

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫПРЯМИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Цель работы: ознакомиться со схемами выпрямителей и сглаживающих фильтров. Исследовать работу выпрямительного устройства с переменной нагрузкой.

Основные теоретические сведения

Полупроводниковым диодом называют полупроводниковый прибор с одним электрическим *p-n* переходом и двумя выводами. По функциональному назначению диоды делятся на выпрямительные, импульсные, стабилитроны, варикапы, туннельные, фотодиоды, светодиоды и др.

1. Схемы выпрямителей переменного тока

Основным элементом выпрямительного устройства является полупроводниковый диод – прибор, обладающий односторонней проводимостью. Для выпрямителей однофазного переменного тока наиболее широко используют два типа выпрямителей: однополупериодный и двухполупериодный (мостовой).

Схема однополупериодного выпрямителя приведена на рис.3.1.

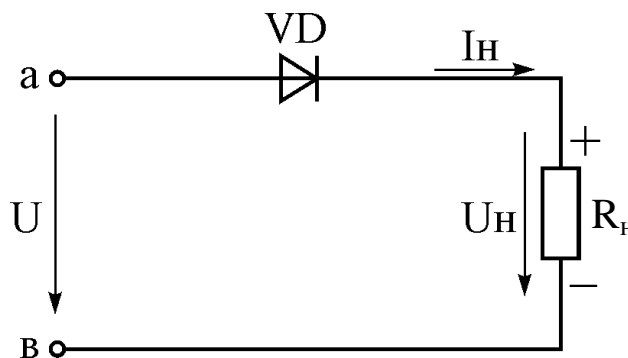


Рисунок 3.1 – Схема однополупериодного выпрямителя

Ток в нагрузочном резисторе R_H появляется только в те периоды времени (или те полупериоды напряжения U), когда потенциал точки «а» положителен по отношению к потенциалу точки «в», т.к. в этом режиме вентиль открыт. Когда же потенциал точки «а» от-

рицателен по отношению к потенциалу точки «в» – вентиль закрыт, ток в нагрузке равен нулю. Таким образом, ток в резисторе имеет пульсирующий характер (рис.3.2).

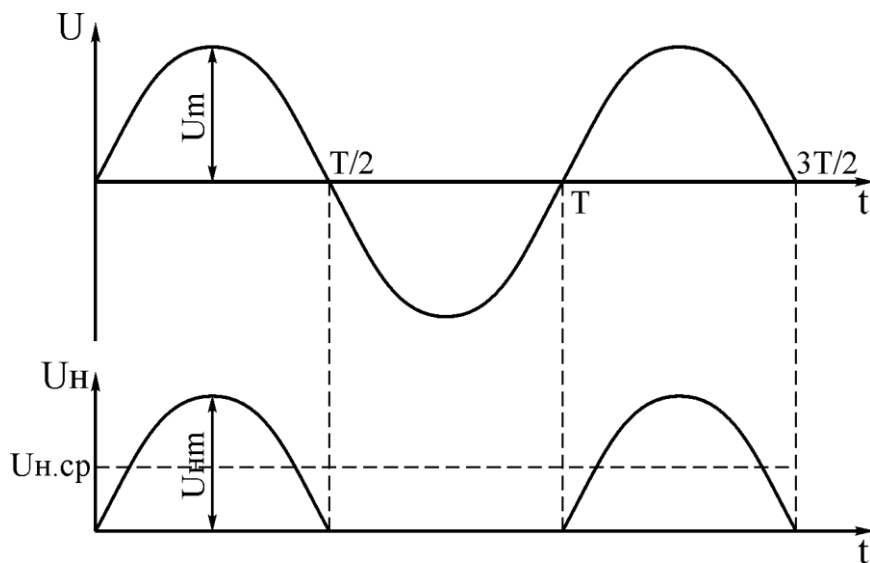


Рисунок 3.2 – Временные диаграммы напряжений однополупериодного выпрямителя

Недостатком однополупериодного выпрямителя является высокий уровень пульсации. Этому недостатка несколько лишен двухполупериодный выпрямитель, в котором используются оба полупериода напряжения сети. Наиболее распространена схема мостового выпрямителя (рис.3.3). К одной из диагоналей моста $VD1-VD4$ подведено переменное напряжение от сети, к другой диагонали подключен нагрузочный резистор.

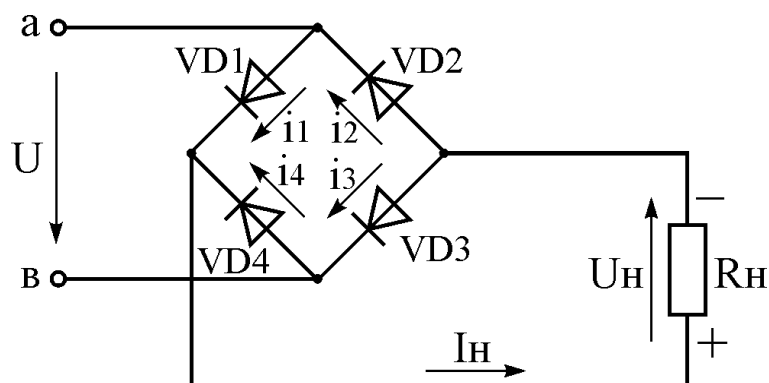


Рисунок 3.3 – Схема двухполупериодного мостового выпрямителя

В течение первого полупериода напряжение сети U , когда потенциал точки «а» положительный по отношению к потенциалу точки «в», диоды $VD1$ и $VD3$ открыты, и через нагрузку R_H протекает ток I_H . В это время диоды $VD2$, $VD4$ закрыты. В другой полупериод, когда потенциал точки «а» отрицателен диоды $VD2$, $VD4$ открыты, а диоды $VD1$, $VD3$ закрыты. Ток через нагрузочный резистор R_H имеет то же направление, что и в предыдущий полупериод напряжения сети (рис.3.4).

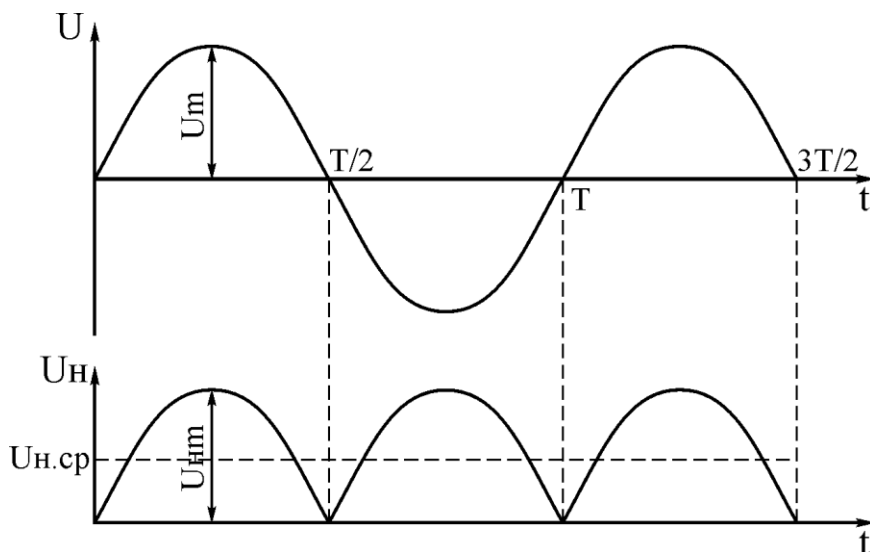


Рисунок 3.4 – Временные диаграммы напряжений мостового выпрямителя

Анализ временных диаграмм показывает, что схема мостового выпрямителя по сравнению со схемой однополупериодного выпрямителя имеет то преимущество, что среднее напряжение $U_{H,ср}$ (а следовательно, и ток) в два раза больше, а пульсации значительно меньше.

2. Сглаживающие фильтры

Как видно из диаграмм напряжений, выпрямленное напряжение на нагрузке имеет пульсирующий характер и является периодическим несинусоидальным напряжением. Оно может быть разложено в ряд на постоянную и гармоническую составляющие. Частота первой (основной) гармоники для однополупериодного выпрямителя равна частоте выпрямленного напряжения (для сети – 50 Гц), а для двухполупериодного выпрямителя – удвоенной частоте вы-

прямоугольного напряжения.

Амплитуда основной гармоники значительно превышает амплитуды других гармоник. Поэтому за коэффициент пульсации P принимают отношение амплитуды основной гармоники выпрямленного напряжения к его постоянной составляющей

$$P \approx \frac{\sim U_{\text{осн}} \cdot m}{U_{\text{н ср}}}.$$

Для однополупериодных выпрямителей без фильтра $P = 1,5$ для двухполупериодных $P = 0,67$.

Коэффициент пульсации напряжения, питающего электронные устройства должен составлять $10^{-4} \dots 10^{-7}$. Таким образом, напряжение, полученное непосредственно с выхода выпрямителя нельзя использовать в качестве питающего напряжения.

Для снижения пульсации до требуемой величины применяют сглаживающие фильтры. Простейшим сглаживающим фильтром является конденсатор. Существуют различные схемы сглаживающих фильтров с использованием активных сопротивлений и конденсаторов, так называемые Г- и П-образные фильтры.

Эффективность фильтров оценивается коэффициентом сглаживания q , равным отношению коэффициентов пульсации на входе и выходе фильтра

$$q = \frac{P_{\text{вх}}}{P_{\text{вых}}}.$$

Емкость фильтра C_{ϕ} включается параллельно нагрузочному резистору $R_{\text{н}}$ (рис.3.5). При таком включении конденсатор C_{ϕ} заряжается через диод VD , до амплитудного значения напряжения $U_{\text{м}}$ (рис.3.6). Когда напряжение на вентиле начинает убывать конденсатор C_{ϕ} разряжается через нагрузку $R_{\text{н}}$.

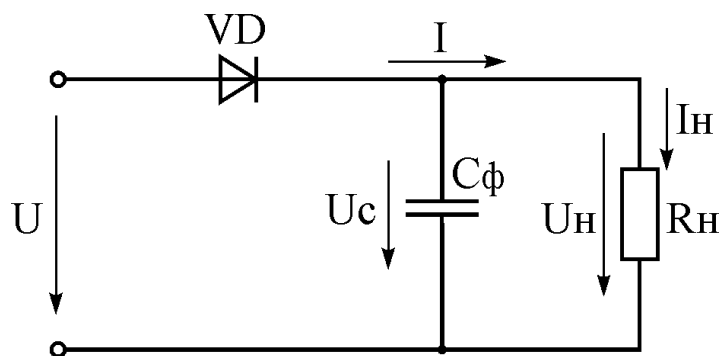


Рисунок 3.5 – Схема включения емкостного фильтра

На рис.3.6 показаны упрощенные временные диаграммы напряжений выпрямителей с емкостным фильтром. Время t_1 соответствует начальному периоду, когда выпрямитель подключается к сети. Конденсатор к концу первой части периода заряжается до амплитудного значения U_m . Во время второй четверти и части третьей четверти (рис.3.6,б) и второй четверти и второго полупериода переменного напряжения (рис.3.6,б) конденсатор разряжается через нагрузку R_n , т.е. отдает часть запасенной электрической энергии в нагрузку (интервал t_2).

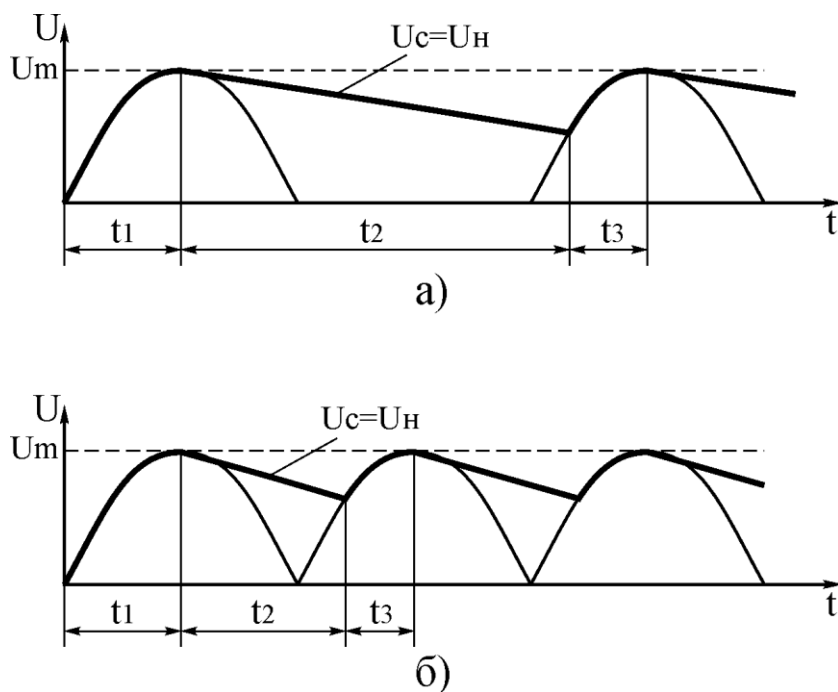


Рисунок 3.6 – Временные диаграммы напряжений выпрямителей с емкостным фильтром: а – однополупериодного; б – двухполупериодного

В конце временного интервала t_2 напряжение $U_C = U_H$ несколько снижается: у однополупериодного больше, а у двухполупериодного – меньше. В период времени t_3 происходит процесс зарядки конденсатора C_ϕ т.к. диод в этот момент открывается, и электрическая энергия вновь подается на C_ϕ и R_H от сети.

Из рисунка видно, что при включении емкостного фильтра напряжение U_H не уменьшается до нуля, а пульсирует в некоторых пределах, увеличивая среднее значение выпрямленного напряжения. Если сопротивление R_H уменьшить (т.е. увеличить I_H), то пульсации на нагрузке и C_ϕ увеличатся.

Обычно емкость C_ϕ выбирают такой величины, чтобы для основной гармоники выпрямленного напряжения сопротивление конденсатора было много меньше R_H , т.е.:

$$\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_{\text{осн}} \cdot C_\phi} \ll R_H \quad \text{или} \quad C_\phi \gg \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_{\text{осн}} \cdot R_H}.$$

Существуют более сложные схемы фильтров для выпрямителей. Таким, например, является Г-образный RC-фильтр (рис.3.7). Этот фильтр обычно применяется, когда ток в нагрузке не превышает нескольких десятков миллиампер.

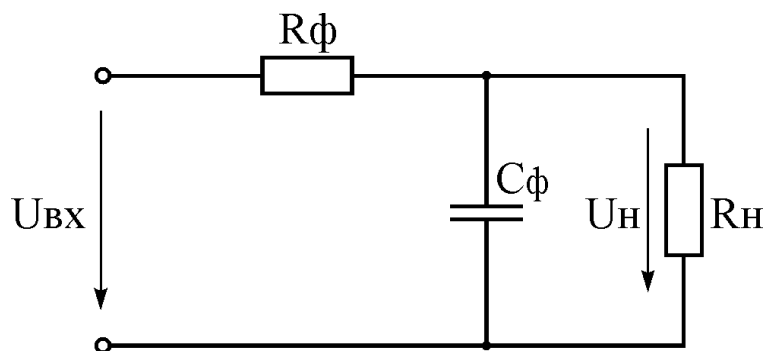


Рисунок 3.7 – Схема Г-образного RC-фильтра

В таком сглаживающем фильтре при $X_{C_\phi} \ll R_\phi$ на резисторе R_ϕ создается значительно большее падение напряжения от переменной составляющей выпрямленного тока, чем от постоянной. Обычно для RC-фильтров выполняется соотношение

$$\frac{R_H}{R_H + R_\Phi} = 0,5 \dots 0,9.$$

Схема Г-образного фильтра позволяет получить значительно меньшие пульсации напряжения на нагрузке, чем применение простейшего емкостного фильтра.

Порядок выполнения работы

Перечень приборов:

- модуль для исследования выпрямительного устройства;
- комбинированный измерительный прибор – 2 шт;
- генератор импульсов FG-32;
- осциллограф GOS-620.

1. Исследование схемы однополупериодного выпрямителя

1.1 Подготовить генератор импульсов FG-32 к работе:

- при помощи ручки «FUNCTION» установить синусоидальную форму импульса;
- при помощи ручек «RANGE» и «FREQUENCY» установить частоту 50...100 Гц;
- установить максимальную амплитуду, повернув ручку «AMPL» по часовой стрелке до упора (ручка «OFFSET» в нажатом положении).

1.2 Собрать схему для исследования работы однополупериодного выпрямителя (рис.3.8). Включить приборы.

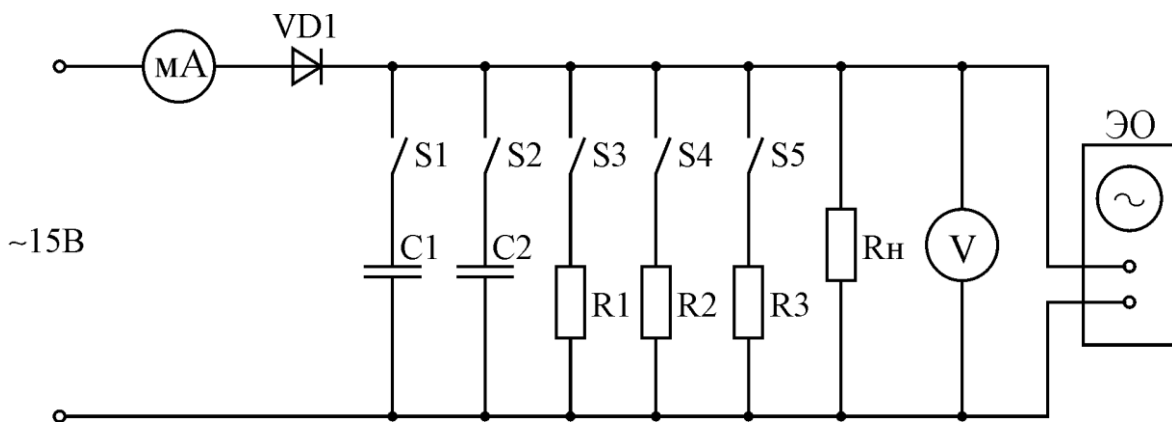


Рисунок 3.8 – Схема для исследования однополупериодного выпрямителя

- 1.3 При разомкнутых переключателях $S1-S5$ зарисовать изображение форм напряжения на экране осциллографа.
- 1.4 Включить $S1$ (емкостной фильтр C_1). Дополнить предыдущий рисунок кривой напряжения, проходящей по вершинам полуволн. Показания приборов занесите в таблицу 3.1.
- 1.5 Замкнуть $S3$ (нагрузка R_1). Дополнить предыдущий рисунок линией, изображающей пульсации напряжения на нагрузке (по аналогии с рис.3.6). Показания вольтметра и миллиамперметра занесите в таблицу 3.1. Повторить предыдущие операции при дополнительном подключении $S4$ и $S5$ (т.е. при увеличении тока в нагрузке).

Таблица 3.1

| Результаты исследования однополупериодного выпрямителя | | | | | | |
|--|---------|---|---|---|---|---|
| | № п.п. | 1 | 2 | 3 | 4 |  |
| C_1 | $U, В$ | | | | | |
| | $I, мА$ | | | | | |
| $C_1 + C_2$ | $U, В$ | | | | | |
| | $I, мА$ | | | | | |

- 1.6 Параллельно конденсатору C_1 подключить C_2 (включить $S2$). Дополнить предыдущую осциллограмму кривыми пульсации при различных нагрузках. Данные измерения занести в таблицу 3.1.

2. Исследование схемы двухполупериодного выпрямителя

- 2.1 Собрать схему для исследования работы мостового выпрямителя (рис.3.9).

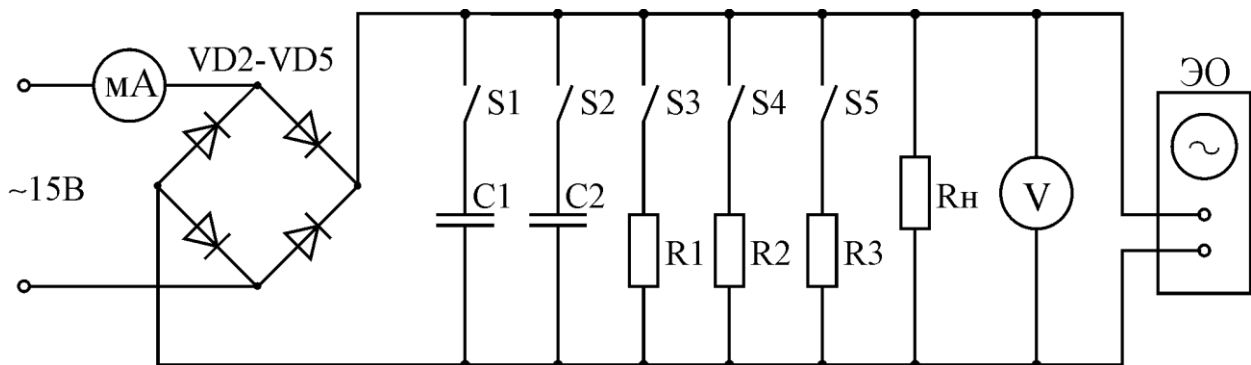
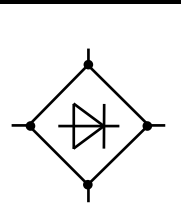


Рисунок 3.9 – Схема для исследования мостового выпрямителя

2.2 Зарисовать осциллограмму напряжения и занести результаты измерений в таблицу 3.2 аналогично пунктам 1.3-1.6.

Таблица 3.2

Результаты исследования мостового выпрямителя

| | № п.п. | 1 | 2 | 3 | 4 |  |
|-------------|---------|---|---|---|---|---|
| C_1 | $U, В$ | | | | | |
| | $I, мА$ | | | | | |
| $C_1 + C_2$ | $U, В$ | | | | | |
| | $I, мА$ | | | | | |

2.3 Построить (на одном графике) внешние характеристики однополупериодного и мостового выпрямителей: $U_n = f I_n$.

2.4 По полученным осциллограммам определить во сколько раз величина пульсации напряжения на нагрузке (при включенном C_1) в мостовом выпрямителе меньше, чем в однополупериодном.

Контрольные вопросы к работе

1. Какие элементы содержит выпрямительное устройство?
2. Какова роль конденсатора, подключаемого параллельно сопротивлению нагрузки?
3. Изобразить процесс сглаживания пульсаций напряжения в однополупериодном выпрямителе с простейшим фильтром.
4. Изобразить процесс сглаживания напряжения в двухполупериодном выпрямителе.
5. Изобразить, что происходит на осциллограмме при увеличении нагрузки при включённом сглаживающем фильтре и без него.