

## Лабораторная работа № 6.8

### Исследование работы полупроводниковых выпрямителей с помощью осциллографа

**Принадлежности:** Низковольтный источник переменного напряжения, Электронный осциллограф, установка с однополупериодным и мостовым выпрямителем.

**Цель работы:** Исследовать работу выпрямителей и сглаживающего фильтра.

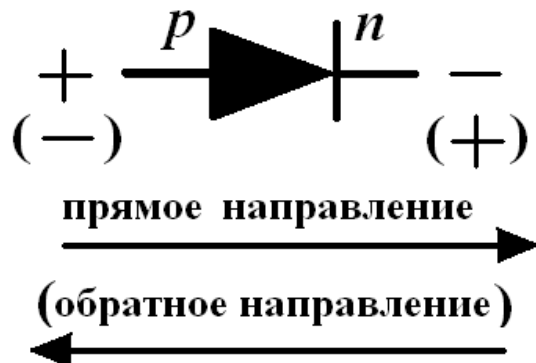
#### Теоретические сведения.

Прежде, чем приступить к изучению данной лабораторной работы, ознакомьтесь со свойствами  $p$ -  $n$ -перехода (см., например, Гаркуша И.П. Элементы физики полупроводников: учеб пособие:– Д.: Национальный горный университет, 2012.– 74 с )

Контакт двух полупроводников, один из которых имеет дырочную, а другой – электронную проводимости ( $p$ - $n$  - переход) обладает односторонней (вентильной) проводимостью. Это означает, что при приложении к контакту внешнего электрического поля, он пропускает ток практически только в одном направлении.

На схемах полупроводниковый (кристаллический) диод обозначается следующим образом:

(буквы  $p$  и  $n$  не ставятся, здесь проставлены для пояснения).



Прямое (пропускное) направление тока получается, если «+» подавать на  $p$ -область, а «-» подавать на  $n$ -область.

Противоположное подключение диода (показано в скобках) называется запирающим (обратным).

Это свойство диода используется для выпрямления переменного тока.

**Выпрямители** переменного напряжения используются в блоках питания радиоэлектронных устройств для преобразования переменного напряжения в постоянное. Схема любого выпрямителя содержит 3 основных элемента:

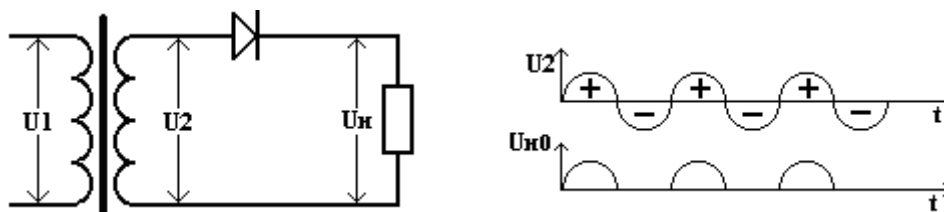
- Силовой трансформатор – устройство для понижения или повышения напряжения питающей сети.
- Выпрямительный элемент (полупроводниковый диод, вентиль), имеющий одностороннюю проводимость – для преобразования переменного напряжения в пульсирующее.
- Фильтр – для сглаживания пульсирующего напряжения.

Выпрямители, применяемые для однофазной бытовой сети, выполняются по таким схемам.

## Однополупериодный выпрямитель.

Это самый простой выпрямитель. Подключение выпрямителя к источнику переменного тока осуществляется непосредственно или с помощью согласующего трансформатора.

Принципиальная схема и осциллограммы напряжения приведены на рисунке

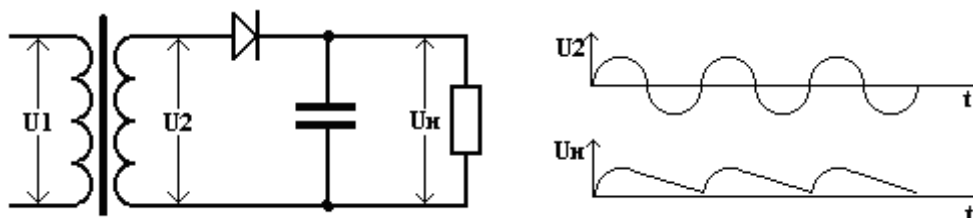


$U_2$  – напряжение на вторичной обмотке трансформатора,  
 $U_{n0}$  – напряжение на нагрузке в отсутствие фильтра.

Как видно на осциллограммах *напряжение* со вторичной обмотки трансформатора *проходит через диод* на нагрузку *только в положительные полупериоды* переменного напряжения, т.е. в те половины периода, когда на *p*-область поступает «+». В отрицательные полупериоды диод закрыт. Пульсации выпрямленного напряжения довольно значительны.

Сглаживание пульсаций осуществляется при помощи *фильтра*, включаемого между выпрямителем и нагрузочным сопротивлением. Задачей фильтра является пропускание постоянной составляющей тока через нагрузочное сопротивление и устранение переменной составляющей.

В простейшем случае *фильтр состоит из одного конденсатора*, включенного параллельно нагрузке. В течение времени, когда через диод проходит ток, конденсатор заряжается, а в остальное время разряжается через нагрузку. Напряжение в нагрузку подается только с заряженного в предыдущий полупериод конденсатора



$U_n$  – напряжение на нагрузке с применением фильтра.

Из сравнения осциллограмм видно, что пульсации напряжения на нагрузке сглаживаются. Чем больше нагрузочное сопротивление, тем меньше ток разряда конденсатора, тем медленнее спадает на нем напряжение и тем лучше сглаживаются пульсации.

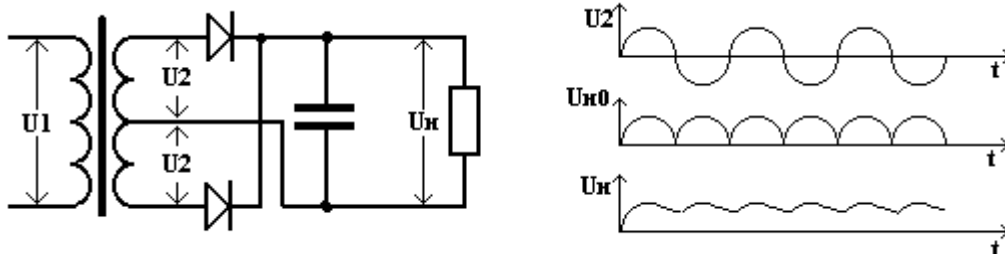
Недостатками такой схемы выпрямления являются: высокий уровень пульсации выпрямленного напряжения, низкий КПД, значительно большая, чем в других схемах, мощность трансформатора.

Данная схема выпрямителя применяется редко и только в тех случаях, когда выпрямитель используется для питания цепей с небольшим током потребления.

### Двухполупериодный выпрямитель с нулевой точкой.

Принципиальная схема и осциллограммы напряжения приведены на рисунке. Обозначения:

$U_2$  – напряжение на одной половине вторичной обмотки трансформатора,  
 $U_{н0}$  – напряжение на нагрузке в отсутствие конденсатора,  
 $U_n$  – напряжение на нагрузке с применением фильтра.



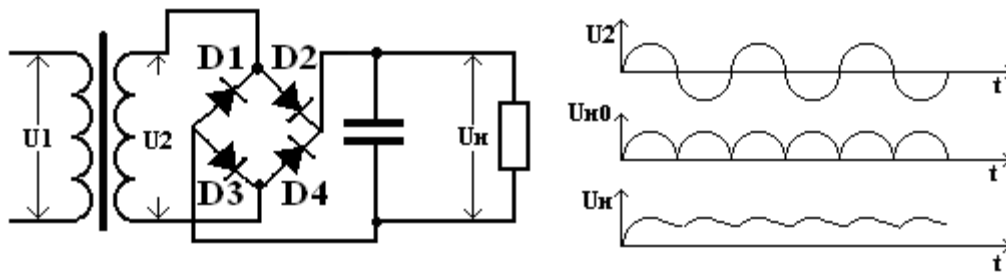
В этом выпрямителе используются два диода, имеющие общую нагрузку и две одинаковые вторичные обмотки трансформатора(или одну со средней точкой).

Практически схема представляет собой два однополупериодных выпрямителя, имеющих два разных источника и общую нагрузку. В одном полупериоде переменного напряжения ток в нагрузку проходит с одной половины вторичной обмотки через один диод, в другом полупериоде – с другой половины обмотки, через другой диод.

Эта схема выпрямителя имеет в 2 раза меньше пульсации по сравнению с однополупериодной схемой выпрямления. К недостаткам относится более сложная конструкция трансформатора.

### Мостовая схема выпрямителя.

Четыре диода, собранные как указано на рисунке, образуют так называемый мост. Принципиальная схема выпрямителя и осциллограммы напряжения приведены на рисунке



$U_2$  – напряжение вторичной обмотки трансформатора,  
 $U_{н0}$  – напряжение на нагрузке в отсутствие конденсатора,  
 $U_n$  – напряжение на нагрузке с применением фильтра.

Пусть в **первую половину периода** на верхний вывод вторичной обмотки трансформатора поступает «+», на нижний конец поступает «-». Ток проходит по следующей цепи: верхний вывод вторичной обмотки – диод D2 – верхний вывод нагрузки – нагрузка – нижний вывод нагрузки – диод D3 – нижний вывод вторичной обмотки – обмотка.

Во **вторую половину периода** на верхний вывод вторичной обмотки трансформатора поступает «-», на нижний конец поступает «+». Ток проходит по следующей цепи: нижний вывод вторичной обмотки – диод D4 – верхний вывод нагрузки - нагрузка – нижний вывод нагрузки – диод D1 – верхний вывод вторичной обмотки – обмотка.

Как видим, в обоих случаях направление тока через нагрузку одинаково.

Основная особенность данной схемы – использование одной обмотки трансформатора при выпрямлении обоих полупериодов переменного напряжения.

По сравнению с однополупериодной схемой мостовая схема имеет в 2 раза меньший уровень пульсаций, а по сравнению с двухполупериодной схемой мостовая имеет более простую конструкцию трансформатора при таком же уровне пульсаций.

### Задание.

1. Зарисовать с экрана осциллографа осциллограммы для разных схем выпрямления.
2. Сравнить полученные результаты.
3. Ответить на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы.

1. Каков механизм электронной примесной проводимости полупроводников? дырочной примесной проводимости?
2. Поясните физические процессы, происходящие в  $p-n$  – переходе.
3. Чем отличается однополупериодный выпрямитель от двухполупериодного?
4. Поясните работу мостовой схемы.
5. Каково назначение сглаживающего фильтра?.