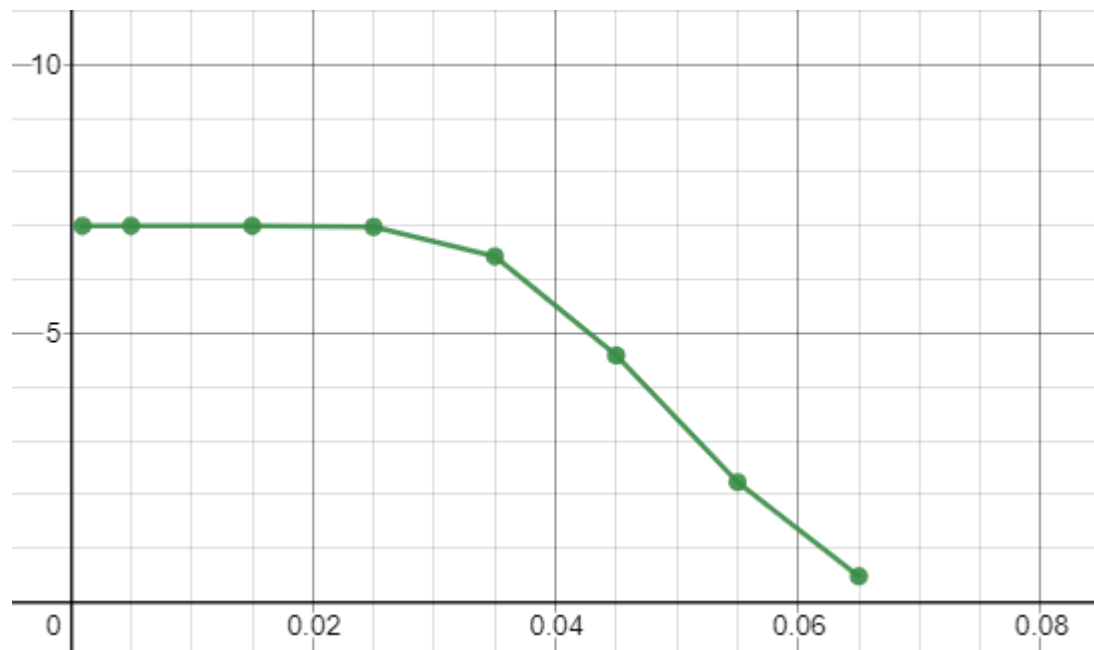


Рисунок 29 — Нагрузочная характеристика (зависимость напряжения от тока)

Найдем дифференциальное сопротивление: $r_{\text{дин}} = 55 \text{ Ом}$

Найдем коэффициент стабилизации: $K_{\text{ст}} = \left(\frac{R_{\text{бал}}}{r_{\text{дин}}} + 1 \right) \frac{U_{\text{ВЫХ НОМ}}}{U_{\text{ВХ НОМ}}} = 4.14$

Вывод: в ходе лабораторной работы были изучены различные выпрямительные схемы и стабилизаторы напряжения, а также влияние фильтра на выходной сигнал таких схем.