

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Политехнический институт
Кафедра «Автоматизированный электропривод»

ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОФАЗНОГО МОСТОВОГО НЕУПРАВЛЯЕМОГО
ВЫПРЯМИТЕЛЯ И СГЛАЖИВАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ

(название лабораторной работы)

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №1

по дисциплине «Силовая электроника»

Выполнил:

студент группы П-377

_____ / М.А.Сурин/

(подпись)

«_____» _____ 2022 г.

Проверил: профессор, д.т.н.

_____ / М.М.Дудкин /

(подпись)

«_____» _____ 2022 г.

1. Предварительное домашнее задание

Предварительное ДЗ
Зачет №18
Подармат А.

Расчет параметров.

$E_1 = 110 \text{ В}$; $q_u = 0,11$ (C-фильтр); $S = 10$ (L и LC-фильтр); $R_d = 75 \text{ Ом}$; $r_L = 10,5 \text{ Ом}$.

$$1) U_d \approx U_{d0} \approx 0,9 E_1 = 0,9 \cdot 110 = 99 \text{ В}$$

$$2) I_d = \frac{U_d}{R_d} = \frac{99}{75} = 1,32 \text{ А}$$

$$3) U_{VDm(1)} = \frac{2 \cdot U_{d0}}{m^2 - 1} = \frac{2 \cdot 99}{4 - 1} = 66 \text{ В}$$

$$4) q_u (\text{без сглаж. фильтра}) = \frac{U_{VDm(1)}}{U_{d0}} = \frac{2}{m^2 - 1} = 0,67$$

$$5) I_{VDm(1)} = \frac{U_{VDm(1)}}{R_d} = \frac{66}{75} = 0,88 \text{ А}$$

$$6) q_i = \frac{I_{VDm(1)}}{I_d} = \frac{0,88}{1,32} = 0,67$$

$$7) C_{\varphi} = \frac{1}{m \pi f q_u R_d} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,11 \cdot 75} = 0,00038583 = 385,83 \text{ мкФ}$$

$$8) \text{C ёмкостным фильтром: } U_d = 0,9 \cdot \sqrt{2} \cdot E_1 = 140 \text{ В}$$

$$9) I_d = \frac{U_d}{R_d} = \frac{140}{75} = 1,86 \text{ А}$$

$$10) U_{dm(1)} = q_u \cdot U_d = 0,11 \cdot 140 = 15,4 \text{ В}$$

$$11) L_{\varphi} = \frac{R_d}{m \cdot 2 \pi f} \cdot \sqrt{5^2 - 1} = \frac{75}{2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50} \cdot \sqrt{10^2 - 1} = 1,19 \text{ Гн}$$

$$12) L_{\varphi} = L_{\varphi \text{ эк}} \approx \frac{2 R_d \text{ эк}}{(m^2 - 1) \cdot m \cdot (2 \pi f)} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 75}{(4 - 1) \cdot 2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50} = 0,8 \text{ Гн}$$

$$13) C_{\varphi} = \frac{5 + 1}{m^2 \cdot (2 \pi f)^2 \cdot L_{\varphi}} = \frac{10 + 1}{2^2 \cdot (2 \cdot \pi \cdot 50)^2 \cdot 0,8} = 34,8 \text{ мкФ}$$

14) Проверка Г-образного фильтра на условие резонанса.

$$\omega_p = \frac{1}{\sqrt{L_{\varphi} C_{\varphi}}} = 129 \quad \omega_n = m \cdot 2 \pi f_1 = 628 \quad \omega_p < \omega_n$$

$$15) U_{dm(1)} = \frac{U_{VDm(1)}}{S} = \frac{66}{10} = 6,6 \text{ В (L и LC-фильтр)}$$

$$16) q_u = \frac{U_{dm(1)}}{U_{d0}} = \frac{6,6}{99} = 0,06$$

Рис. 1.1 Предварительное Д/З

Handwritten calculations for preliminary design of a power supply unit:

$$17) I_{dm(r)} = \frac{U_{dm(r)}}{R_d} = \frac{6,6}{75} = 0,08 \text{ (для L и LC-фильтра)}$$
$$I_{dm(r)} = \frac{U_{dm(r)}}{R_d} = \frac{15,4}{75} = 0,2 \text{ A. (для C-фильтра)}$$
$$18) q_i = \frac{I_{dm(r)}}{I_d} = \frac{0,08}{1,32} = 0,06$$
$$q_i = \frac{I_{dm(r)}}{I_d} = \frac{0,2}{1,86} = 0,1$$

Рис. 1.2 Предварительное Д/З

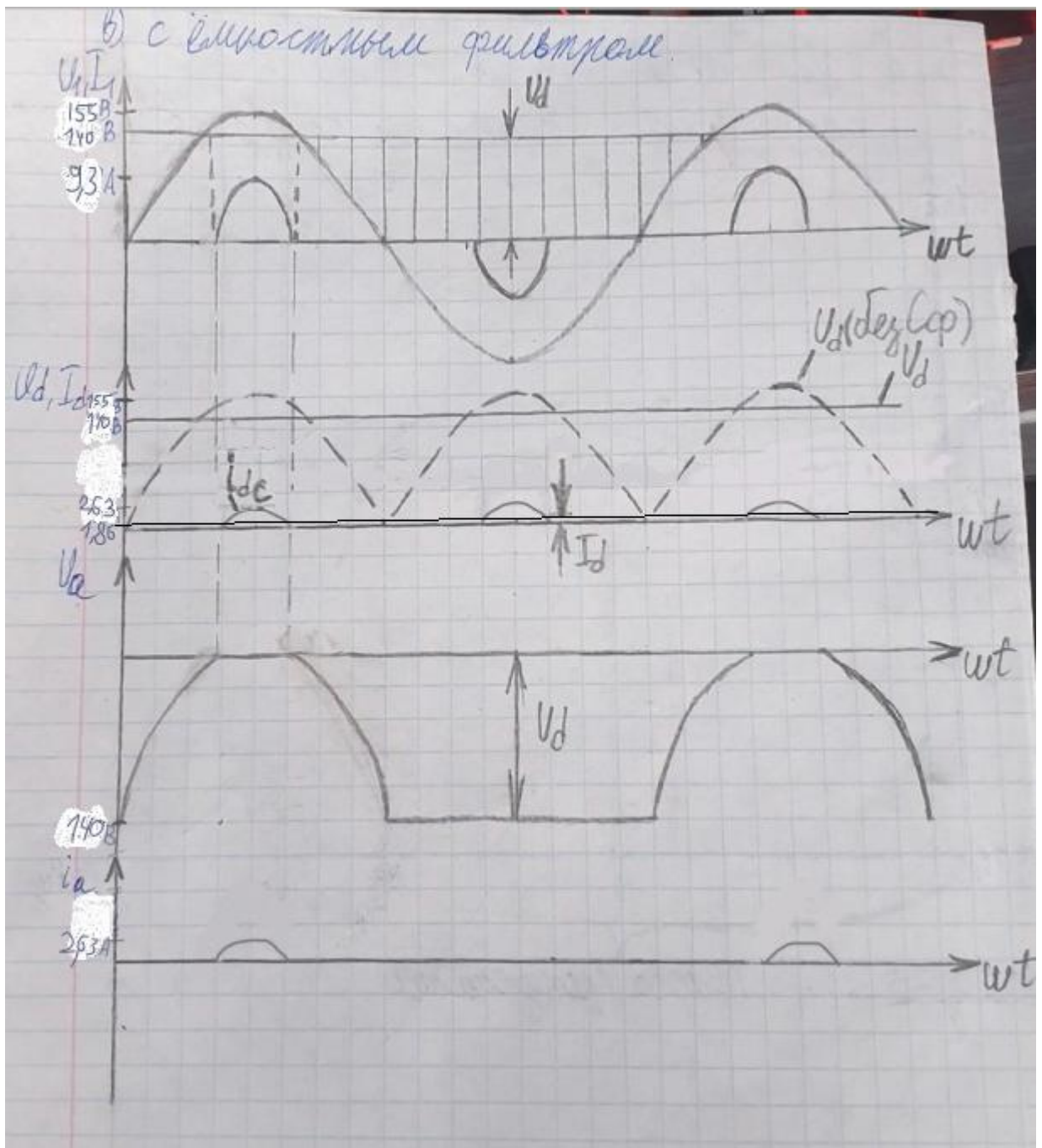


Рис. 1.3 Предварительное Д/З

2) LC-фильтр.

$$U_d = U_{d0} - \alpha U_0 - I_d \cdot (\alpha r_g + r_a + r_L)$$

$$U_d = 99 - 2 \cdot 1 - I_d (2 \cdot 0,05 + 1 + 10,5)$$

$$I_d = \frac{99}{750} = 0,1$$

$$U_d = 98 - 11,6 \cdot I_d$$

$$U_{d\text{х.х.}} = \sqrt{2} E_1 = 155$$

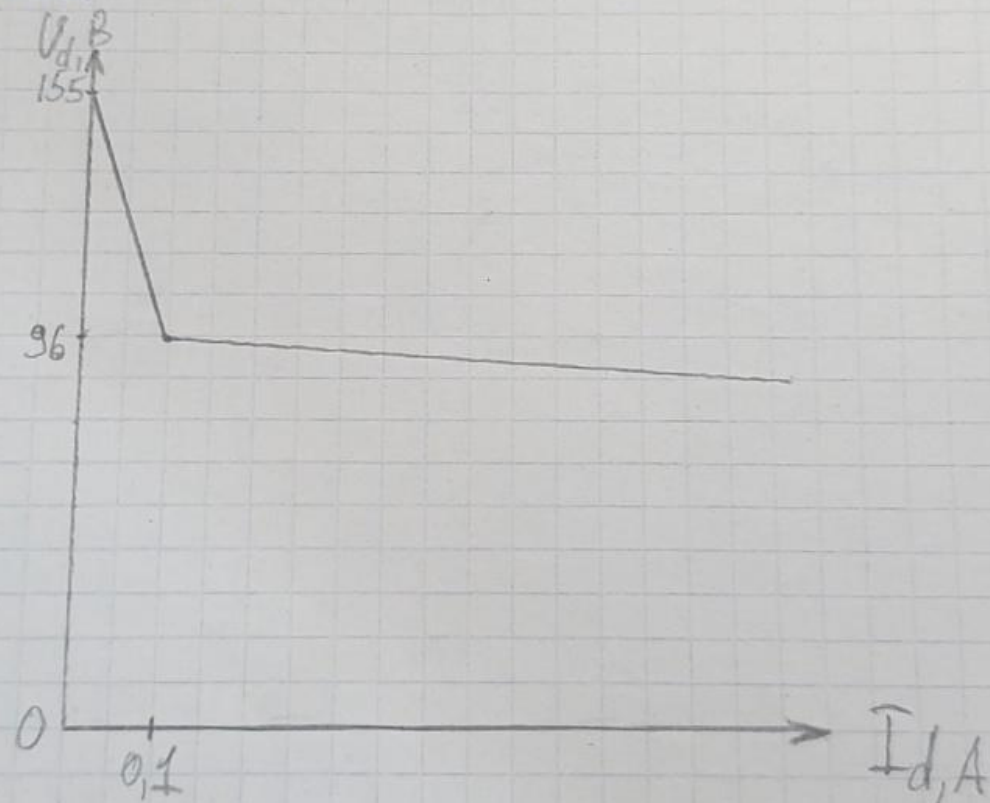


Рис. 1.4 Предварительное Д/З

Результаты из предварительного домашнего задания, пункта б представлены в таблице №1:

Таблица №1

Показатель	Без фильтра		С-фильтр		L-фильтр		LC-фильтр	
	Расчет	Модель	Расчет	Модель	Расчет	Модель	Расчет	Модель
U_d , В	99		140		99		99	
I_d , А	1,32		1,86		1,32		1,32	
$U_{dm}(1)$, В	66		15,4		6,6		6,6	
q_u	0,67		0,11		0,06		0,06	
$I_{dm}(1)$, А	0,88		0,2		0,08		0,08	
q_i	0,67		0,11		0,06		0,06	
s	-	-	-	-	10		10	

2. Экспериментальное исследование однофазного мостового неуправляемого выпрямителя без фильтра с активной нагрузкой.

а) осциллограммы напряжений и токов на входе $u_1=f(t)$, $i_1=f(t)$ и выходе $u_d=f(t)$, $i_d=f(t)$ выпрямителя, а также анодного напряжения $u_{a1}=f(t)$ и анодного тока $i_{a1}=f(t)$ на диоде VD1 при заданном сопротивлении нагрузки $R_d = 75$ Ом. Временные диаграммы в установившемся режиме для 3 периодов входного напряжения представлены на рис. 2

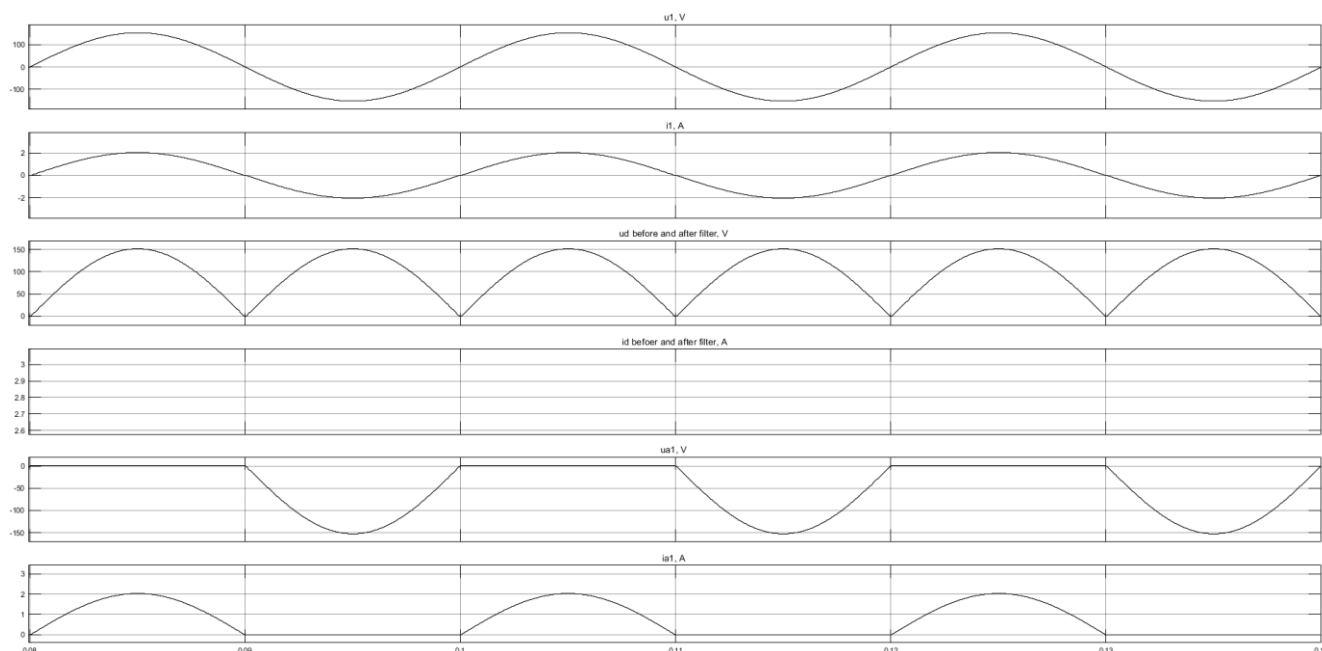


Рис.2 – Осциллограммы однофазного мостового неуправляемого выпрямителя без фильтра с активной нагрузкой

б) Измерение и запись в табл. 1 следующих показателей:

- среднее значение напряжения и тока нагрузки U_d, I_d

- амплитуда пульсаций первой гармоники напряжения и тока на выходе выпрямителя U_{dm}, I_{dm} ;

- коэффициент пульсаций по напряжению и току на выходе выпрямителя q_u, q_i .

Таблица №1

Показатель	Без фильтра		С-фильтр		L-фильтр		LC-фильтр	
	Расчет	Модель	Расчет	Модель	Расчет	Модель	Расчет	Модель
U_d, B	99	95,62	140		99		99	
I_d, A	1,32	1,275	1,86		1,32		1,32	
$U_{dm}(1), B$	66	65,03	15,4		6,6		6,6	
q_u	0,67	0,68	0,11		0,06		0,06	
$I_{dm}(1), A$	0,88	0,87	0,2		0,08		0,08	
q_i	0,67	0,68	0,11		0,06		0,06	
s	-	-	-	-	10		10	

Сравнение показателей с расчетными значениями:

Показатели на модели немного отличаются от расчетных показателей, из-за различных видов потерь и погрешностей.

с) Измеренные показатели представлены в таблице №2

Таблица №2

Rd, Ом	100·Rd	10·Rd	5·Rd	4·Rd	3·Rd	2·Rd	1,5·Rd	Rd
Id, A	0,013	0,129	0,258	0,322	0,429	0,642	0,854	1,275
U1, B	109,96	109,83	109,69	109,62	109,5	109,26	109,03	108,56
I1, A	0,04	0,17	0,31	0,38	0,5	0,74	0,97	1,44
P1, Вт	4,01	18,23	33,96	41,79	54,79	80,61	106,19	156,66
Q1, вар	0	0	0	0	0	0	0	0
T1, BA	0,07	0,18	0,3	0,37	0,47	0,67	0,88	1,28
N1, BA	0,07	0,18	0,3	0,37	0,47	0,67	0,88	1,28
S1, BA	4,01	18,23	33,96	41,79	54,79	80,61	106,2	156,67
χ	1	1	1	1	1	1	1	1
cosφ	1	1	1	1	1	1	1	1
v	1	1	1	1	1	1	1	1

U_d, В	97,07	96,89	96,74	96,67	95,55	96,31	96,08	95,62
P_d, Вт	1,256	12,52	24,96	31,15	41,43	61,84	82,06	121,9
qu	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
η	0,31	0,69	0,73	0,75	0,76	0,76	0,77	0,78

Построение внешней и энергетических характеристик:

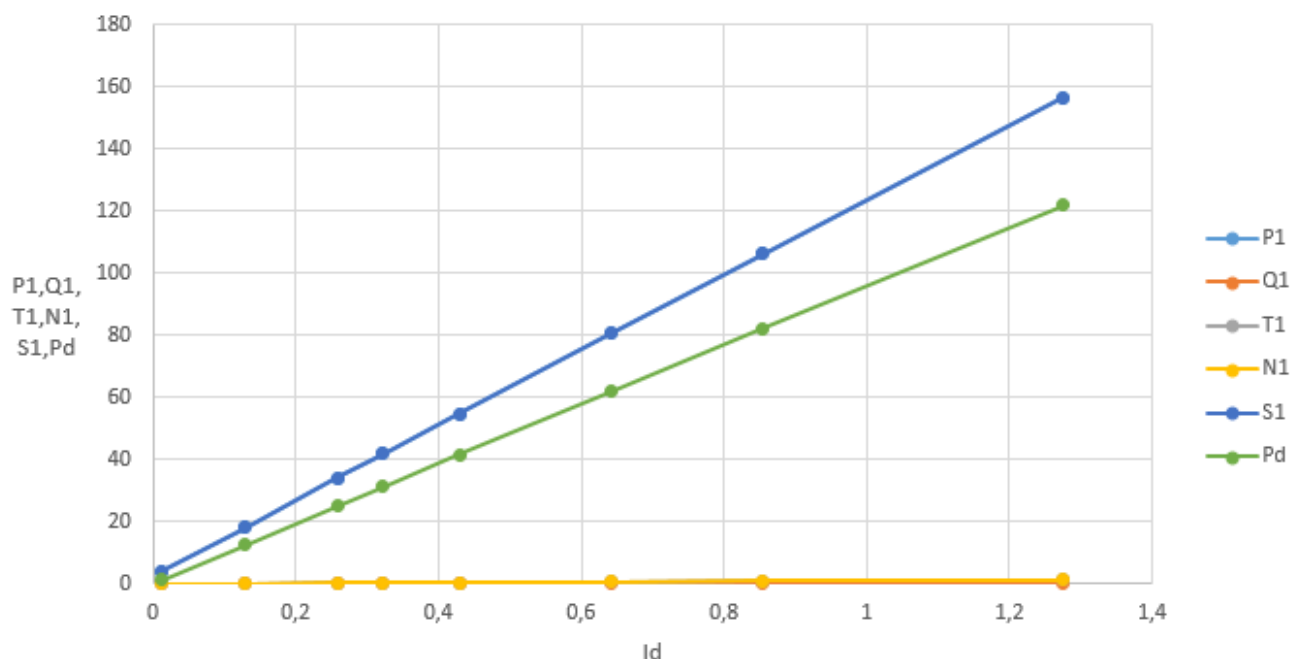


Рис. 3. P_1 ; Q_1 ; T_1 ; N_1 ; S_1 ; $P_d=f(I_d)$

3. Экспериментальное исследование однофазного мостового неуправляемого выпрямителя с емкостным фильтром.

а) Осциллограммы напряжения $u_1=f(t)$ и тока $i_1=f(t)$ на входе выпрямителя, напряжения $u_d=f(t)$, и тока $i_d=f(t)$ на нагрузке, тока на выходе выпрямителя (до фильтра) $i_{VD}=f(t)$, а также анодного напряжения $u_{a1}=f(t)$ и анодного тока $i_{a1}=f(t)$ на диоде VD1 при заданном сопротивлении нагрузки $R_d = 75$ Ом. Рассчитанное значение ёмкости фильтра $C=385,83$ мкФ. Временные диаграммы в установившемся режиме для 3 периодов входного напряжения представлены на рис. 10:

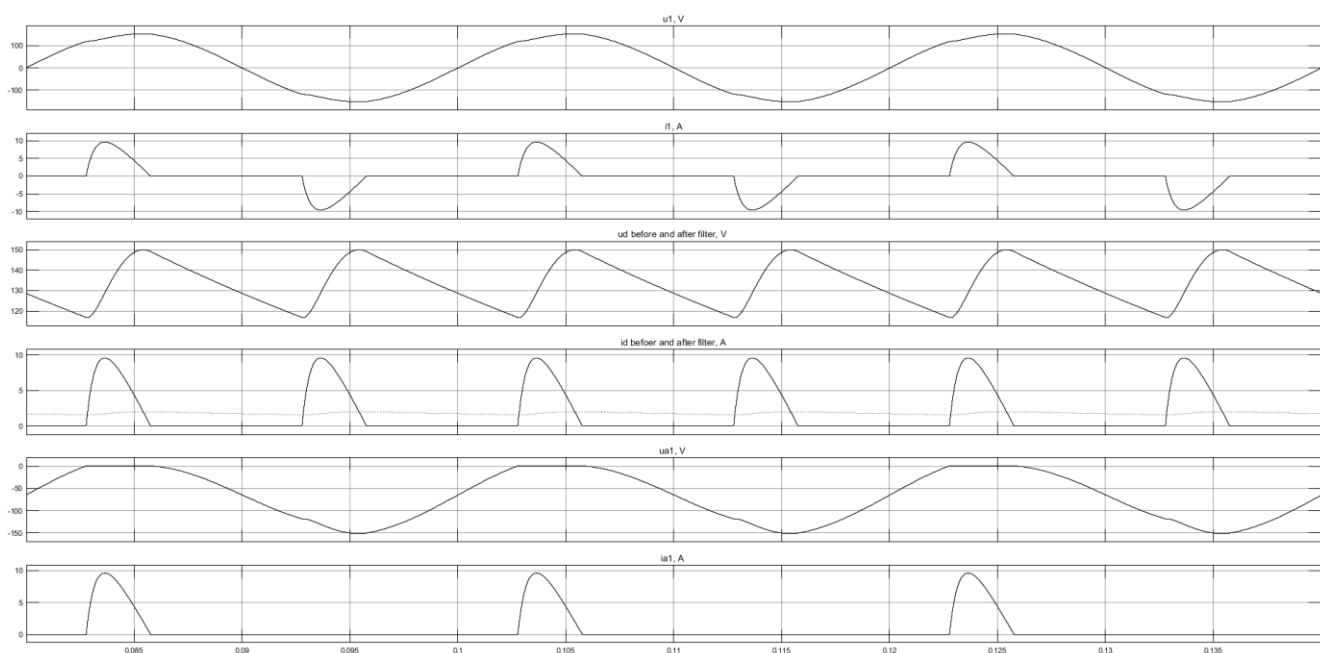


Рис.4. Осциллограммы однофазного мостового неуправляемого выпрямителя с емкостным фильтром

б) Измерение и запись в табл. 1 следующих показателей:

- среднее значение напряжения и тока нагрузки U_d, I_d
- амплитуда пульсаций первой гармоники напряжения и тока на выходе выпрямителя U_{dm}, I_{dm} ;
- коэффициент пульсаций по напряжению и току на выходе выпрямителя q_u, q_i .

Показатель	Без фильтра		С-фильтр		L-фильтр		LC-фильтр	
	Расчет	Модель	Расчет	Модель	Расчет	Модель	Расчет	Модель
Ud, В	99	95,62	140	133,8	99		99	
Id, А	1,32	1,275	1,86	1,784	1,32		1,32	
Udm(1), В	66	65,03	15,4	13,54	6,6		6,6	
qu	0,67	0,68	0,11	0,1	0,06		0,06	
Idm(1), А	0,88	0,87	0,2	0,18	0,08		0,08	
qi	0,67	0,68	0,11	0,1	0,06		0,06	
s	-	-	-	-	10		10	

Сравнение показателей с расчетными значениями:

Показатели на модели немного отличаются от расчетных показателей, из-за различных видов потерь и погрешностей.

с) Измеренные показатели представлены в таблице №3

Таблица №3

Rd, Ом	100·Rd	10·Rd	5·Rd	4·Rd	3·Rd	2·Rd	1,5·Rd	Rd
Id, А	0,0203	0,1999	0,3935	0,4883	0,6434	0,9442	1,234	1,784
U1, В	109,94	109,69	109,43	109,3	109,09	108,7	108,33	107,66
I1, А	0,15	0,67	1,12	1,33	1,65	2,23	2,75	3,67
P1, Вт	6,74	34,25	63,33	77,34	99,96	142,76	182,67	255,3
Q1, вар	-0,17	-3,21	-8,9	-12,34	-18,73	-33,25	-49,31	-83,73
T1, ВА	15,46	64,34	104,76	122,24	148,51	193,22	230,37	289,21
N1, ВА	15,46	64,42	105,14	122,86	149,69	196,06	235,59	301,09
S1, ВА	16,86	72,95	122,74	145,17	180	242,54	298,13	394,82
χ	0,4	0,47	0,52	0,53	0,56	0,59	0,61	0,65
cosφ	1	1	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97	0,95
v	0,4	0,47	0,52	0,54	0,57	0,6	0,63	0,68
Ud, В	152,6	149,9	147,6	146,5	144,8	141,6	138,8	133,8
Pd, Вт	3,105	29,98	58,07	71,52	93,15	133,7	171,3	238,7
qu	0,0019	0,0116	0,0222	0,0275	0,0361	0,053	0,0695	0,1012
η	0,46	0,88	0,92	0,92	0,93	0,94	0,94	0,93

Построение внешней и энергетических характеристик:

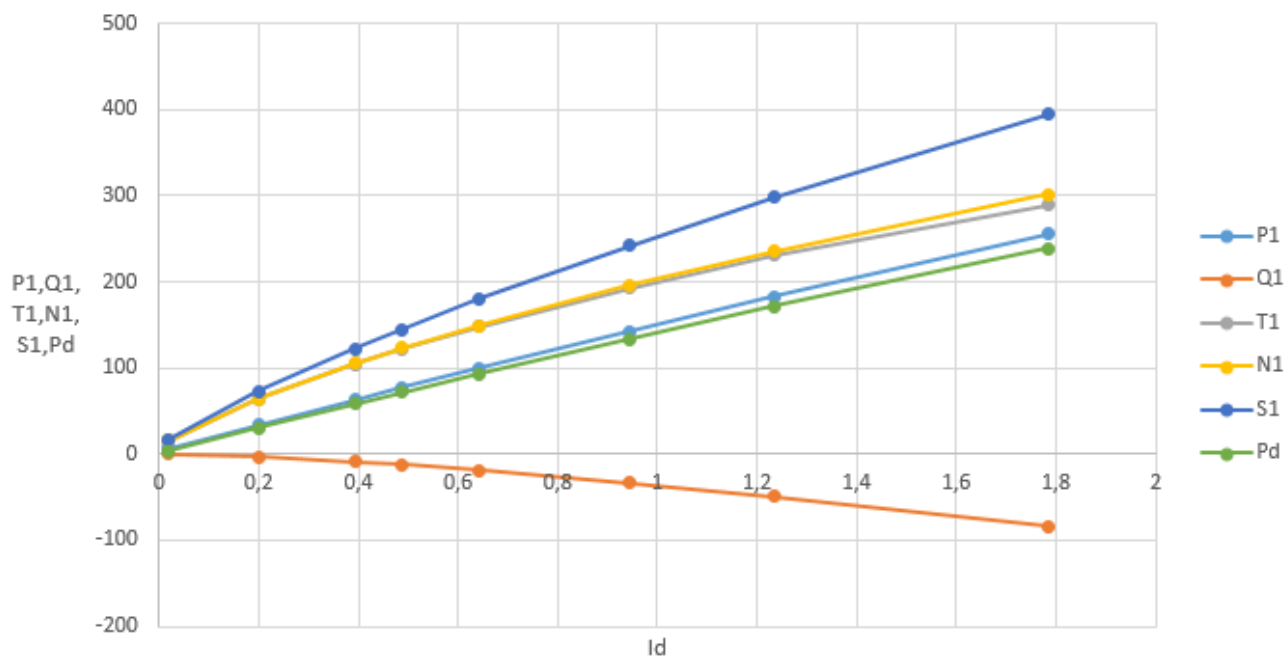


Рис. 5. P_1 ; Q_1 ; T_1 ; N_1 ; S_1 ; $P_d=f(I_d)$

д) исследование влияния параметров фильтра на показатели качества выходного напряжения и тока при заданном сопротивлении нагрузки R_d . Измеренные параметры представлены в таблице №4:

Таблица №4

Параметр	Емкостной фильтр			Индуктивный фильтр		
	Заданная точка	Изменяемый параметр		Заданная точка	Изменяемый параметр	
		2,0·Сф	0,5·Сф		2,0·Lф	0,5·Lф
Сф, мкФ	385,93	771,86	192,965	-	-	-
Lф, Гн	-	-	-	1,19	2,38	0,595
Ud, В	133,8	138,8	124,6	84,01	83,27	84,02
Id, А	1,784	1,85	1,66	1,12	1,11	1,12
Udm(1), В	13,54	7,161	23,69	6,562	3,365	12,88
qu	0,1	0,05	0,19	0,078	0,04	0,153
Idm(1), А	0,18	0,095	0,316	0,08	0,04	0,17
qi	0,1	0,05	0,19	0,078	0,04	0,153
s	-	-	-	10,06	19,62	5,12

Вывод по таблице: С увеличением C_f в С-фильтрах уменьшается коэффициент пульсации выпрямленного напряжения (q_u), соответственно

повышается качество выходного напряжения. Уровень напряжения не существенно повышается.

4. Экспериментальное исследование однофазного мостового неуправляемого выпрямителя с индуктивным фильтром.

а) Осциллограммы напряжения $u_1=f(t)$ и тока $i_1=f(t)$ на входе выпрямителя, напряжения $u_d=f(t)$, и тока $i_d=f(t)$ на нагрузке, напряжения на выходе выпрямителя (до фильтра) $u_{VD}=f(t)$, а также анодного напряжения $u_{a1}=f(t)$ и анодного тока $i_{a1}=f(t)$ на диоде VD1 при заданном сопротивлении нагрузки $R_d = 75 \text{ Ом}$. Рассчитанное значение индуктивности фильтра $L=1,19 \text{ Гн}$. Временные диаграммы в установившемся режиме для 3 периодов входного напряжения представлены на рис. 18:

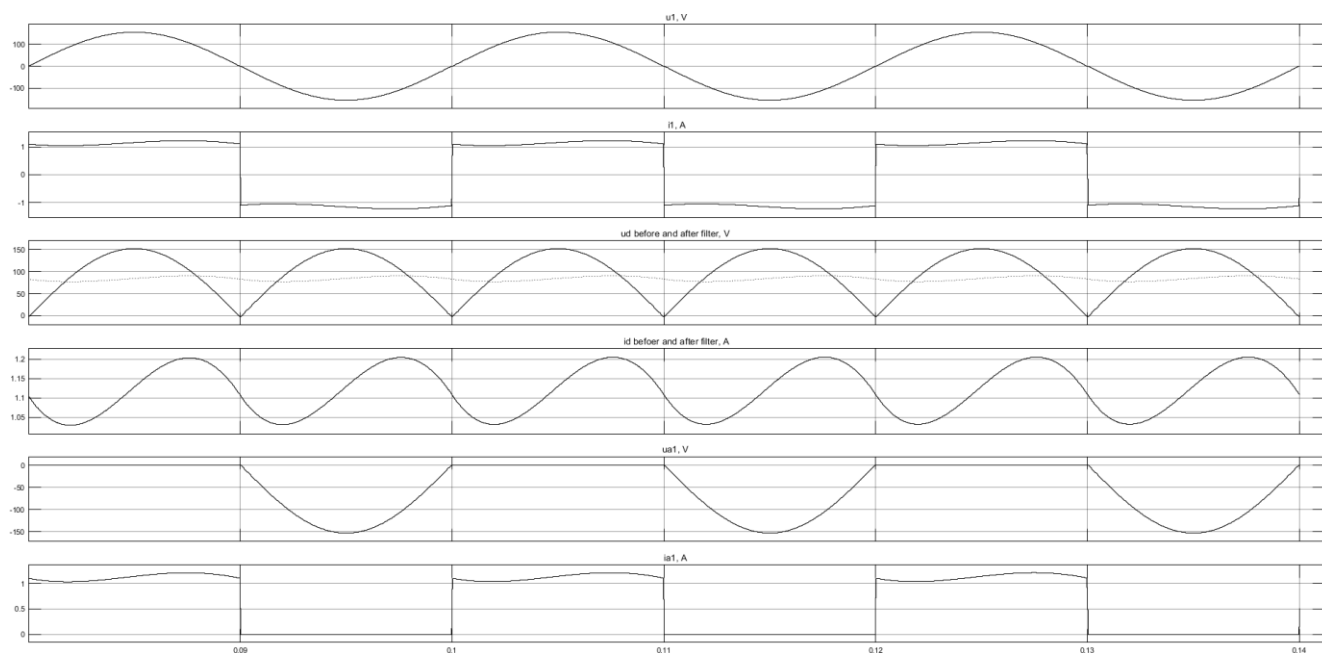


Рис.6. Осциллограммы однофазного мостового неуправляемого выпрямителя с индуктивным фильтром

б) Измерение и запись в табл. 1 следующих показателей:

- среднее значение напряжения и тока нагрузки U_d, I_d
- амплитуда пульсаций первой гармоники напряжения и тока на выходе выпрямителя U_{dm}, I_{dm} ;

- коэффициент пульсаций по напряжению и току на выходе выпрямителя

q_u, q_i

Таблица №1

Показатель	Без фильтра		С-фильтр		L-фильтр		LC-фильтр	
	Расчет	Модель	Расчет	Модель	Расчет	Модель	Расчет	Модель
Ud, В	99	95,62	140	133,8	99	84,01	99	
Id, А	1,32	1,275	1,86	1,784	1,32	1,12	1,32	
Udm(1), В	66	65,03	15,4	13,54	6,6	6,562	6,6	
qu	0,67	0,68	0,11	0,1	0,06	0,078	0,06	
Idm(1), А	0,88	0,87	0,2	0,18	0,08	0,08	0,08	
qi	0,67	0,68	0,11	0,1	0,06	0,078	0,06	
s	-	-	-	-	10	10,06	10	

Сравнение показателей с расчетными значениями:

Показатели на модели немного отличаются от расчетных показателей, из-за различных видов потерь и погрешностей.

с) Измеренные показатели представлены в таблице №5

Таблица №5

Rd, Ом	100·Rd	10·Rd	5·Rd	4·Rd	3·Rd	2·Rd	1,5·Rd	Rd
Id, А	0,01292	0,1274	0,2509	0,3113	0,41	0,6003	0,7817	1,12
U1, В	109,96	109,85	109,74	109,69	109,6	109,43	109,27	108,97
I1, А	0,04	0,16	0,28	0,34	0,43	0,62	0,8	1,14
P1, Вт	4	16,47	28,39	34,19	43,7	62,14	79,76	112,6
Q1, вар	0,08	3,1	4,86	5,23	5,57	5,84	5,95	6,04
T1, ВА	0,06	3,37	9,77	12,92	17,94	27,33	36,06	52,02
N1, ВА	0,1	4,58	10,91	13,94	18,79	27,95	36,55	52,37
S1, ВА	4	17,1	30,41	36,92	47,57	68,14	87,74	124,18
χ	1	0,96	0,93	0,93	0,92	0,91	0,91	0,91
cosφ	1	0,98	0,99	0,99	0,99	1	1	1
v	1	0,98	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,91
Ud, В	96,88	95,54	94,1	93,4	92,26	90,05	87,95	84,01
Pd, Вт	1,251	12,17	23,61	29,08	37,83	54,06	68,75	94,11
qu	0,6763	0,4821	0,3105	0,2602	0,2043	0,1432	0,1111	0,0781
s	1,007	1,432	2,258	2,714	3,501	5,117	6,756	10,06
η	0,31	0,74	0,83	0,85	0,87	0,87	0,86	0,84

Построение внешней и энергетических характеристик:

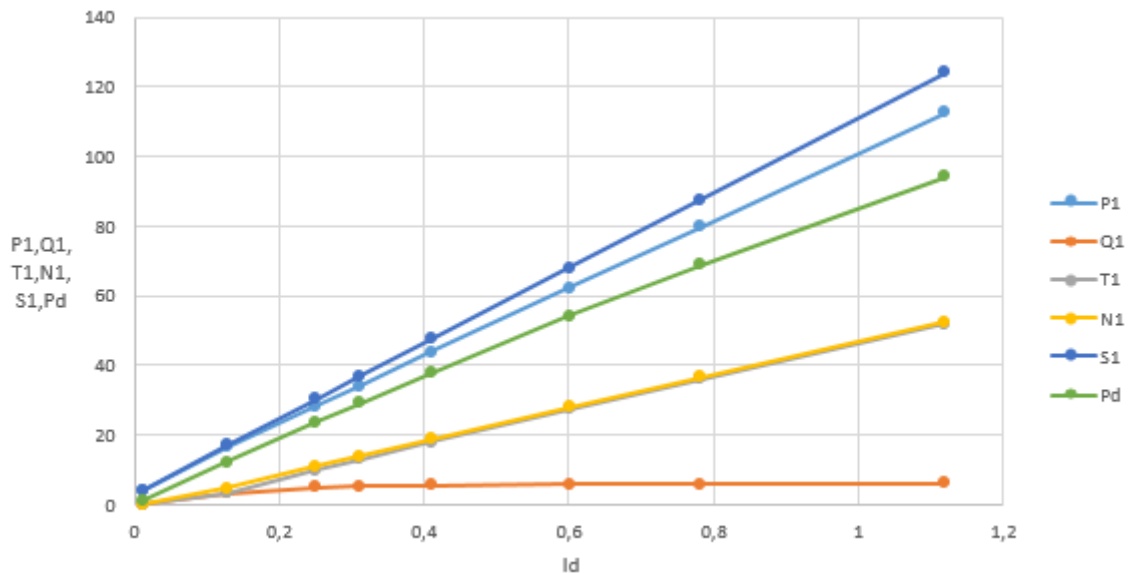


Рис. 7. P_1 ; Q_1 ; T_1 ; N_1 ; S_1 ; $P_d=f(I_d)$

д) исследовать влияние параметров фильтра на показатели качества выходного напряжения и тока при заданном сопротивлении нагрузки R_d .

Вывод по таблице №4: С увеличением L_f в L-фильтрах уменьшается коэффициент пульсации выпрямленного напряжения (q_u) и увеличивается коэффициент сглаживания (s), соответственно повышается качество выходного напряжения. Уровень напряжения незначительно снижается.

5. Экспериментальное исследование однофазного мостового неуправляемого выпрямителя с Г-образным фильтром

а) Осциллограммы напряжения $u_1=f(t)$ и тока $i_1=f(t)$ на входе выпрямителя, напряжения $u_d=f(t)$, и тока $i_d=f(t)$ на нагрузке, напряжения $u_{VD}=f(t)$ и тока $i_{VD}=f(t)$ на выходе выпрямителя (до фильтра), а также анодного напряжения $u_{a1}=f(t)$ и анодного тока $i_{a1}=f(t)$ на диоде VD1 при заданном сопротивлении нагрузки $R_d = 75$ Ом. Рассчитанное значение индуктивности фильтра $L=0,8$ Гн. Временные диаграммы в установившемся режиме для 3 периодов входного напряжения представлены на рис. 26

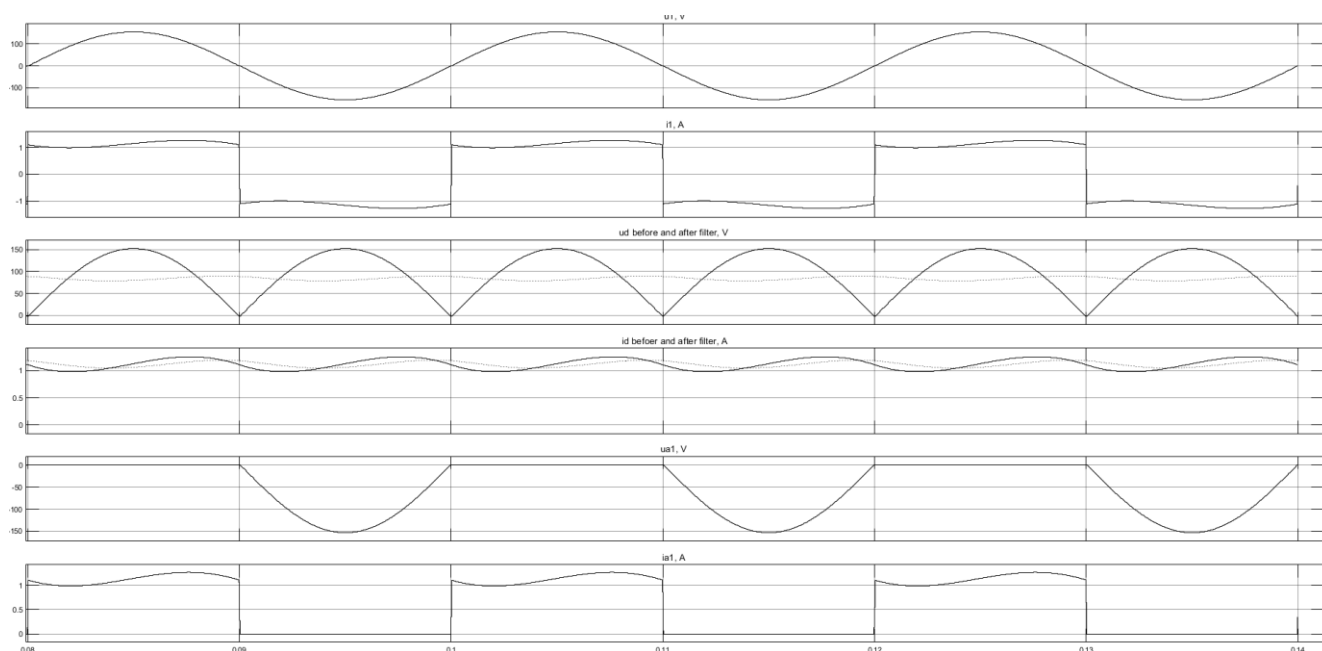


Рис. 8. Осциллограммы однофазного мостового неуправляемого выпрямителя с Г-образным фильтром

б) Измерение и запись в табл. 1 следующих показателей:

- среднее значение напряжения и тока нагрузки U_d, I_d
- амплитуда пульсаций первой гармоники напряжения и тока на выходе выпрямителя U_{dm}, I_{dm} ;
- коэффициент пульсаций по напряжению и току на выходе выпрямителя q_u, q_i

Таблица №1

Показатель	Без фильтра		С-фильтр		L-фильтр		LC-фильтр	
	Расчет	Модель	Расчет	Модель	Расчет	Модель	Расчет	Модель
U_d, B	99	95,62	140	133,8	99	84,01	99	84,02
I_d, A	1,32	1,275	1,86	1,784	1,32	1,12	1,32	1,12
$U_{dm}(1), B$	66	65,03	15,4	13,54	6,6	6,562	6,6	5,474
q_u	0,67	0,68	0,11	0,1	0,06	0,078	0,06	0,065
$I_{dm}(1), A$	0,88	0,87	0,2	0,18	0,08	0,08	0,08	0,07
q_i	0,67	0,68	0,11	0,1	0,06	0,078	0,06	0,065
s	-	-	-	-	10	10,06	10	10,03

Сравнение показателей с расчетными значениями:

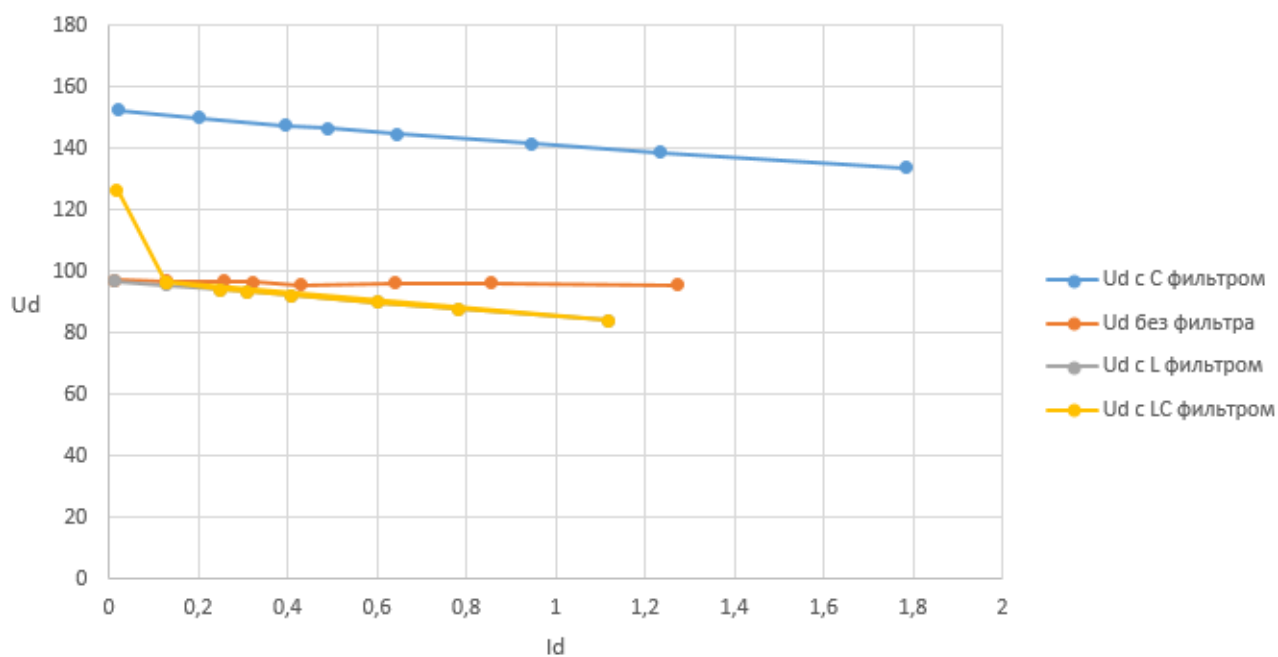
Показатели на модели немного отличаются от расчетных показателей, из-за различных видов потерь и погрешностей.

с) Измеренные показатели представлены в таблице №6

Таблица №6

Rd, Ом	100·Rd	10·Rd	5·Rd	4·Rd	3·Rd	2·Rd	1,5·Rd	Rd	Rd.гp
Id, A	0,0169	0,1286	0,2509	0,3114	0,4101	0,6003	0,7817	1,12	0,1286
U1, B	109,95	109,86	109,75	109,7	109,61	109,44	109,27	108,97	109,86
I1, A	0,05	0,18	0,29	0,35	0,44	0,63	0,81	1,14	0,18
P1, Вт	5,06	15,41	27,29	33,32	43,07	61,79	79,57	112,58	15,41
Q1, вар	1,86	9,87	9,96	9,94	9,92	9,87	9,81	9,68	9,87
T1, BA	2,52	7,51	12,63	15,27	19,69	28,35	36,67	52,21	7,51
N1, BA	3,13	12,4	16,08	18,22	22,05	30,02	37,96	53,1	12,4
S1, BA	5,95	19,78	31,67	37,97	48,39	68,7	88,16	124,48	19,78
χ	0,85	0,78	0,86	0,88	0,89	0,9	0,9	0,9	0,78
cosφ	0,94	0,84	0,94	0,96	0,97	0,99	0,99	1	0,84
v	0,91	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91	0,93
Ud, B	126,6	96,42	94,1	93,41	92,26	90,05	87,95	84,02	96,42
Pd, Вт	2,138	12,4	23,61	29,09	37,83	54,06	68,75	94,12	12,4
qu	0,161	0,067	0,07	0,07	0,069	0,069	0,068	0,065	0,067
s	10,03	10,03	10,04	10,13	10,25	10,56	10,97	12,06	10,03
η	0,42	0,8	0,87	0,87	0,88	0,87	0,86	0,84	0,8

Построение внешней и энергетической характеристик:

Рис. 9. $U_d = f(I_d)$

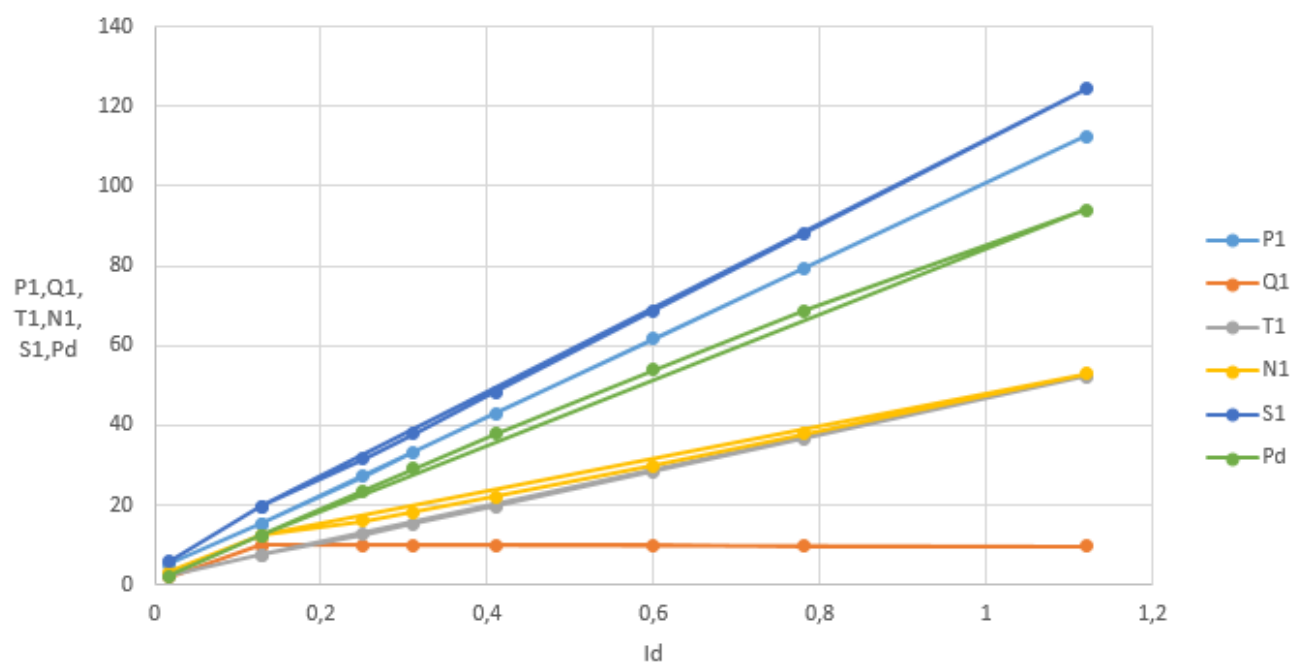


Рис. 10. P_1 ; Q_1 ; T_1 ; N_1 ; S_1 ; $P_d = f(I_d)$

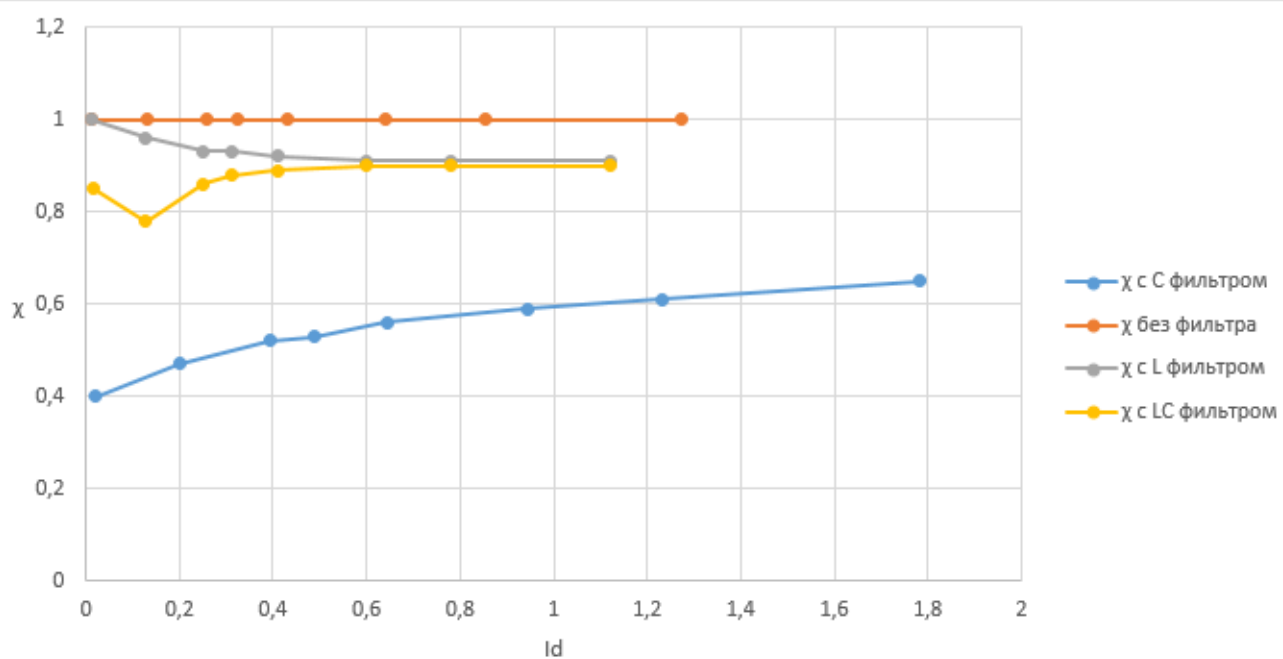


Рис. 11. $\chi = f(I_d)$

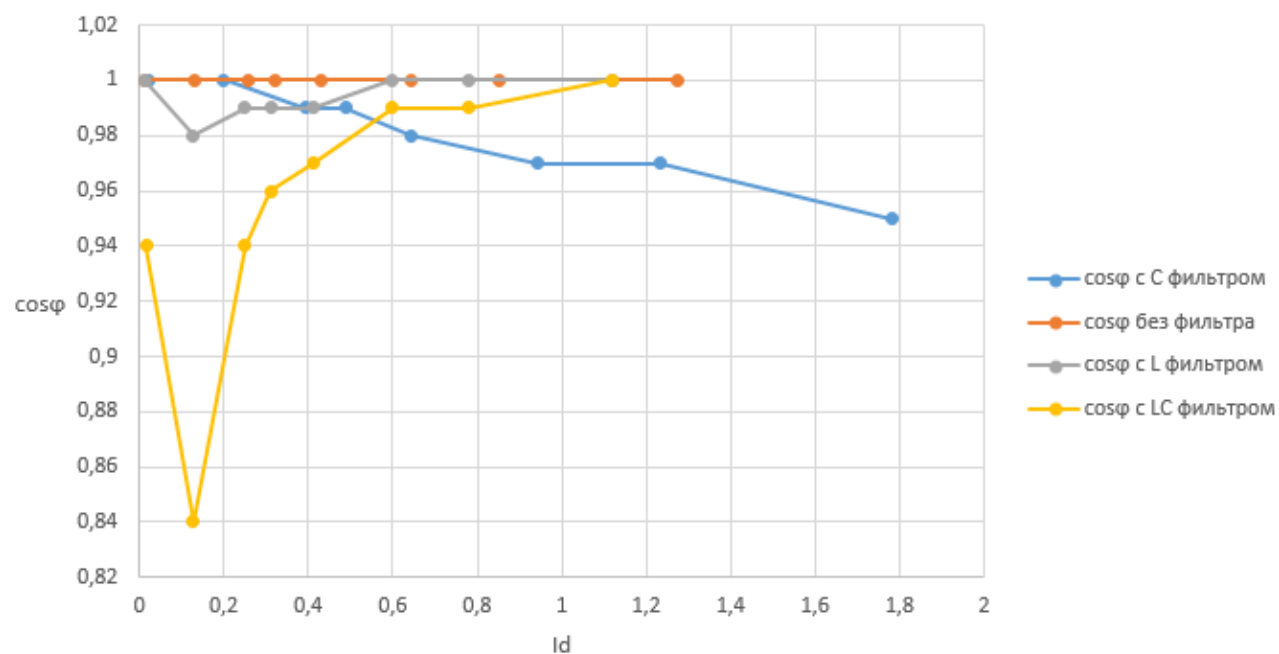


Рис. 12. $\cos\phi=f(I_d)$

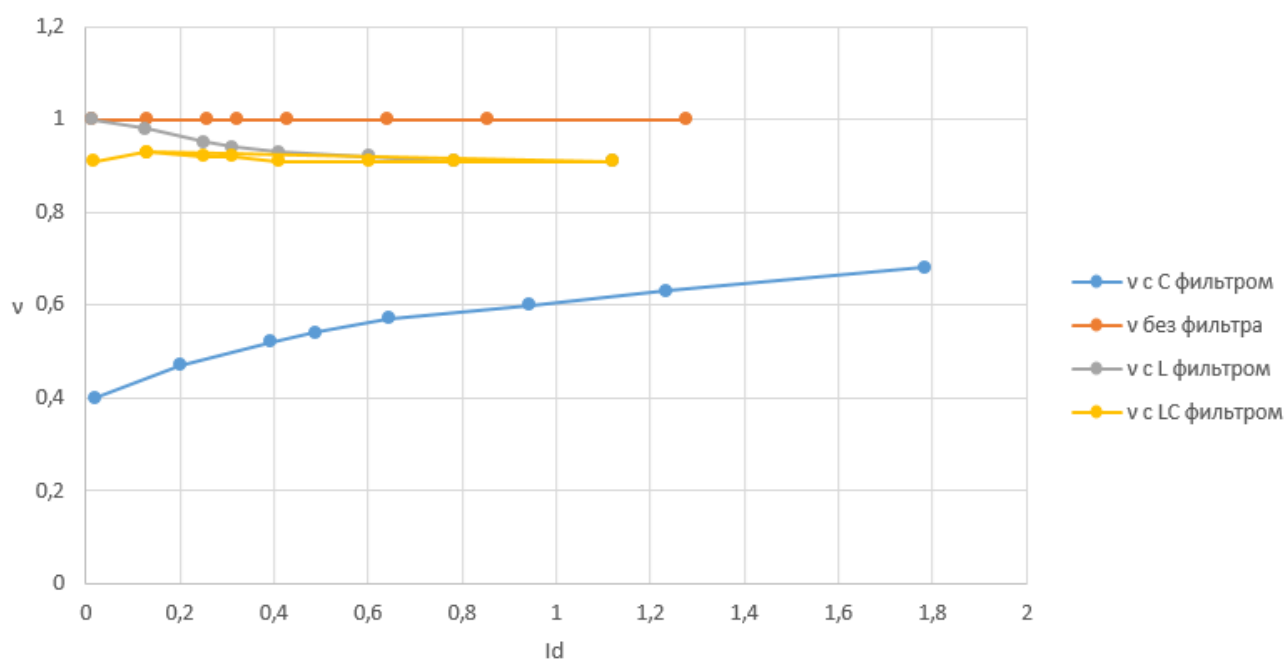


Рис. 13. $v=f(I_d)$

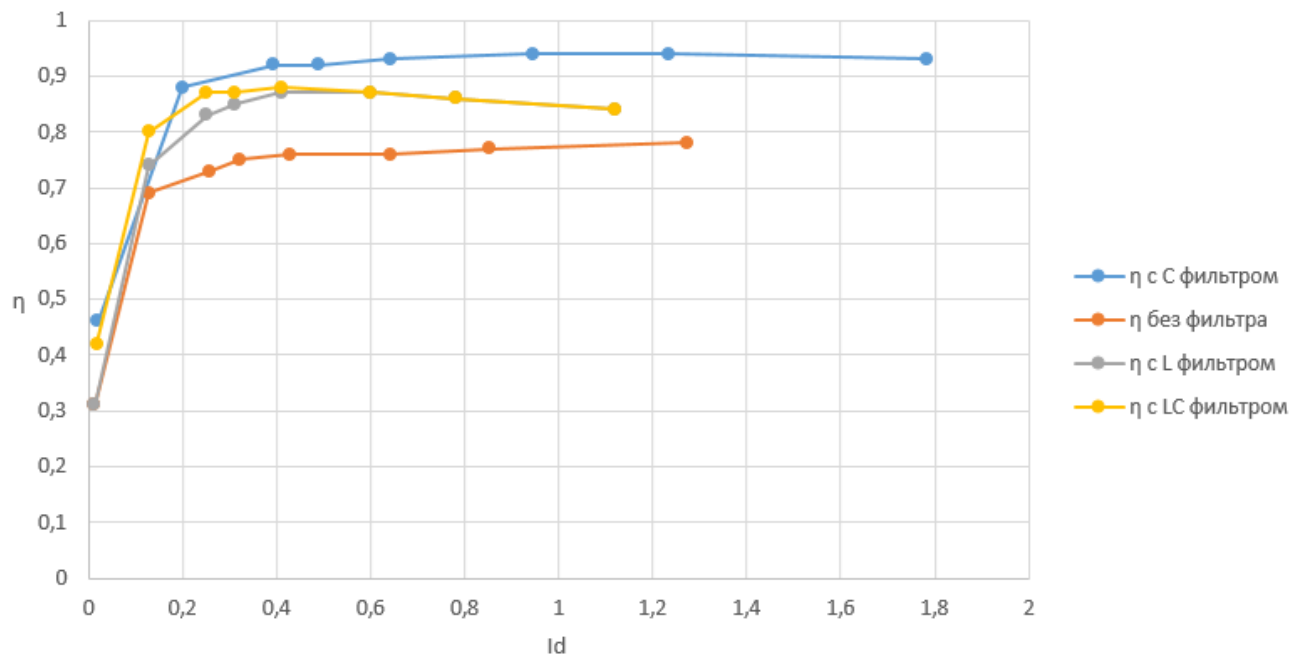


Рис. 14. $\eta = f(I_d)$

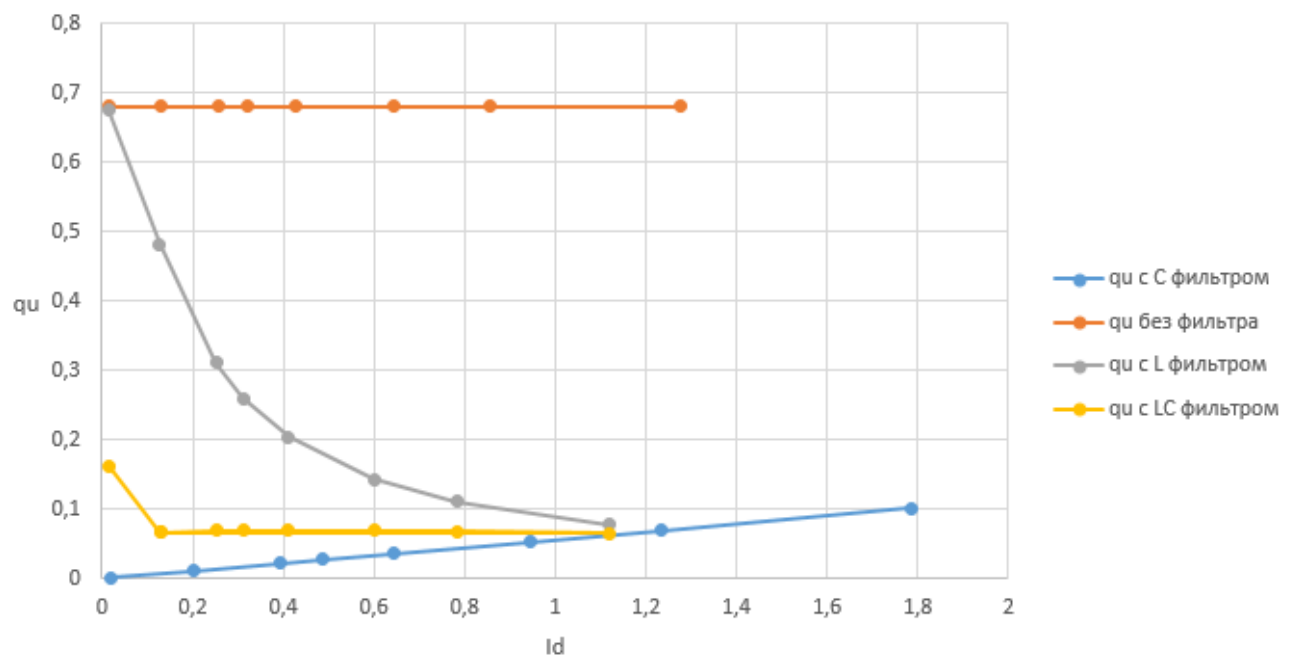


Рис. 15. $q_u = f(I_d)$

d) Исследование влияния параметров фильтра на показатели качества выходного напряжения и тока при заданном сопротивлении нагрузки R_d . Результаты представлены в таблице №8.

Таблица №8

Параметр	Заданная точка	Изменяемый параметр			
		2,0·Сф	0,5·Сф	2,0·Lф	0,5·Lф
Сф, мкФ	34,8	69,6	17,4	34,8	34,8
Lф, Гн	0,8	0,8	0,8	1,6	0,4
Ud, В	84,02	84,02	84,02	83,99	84,02
Id, А	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
Udm(1), В	5,474	2,992	8,147	2,648	11,69
qu	0,065	0,036	0,097	0,032	0,135
Idm(1), А	0,07	0,04	0,11	0,04	0,16
qi	0,065	0,036	0,097	0,032	0,135
s	10,03	22,05	8,099	24,93	5,642

Вывод: При увеличении Сф и Lф в LC-фильтрах уменьшается коэффициент пульсации выпрямленного напряжения (qu) и повышается коэффициент сглаживания (s), соответственно повышается качество выходного напряжения.