

# **Электроника**

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 ИССЛЕДОВАНИЕ МАЛОМОЩНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ**

### **Цель работы**

Исследование однофазных одно- и двухполупериодных схем выпрямления; построение вольтамперных характеристик выпрямителей.

### **Теоретические сведения и расчетные формулы**

#### **Преобразователи переменного напряжения в пульсирующее напряжение (выпрямители)**

Основными параметрами выпрямителя являются:

1. среднее значение выходного напряжения  $U_{\text{ср}} = \frac{1}{T} \int_0^T U_{\text{вых}} \cdot dt$  ;
2. среднее значение выходного тока  $I_{\text{ср}} = \frac{1}{T} \int_0^T i_{\text{вых}} \cdot dt$  ;
3. коэффициент пульсации выходного напряжения  $K_n = \frac{U_n}{U_{\text{ном}}}$  .

Выпрямителем (источником вторичного электропитания) называют устройство, служащее для преобразования переменных напряжения и тока в постоянные, которые необходимы для питания ряда электронных устройств.

Обобщённая структурная схема однофазного выпрямителя на полупроводниковых приборах, состоящая из трансформатора, выпрямительного блока, сглаживающего фильтра и нагрузки приведена на рисунке 1.

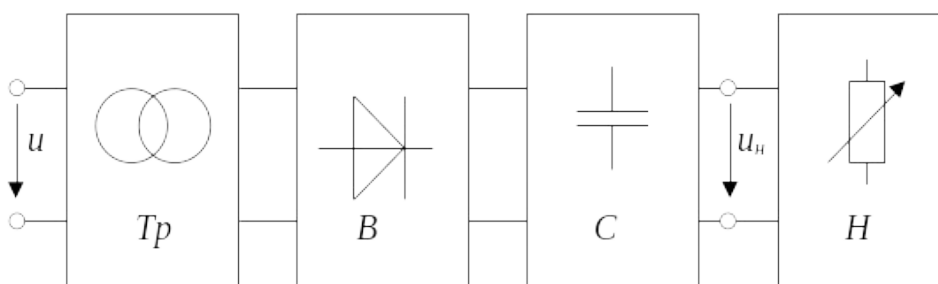


Рисунок 1 Обобщённая структурная схема однофазного выпрямителя

### Однофазный однополупериодный выпрямитель

Простейшая схема диодного выпрямителя представлена на рисунке 2.

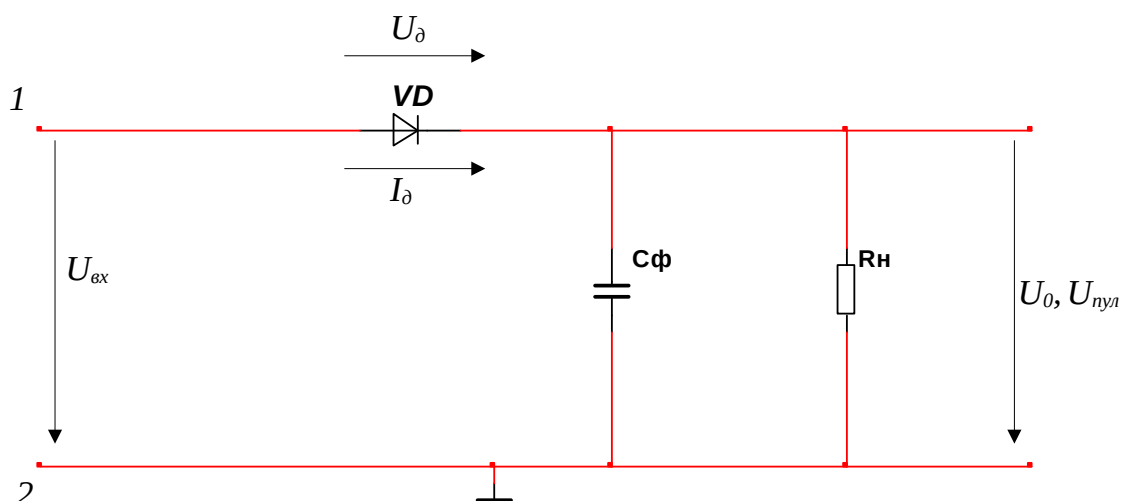


Рисунок 2: Однополупериодный выпрямитель

В этой схеме диод, как элемент с односторонней проводимостью, пропускает в нагрузку ток только в положительные полупериоды входного напряжения. В результате через сопротивление нагрузки  $R_n$  проходят импульсы тока одного направления. Эти импульсы представляют собой сумму постоянного и переменного токов. Постоянная составляющая тока  $I_0$  равна 0,318 амплитуды импульсов  $I_d$ . В отрицательные полупериоды диод закрыт, сопротивление его много больше, поэтому на его электродах действует обратное напряжение, близкое к мгновенному значению входного сигнала (рисунок 3).

Постоянная составляющая выпрямленного напряжения при подаче входного напряжения синусоидальной формы  $U_{\text{вх}} = U_m \sin \omega t$ .

$$U_0 = \frac{U_m}{\lambda} = \frac{U\sqrt{2}}{\pi} = 0.318 U_m \approx 0.45 U$$

Диаграммы напряжения и тока представлены на рисунке 3.

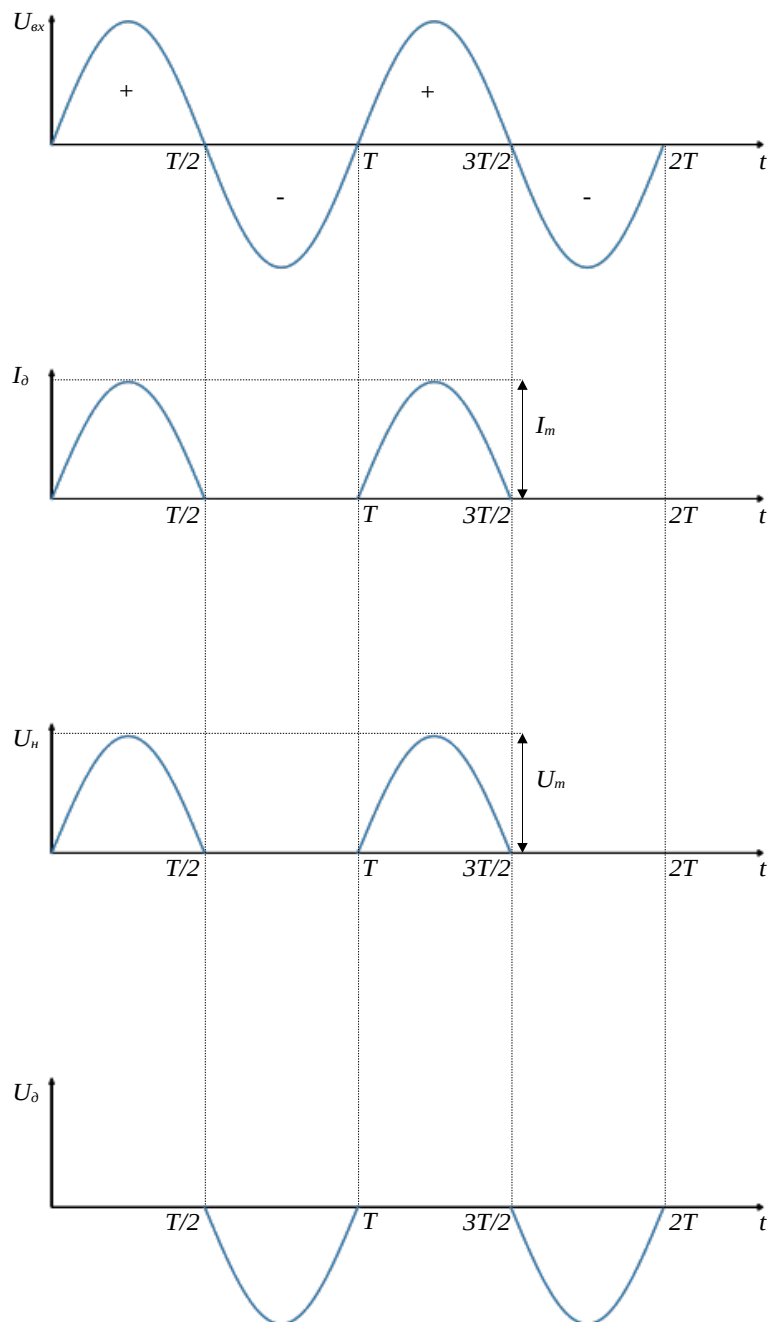


Рисунок 3: Диаграммы напряжения и тока при работе без сглаживающего фильтра

## Емкостной фильтр

В простейшем случае сглаживание может осуществляться за счет присоединения конденсатора  $C_\phi$  параллельно сопротивлению нагрузки  $R_n$  (рисунок 2). Этот конденсатор будет заряжаться в моменты открывания диодов и поддерживать напряжение на нагрузке во время промежутков между импульсами. Такой способ сглаживания напряжения на нагрузке может быть эффективным только в том случае, если величина произведения  $C_\phi R_n$  велика по сравнению с периодом  $T = \frac{1}{f}$ ,  $R_n \gg R_0 + R_z$ , где  $R_z$  — сопротивление генератора.

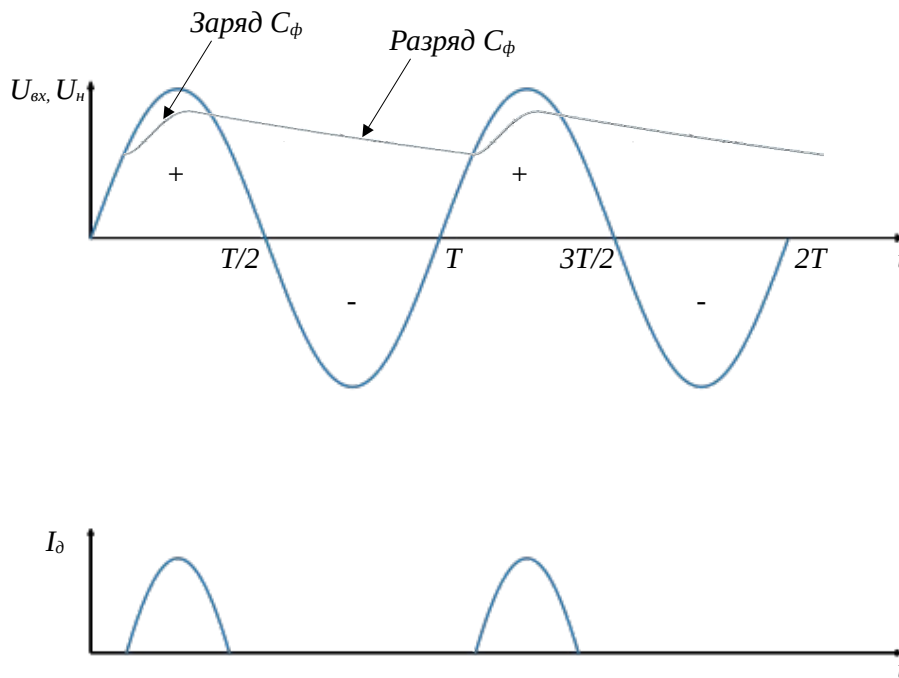


Рисунок 4: Диаграммы напряжения и тока при работе с сглаживающим фильтром

Нетрудно убедиться, что при увеличении  $\tau_p = C_\phi R_n$  переменная составляющая  $U_n$  уменьшается, а  $U_0$  возрастает, т.е.  $K_n$  уменьшается.

Коэффициент пульсации, равный отношению амплитуды основной гармоники к среднему значению выпрямленного напряжения рассчитывается по

формуле:  $K_n = \frac{U_n}{U_c} = \frac{\pi}{2} = 1.57$

## Однофазный мостовой выпрямитель

Анализируя временные диаграммы (рисунок 4), можно сделать вывод, что параметры выходного напряжения выпрямителя можно существенно улучшить, если ток нагрузки будет протекать в оба полупериода действия входного напряжения. Это возможно получить в однофазной двухполупериодной мостовой схеме (рисунок ).

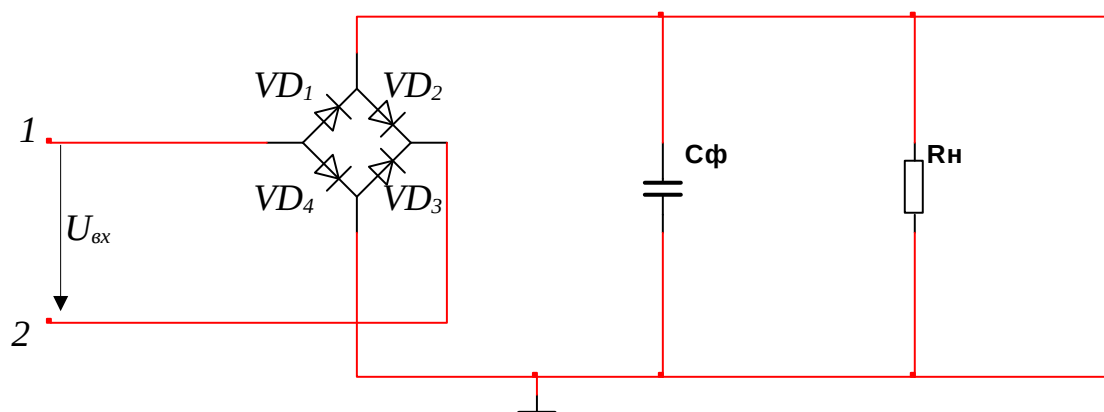


Рисунок 5: Мостовая схема выпрямителя

Диоды  $VD_1 - VD_4$  образуют мост, в одну диагональ которого включено нагрузочное сопротивление  $R_n$ , а в другую – источник выпрямляемого напряжения (вторичная обмотка трансформатора, генератора переменного напряжения и т.д.).

В мостовой схеме в положительный полупериод напряжения сети открываются диоды  $VD_1$  и  $VD_3$  и ток в нагрузку проходит по цепи: точка 1, диод  $VD_1$ , сопротивление  $R_n$ , диод  $VD_3$ , точка 2.

Аноды диодов  $VD_2$  и  $VD_4$  отрицательны, и ток через них не проходит. На электроды каждого диода действует обратное напряжение, близкое к мгновенному значению напряжения сети.

В отрицательный полупериод напряжения сети открываются диоды  $VD_2$  и  $VD_4$ , а ток проходит по цепи: точка 2, диод  $VD_2$ , сопротивление  $R_n$ , диод  $VD_4$ ,

точка 1. Через сопротивление нагрузки в обоих случаях ток протекает в одном направлении.

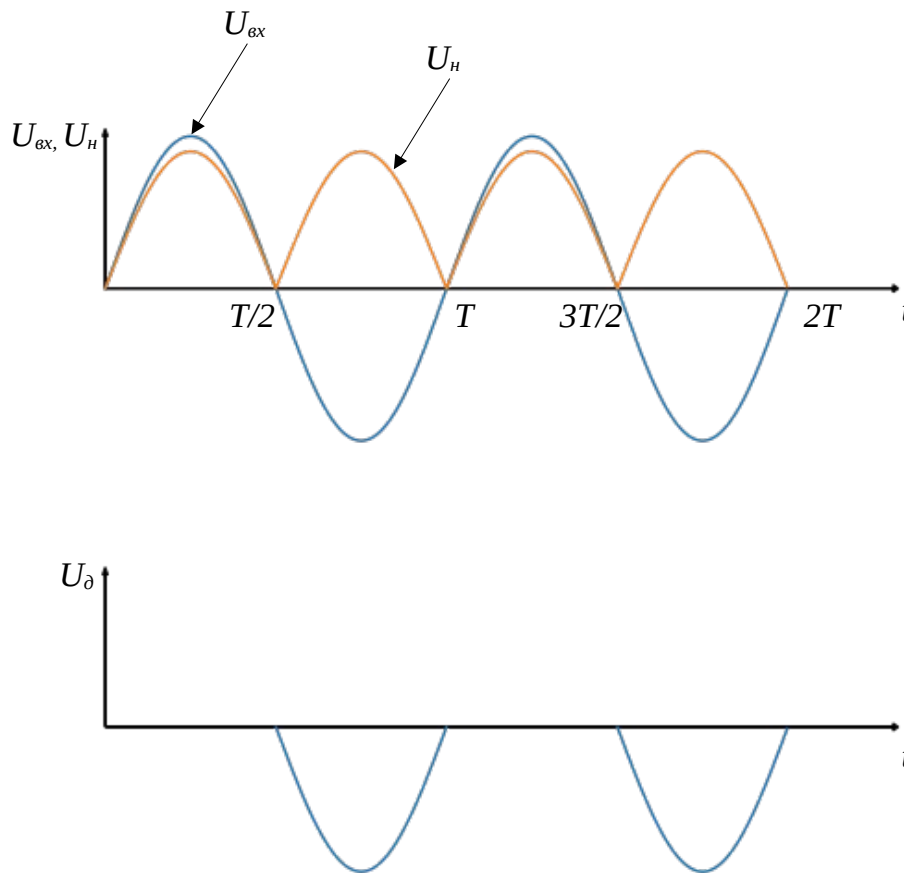


Рисунок 6: Диаграммы напряжения в мостовой схеме выпрямителя без сглаживающего фильтра

Нетрудно заметить, что в данном случае среднее значение напряжения и тока нагрузки будут в два раза больше, чем в однополупериодной схеме:

$$U_0 = \frac{2U_m}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}U}{\pi}, \quad I_0 = \frac{2I_m}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}I}{\pi}.$$

где  $U_m$  и  $I_m$  - амплитудные значения входного напряжения и тока, а  $U$  и  $I$  – их действующие значения.

Из диаграмм (рисунок 6) видно, что частота пульсирующего выходного напряжения в два раза выше частоты входного напряжения  $U_{вх}$ , а коэффициент пульсации в однофазной двухполупериодной схеме равен:  $K_n = \frac{U_n}{U_0} = 0.67$ .

## Внешняя характеристика выпрямителя

Важным показателем выпрямительного устройства, определяющей его эксплуатационные возможности, является внешняя характеристика выпрямителя- графически выраженная зависимость среднего значения выходного напряжения от среднего значения выходного тока (тока нагрузки):

$$U_0 = f(I_0) \text{ .}$$

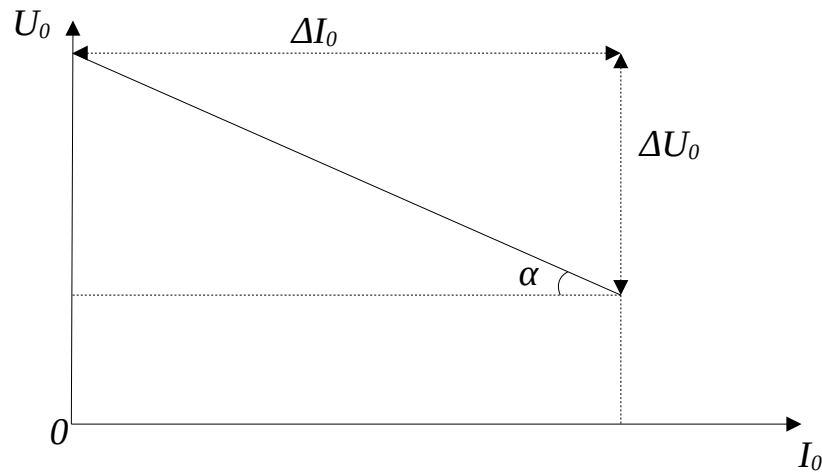


Рисунок 7: Внешняя характеристика выпрямителя

Тангенс угла наклона (угол  $\alpha$ ) внешней характеристики определяет внутреннее сопротивление выпрямителя:  $R_{\text{вн}} = \frac{\Delta U_0}{\Delta I_0} \text{ .}$

## Учебные задания и методические указания к их выполнению

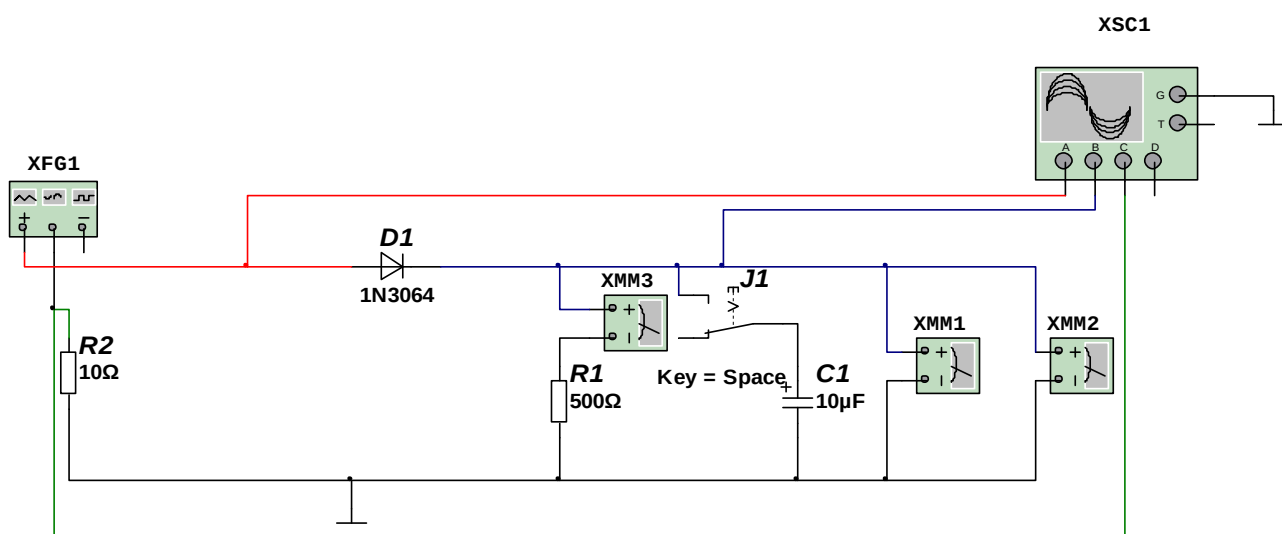


Рисунок 8

### Назначение элементов схемы

- генератор XFG1 задает выходное напряжение и частоту выпрямляемого напряжения;
- резистор  $R_2 = 10$  (Ом) задает выходное сопротивление генератора и позволяет посмотреть форму тока через нагрузку;
- $R_1$  - активное сопротивление нагрузки ( $R_n$ );
- мультиметр XMM3 измеряет средневывпрямленный ток ( $I_o$ );
- $C_1$  ( $C_\phi$ ) - емкость фильтра;
- ключ  $J_1$  дает возможность рассматривать работу выпрямителя, на активную и активно-емкостную нагрузку;
- мультиметр XMM1 измеряет средневывпрямленное напряжение ( $U_o$ ) на нагрузке;
- мультиметр XMM2 измеряет напряжение пульсации ( $U_n$ );
- XSC1 - осциллограф, дает возможность посмотреть процессы на выходе выпрямителя относительно входного сигнала ( $U_{вх}$ );



### Задание 1 Работа однополупериодного выпрямителя на активную нагрузку.

Задать амплитуду генератора  $E_z = 4 + N$  (в вольтах), где  $N$  — номер по списку. Запустить моделирование с нижнем положением ключа  $J_1$  (емкость фильтра отключена). Перенести в отчёт полученную осциллограмму.

### Задание 2 Подключение емкостного фильтра

Подключить емкость фильтра  $C_1 = 10$  мкФ (ключ  $J_1$  в верхнем положении) и также перенести в отчёт полученную осциллограмму.

При изменении сопротивления активной нагрузки заполнить таблицу 1 и построить нагрузочную характеристику выпрямителя.

$$U_o = f(I_o)$$

Таблица 1

$R_H$	400	500	600	700	800	Ом
$U_o$						В
$I_o$						мА

Пример нагрузочной характеристики представлен на рисунке 9.

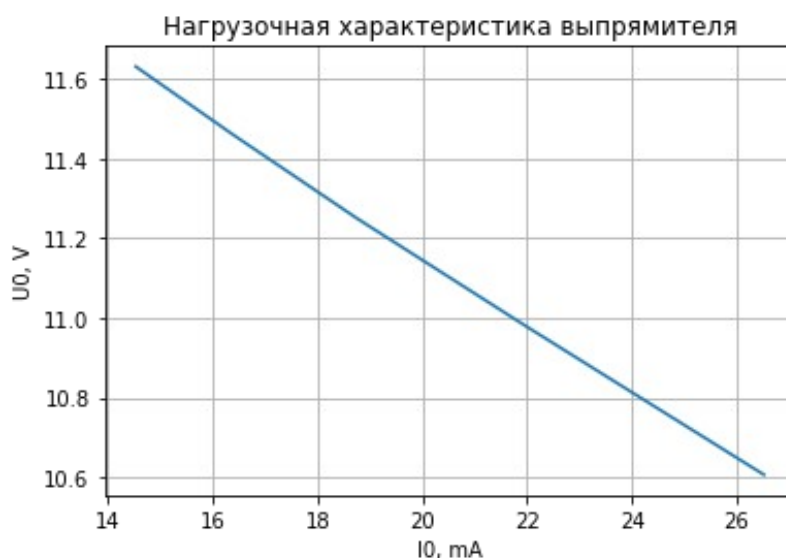


Рисунок 9

### Задание 3 Определение внутреннего сопротивления выпрямителя

Определить внутреннее сопротивление выпрямителя ( $r_{вн}$ ) из табличных данных:  $r_{вн} = \frac{\Delta U_o}{\Delta I_o}$ , где  $\Delta U_o$  и  $\Delta I_o$  — разница между значениями напряжений и тока при  $R_L = 500 \text{ Ом}$  и  $600 \text{ Ом}$ .

### Задание 4 Определение коэффициента пульсации

Заполнить таблицу 2 и построить по полученным значениям зависимость коэффициента пульсации ( $P_{пуль}$ ) от ёмкости фильтра ( $C_\phi$ ).

$$P_{пуль} = \frac{U_n}{U_o} \times 100\%$$

Таблица 2

С <sub>Ф</sub> , мкФ	10	20	50	100	150	500
U <sub>пуль</sub> , В						
U <sub>о</sub> , В						
P <sub>пуль</sub> , %						

Заполнить таблицу 3 и построить зависимость величины пульсирующего напряжения ( $U_{пуль}$ ) от частоты выпрямляющего напряжения при  $R_H = 500 \text{ Ом}$ .

$$U_{пуль} = f(F_\Gamma) \text{ при } C_\phi = 10 \text{ мкФ и } R_H = 500 \text{ Ом}$$

Таблица 3

F <sub>Г</sub> , гЦ	400	500	600	700	800	900	1000
U <sub>пуль</sub> , В							

Объяснить процессы в выпрямителе, отображаемые на 4-канальном осциллографе при  $R_H = 500 \text{ Ом}$  и  $C_\phi = 500 \text{ мкФ}$ .

## Задание 5 Работа двухполупериодного выпрямителя на активную нагрузку

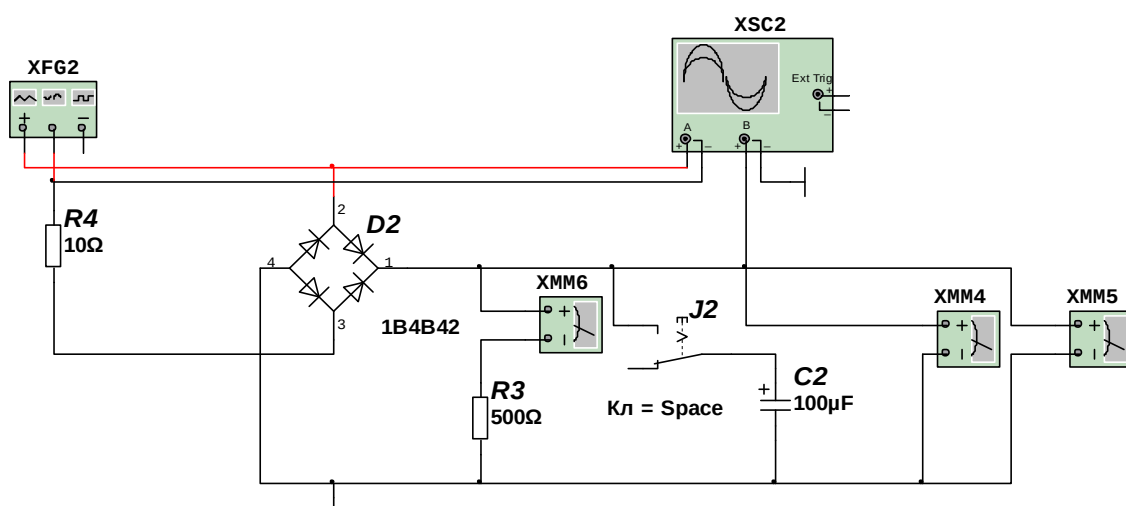


Рисунок 10

Задать амплитуду генератора  $E_2 = 4 + N$  (в вольтах), где  $N$  — номер по списку. Запустить моделирование с нижнем положением ключа  $J_1$  (емкость фильтра отключена). Перенести в отчет полученную осциллограмму.

## Задание 6 Подключение емкостного фильтра

Подключить емкость фильтра  $C_1 = 10$  мкФ (ключ  $J_1$  в верхнем положении) и также перенести в отчет полученную осциллограмму.

При изменении сопротивления активной нагрузки заполнить таблицу 4 и построить нагрузочную характеристику выпрямителя.

$$U_o = f(I_o)$$

Таблица 4

$R_H, \Omega$	400	500	600	700	800
$U_o, V$					
$I_o, A$					

## Задание 7 Определение внутреннего сопротивления двухполупериодного выпрямителя

Определить внутреннее сопротивление выпрямителя ( $r_{вн}$ ) из табличных данных:  $r_{вн} = \frac{\Delta U_o}{\Delta I_o}$ , где  $\Delta U_o$  и  $\Delta I_o$  — разница между значениями напряжений и тока при  $R_L = 500 \text{ Ом}$  и  $600 \text{ Ом}$ .

## Задание 8 Определение коэффициента пульсации

Заполнить таблицу 5 и построить по полученным значениям зависимость коэффициента пульсации ( $P_{пуль}$ ) от ёмкости фильтра ( $C_\Phi$ ) при  $R_H = 500 \text{ Ом}$ .

$$P_{пуль} = \frac{U_n}{U_o} \times 100 \%$$

Таблица 5

С <sub>Ф</sub> , мкФ	10	20	50	100	150	500
U <sub>пуль</sub> , В						
U <sub>о</sub> , В						
P <sub>пуль</sub> , %						

Заполнить таблицу 6 и построить зависимость величины пульсирующего напряжения ( $U_{пуль}$ ) от частоты выпрямляющего напряжения.

$$U_{пуль} = f(F_\Gamma) \text{ при } C_\Phi = 10 \text{ мкФ и } R_H = 500 \text{ Ом}$$

Таблица 6

F <sub>Г</sub> , гЦ	400	500	600	700	800	900	1000
U <sub>пуль</sub> , В							

## Содержание отчёта

1. Наименование и цель работы.
2. Электрические расчётные схемы и схемы цепи, собранные в Multisim.
3. Расчётные формулы, осциллограммы.

4. Графики нагрузочной характеристики, зависимости коэффициента пульсации и зависимости величины пульсирующего напряжения.
5. Таблицы с расчётными и экспериментальными данными.
6. Выводы по работе.