

РАСЧЕТ ВЫПРЯМИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Постановка задачи

В задаче требуется произвести расчет и выбор основных элементов схемы полупроводникового выпрямителя. Во всех вариантах заданий частота сети переменного тока принимается равной $f_c = 50 \text{ Гц}$. Величина эквивалентного сопротивления нагрузки определяется в ходе расчета.

Основными элементами расчета являются:

- расчет параметров и подбор выпрямительных диодов или блоков (выпрямительных комплектов);
- определение параметров и подбор элементов фильтра;
- нахождение параметров силового трансформатора – коэффициента трансформации k_{12} и его габаритной мощности $P_{\text{тр}}$;
- вычисление коэффициента полезного действия выпрямителя η .

Поиск типов основных компонентов выпрямителей (полупроводниковых диодов и конденсаторов) производится после выполнения предварительных расчетов с помощью электронной базы данных. После выбора основных компонентов полученное выпрямительное устройство необходимо собрать в программном комплексе Multisim.

Расчетные схемы

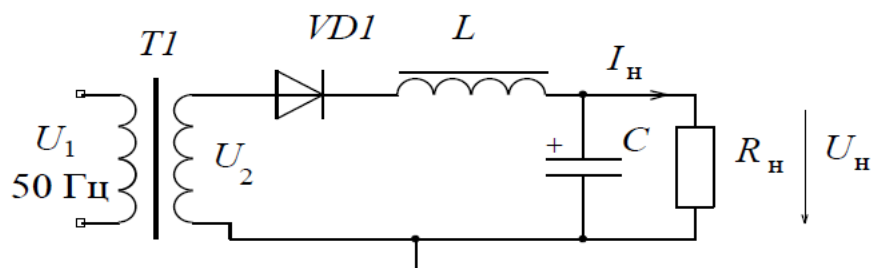


Рис. 1. Схема однофазного однополупериодного выпрямителя с однозвенным Г-образным LC -фильтром

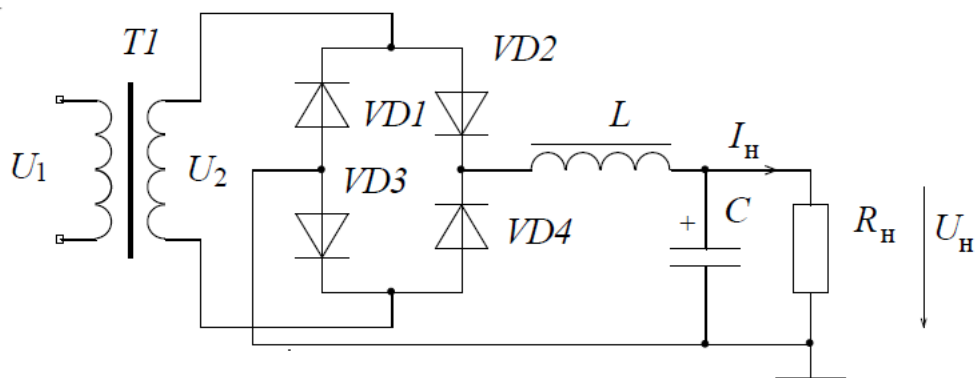


Рис. 2. Схема однофазного мостового выпрямителя с однозвенным Г-образным LC -фильтром

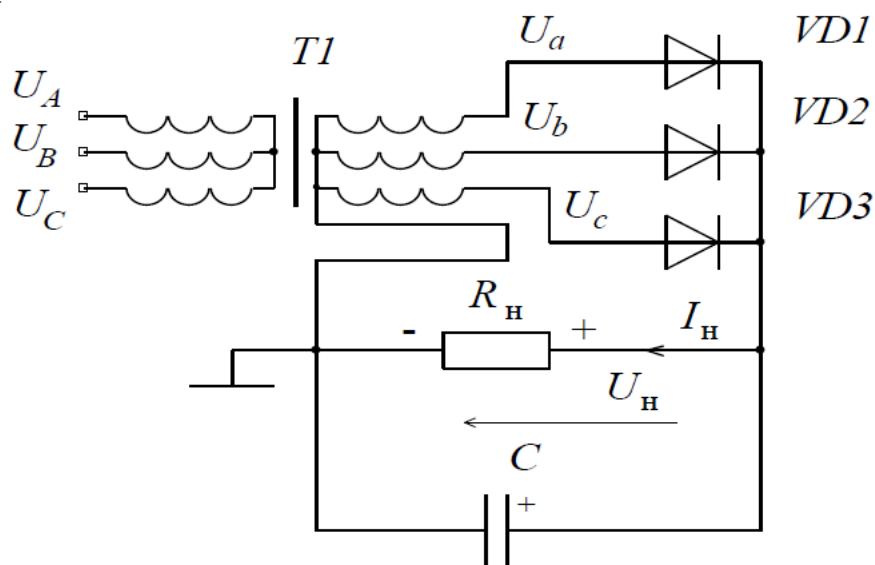


Рис. 3. Схема трехфазного однополупериодного выпрямителя с емкостным фильтром

Исходные данные для расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1

Номер вари- анта	Напряжение сети U_1 , В	Выпрямленное напряжение, $U_{н.ср}$, В	Мощность на нагрузке P_n , Вт	Допустимый коэф- фициент пульсации напряжения на нагрузке q_2
1	127	12	100	0,06
2	220	24	400	0,01
3	220	36	350	0,02
4	380	110	500	0,04
5	127	24	150	0,04
6	380	48	450	0,012
7	220	36	250	0,015
8	220	12	300	0,035
9	127	24	150	0,035
10	220	110	440	0,01
11	220	48	210	0,03
12	380	36	720	0,008
13	127	24	240	0,1
14	380	12	480	0,05
15	220	110	230	0,12
16	220	48	560	0,02
17	127	36	120	0,01
18	220	24	360	0,015
19	127	12	240	0,025
20	220	48	520	0,03
21	220	36	280	0,03
22	380	24	360	0,009
23	127	12	180	0,1
24	380	110	660	0,008
25	220	36	300	0,06
26	380	12	720	0,22
27	127	36	210	0,05
28	220	48	200	0,07
29	127	24	290	0,04
30	380	110	250	0,14

Напряжение сети U_1 во втором столбце табл. 1 при расчете трех-
фазных выпрямителей следует считать линейным.

Порядок расчета

1. В соответствии с вариантом вычертить схему выпрямителя с фильтром и нарисовать временные диаграммы, поясняющие его работу.

2. Рассчитать ток нагрузки

$$I_{н.ср} = \frac{P_{н}}{U_{н.ср}}$$

и эквивалентное сопротивление нагрузки

$$R_{н} = \frac{U_{н.ср}}{I_{н.ср}}.$$

3. В зависимости от типа выпрямителя, используя при расчетах соотношения справочного характера, приведенные в табл. 2, определить:

- среднее значение тока через диод $I_{пр.ср}$;
- напряжение U_2 на вторичной обмотке трансформатора при чисто активной нагрузке выпрямителя;
- требуемое напряжение на вторичной обмотке трансформатора с учетом фильтра

$$U_2' = gU_2,$$

где g – эмпирический коэффициент, равный 0,75 для емкостного фильтра и 1,0 для индуктивного фильтра;

- максимальное обратное напряжение на диоде $U_{обр\ max}$.

Таблица 2

Тип схемы выпрямителя	Параметры					
	$\frac{U_{н.ср.}}{U_2}$	$\frac{U_{обр.мах}}{U_2'}$	$\frac{I_{пр.ср}}{I_{н.ср}}$	Частота пульсаций $f_{п.}$ Гц	Коэффициент пульсаций q_1	Мощность трансформатора $P_{тр}$
Однофазная, однополупериодный	0,45	$\sqrt{2}$	1,0	50	1,57	$3,5P_{н}$
Однофазная, двухполупериодный мостовой	0,9	$\sqrt{2}$	0,5	100	0,66	$1,23 P_{н}$
Трехфазная с нулевым выводом	1,17	$\sqrt{6}$	0,33	150	0,25	$1,35 P_{н}$

4. По результатам вычислений по п. 3 в компьютерной базе данных выбрать диоды (или диодные блоки) и записать их тип и основные параметры. Считается, что диоды подходят, если их максимально допустимое обратное напряжение $U_{обр.мах}$ и максимально допустимый прямой ток $I_{пр.мах}$ не менее чем на 30 % превышают соответствующее расчетное значение.

5. Определить габаритную мощность трансформатора $P_{тр}$ из соотношений табл. 2 в зависимости от выбранной схемы.

6. Рассчитать коэффициент трансформации трансформатора k_{12} по напряжению

$$k_{12} = \frac{U_1}{U_2'}$$

7. Рассчитать элементы сглаживающего фильтра.

7.1. Для четных вариантов необходимо определить только величину емкости C -фильтра

$$C = \frac{10^6}{(0,1 \dots 0,2) R_{н} 2\pi f_{п}}, \text{ мкФ.}$$

7.2. Для нечетных вариантов необходимо определить и величину емкости, и величину индуктивности LC -фильтра.

При расчете элементов сглаживающего LC -фильтра исходят из необходимости получения требуемого коэффициента сглаживания s :

$$s = \frac{q_1}{q_2},$$

где q_1 и q_2 – коэффициенты пульсаций до и после фильтра (на нагрузке).

Тогда для однофазных выпрямителей пользуются соотношением:

$$LC = \frac{s+1}{(2\pi f_H)^2}.$$

Величину емкости фильтра рекомендуется выбирать из условия $C \leq 2000$ мкФ.

8. Произвести расчет к.п.д. выпрямителя:

$$\eta = \frac{P_H}{P_H + \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{д}}} \cdot 100\%,$$

где $\Delta P_{\text{тр}}$ – потери в трансформаторе, $\Delta P_{\text{тр}} = P_{\text{тр}}(1 - \eta_{\text{тр}})$; $\Delta P_{\text{д}}$ – потери мощности в диодах, $\Delta P_{\text{д}} = I_{\text{пр.ср}} U_{\text{пр.ср}} N$; N – общее число диодов в схеме.

Значение коэффициента полезного действия трансформатора $\eta_{\text{тр}}$ при номинальной нагрузке принять равным 0,9.

Значение $U_{\text{пр.ср}}$ принять равным величине максимально допустимого прямого напряжения $U_{\text{пр.мах}}$ для выбранного при расчете диода.

9. Внести в табл. 3 основные параметры рассчитанного выпрямительного устройства.

Таблица 3

№ пп.	Тип схемы и наименование параметра	Значение	Единица измерения
<i>Тип выпрямителя (название)</i>			
1	Число фаз		
2	Число диодов, входящих в состав выпрямителя		
3	<i>Параметры нагрузочного устройства</i>		
3.1	Напряжение сети U_1		
3.2	Выпрямленное напряжение, $U_{н.ср}$		
3.3	Мощность на нагрузке P_n		
3.4	Допустимый коэффициент пульсации напряжения на нагрузке q_2		
4	<i>Параметры диодов</i>		
4.1	Тип диода		
4.2	$I_{пр.ср.}$		
4.3	$U_{обр.мах}$		
4.4	$U_{пр.мах}$		
5	<i>Параметры трансформатора</i>		
5.1	Расчетная мощность трансформатора $P_{тр}$		
5.2	Коэффициент трансформации трансформатора k_{12}		
6	<i>Параметры сглаживающего фильтра</i>		
6.1	Тип фильтра		
6.2	Индуктивность фильтра L		
6.3	Емкость фильтра C		
7	Коэффициент полезного действия выпрямительного устройства η		

Содержание отчета:

1. Расчетная схема.
2. Исходные данные (по варианту)
3. Временные диаграммы, поясняющие принцип действия выпрямителя.
4. Результаты расчетов.
5. Сводная таблица основных параметров рассчитанного выпрямительного устройства (таблица 3)
6. Схема выпрямителя в Multisim (схема должна содержать амперметры, вольтметры и осциллограф, для наглядного сопоставления расчетных данных с данными имитационного моделирования)