

# *Лекция №8 Виды диодов*

# Выпрямительный диод

**Выпрямительный диод** — это полупроводниковый прибор с одним p-n переходом и с двумя электродами, который служит для преобразования переменного тока в постоянный. применяются в цепях управления, коммутации, в ограничительных и развязывающих цепях, в источниках питания для преобразования (выпрямления) переменного напряжения в постоянное, в схемах умножения напряжения и преобразователях постоянного напряжения, где не предъявляются высокие требования к частотным и временным параметрам сигналов

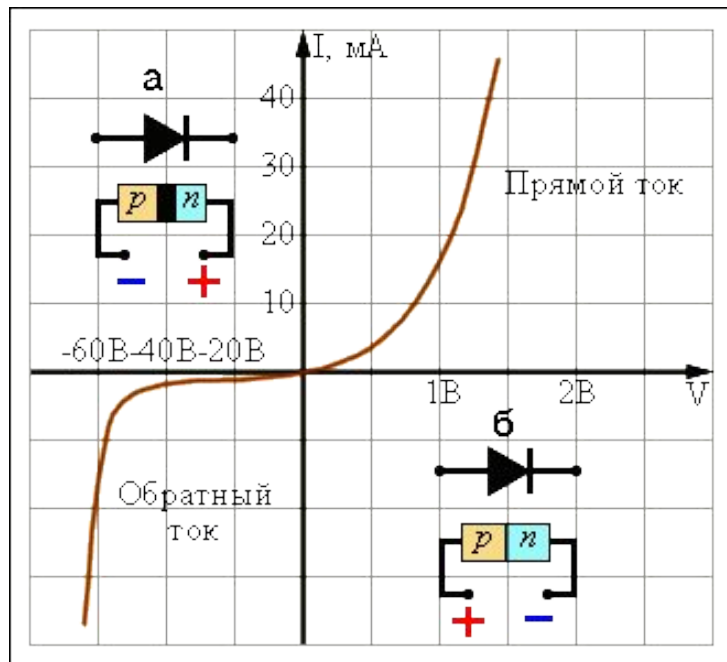


Рисунок 1 –ВАХ выпрямительного диода.



Рисунок 2 –УГО выпрямительного диода.

# Свойства выпрямительных диодов

## Параметры выпрямительных диодов:

- Максимальное обратное напряжение;
- Средний прямой ток – максимальная величина прямого тока (при длительном воздействии), делятся на 3 группы:
  - маломощные диоды ( $I_{np.cр.} \leq 0,3 \text{ A}$ ),
  - диоды средней мощности ( $0,3 \text{ A} < I_{np.cр.} < 10 \text{ A}$ ),
  - мощные (силовые) диоды ( $I_{np.cр.} \geq 10 \text{ A}$ ) – требуют отвода тепла, поэтому устанавливаются на радиатор;
- Импульсный ток – максимальная величина прямого тока (при импульсном воздействии, величина больше среднего тока);
- Ток утечки – средний обратный ток диода;
- Падение напряжения;
- Дифференциальное сопротивление;
- Средняя рассеиваемая мощность;
- Частотный рабочий диапазон – предельная частота выпрямительных диодов не превышает 20 кГц;
- Рабочий диапазон температур окружающей среды – для кремниевых диодов обычно от  $-60$  до  $+125 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- Максимальная температура корпуса;
- Коэффициент выпрямления – чем он больше, тем лучше диод делает свою работу:

$$k = \frac{I_{\text{ПРЯМ}}}{I_{\text{ОБР}}}$$

*Диоды Шоттки относятся к выпрямительным диодам!*

# Подключение выпрямительных диодов

Однополупериодный выпрямитель:

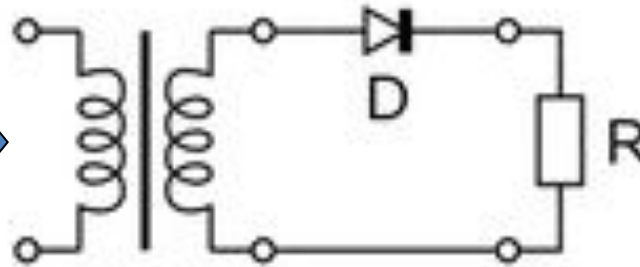
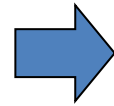
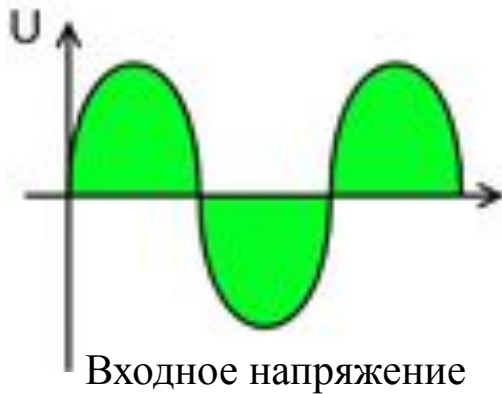
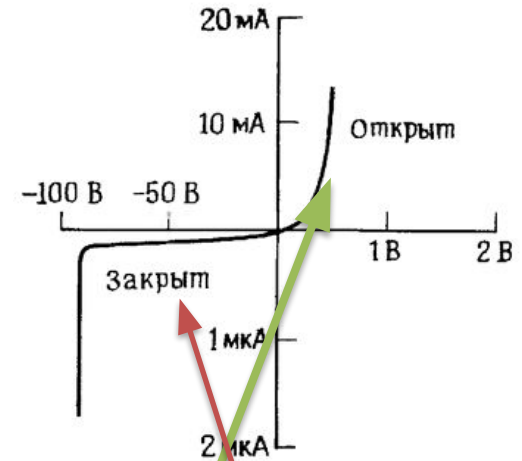
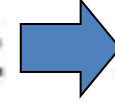
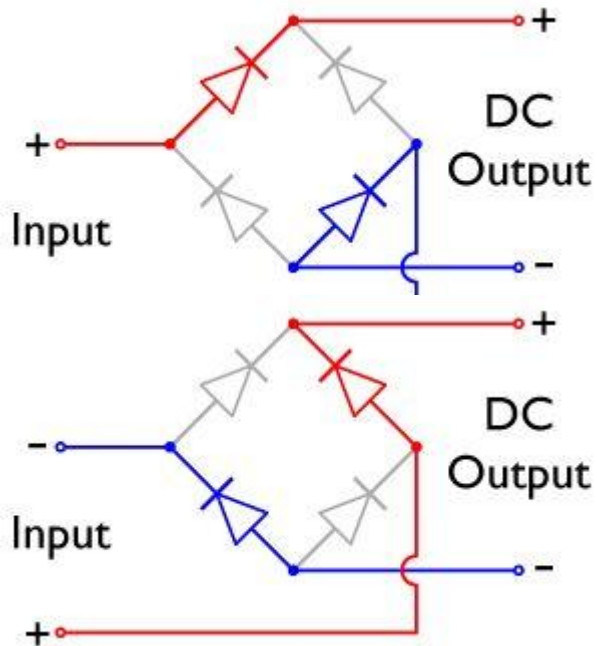


Рисунок 3 –Схема выпрямителя.

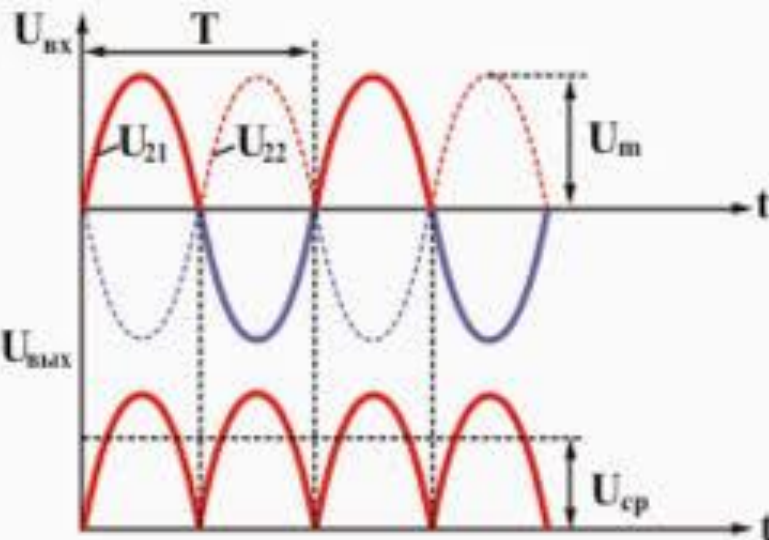


# Подключение выпрямительных диодов

Двухполупериодный выпрямитель (диодный мост):



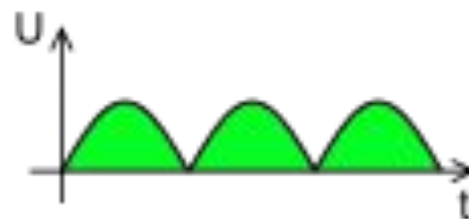
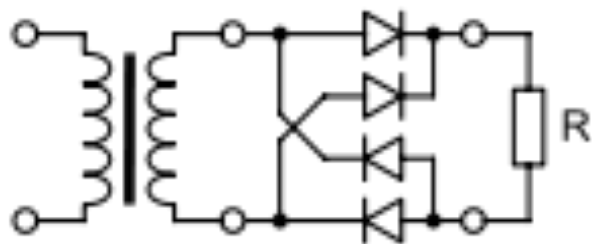
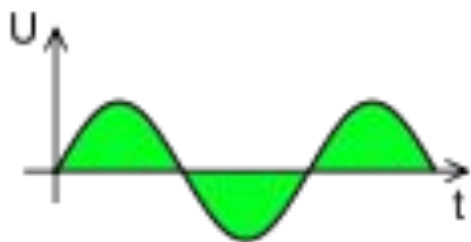
Входное напряжение



Выходное напряжение

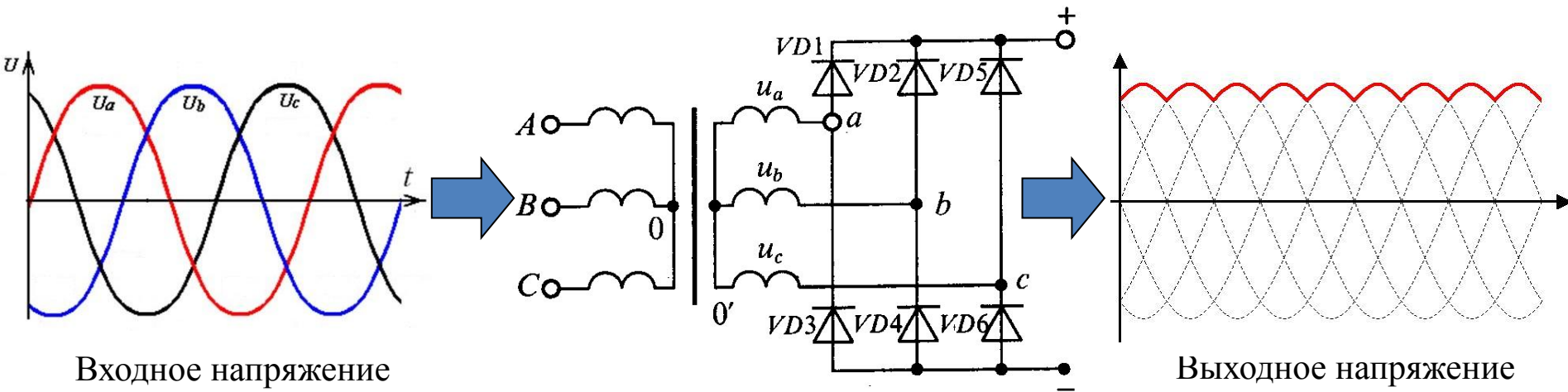
Выпрямленное выходное напряжение нельзя считать сигналом постоянного тока, так как в нем много пульсаций. Выходное напряжение необходимо сгладить или отфильтровать для получения линии близкой к прямой.

Альтернативное изображение диодного моста:



# Подключение выпрямительных диодов

Трехфазный мостовой выпрямитель:



Входное напряжение

Выходное напряжение

Рисунок 4 –Схема выпрямителя.

В схеме трехфазного выпрямительного моста выходное напряжение получается с меньшими пульсациями, чем в однофазном выпрямителе.

$$U_{\text{ВЫХ}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ВХ}}$$

# Туннельный диод

**Туннельный диод** – это полупроводниковый диод на основе вырожденного полупроводника, у которого на прямой ветви вольтамперной характеристики имеется падающий участок, обладающий отрицательным дифференциальным сопротивлением.

**Вырожденный полупроводник** – это полупроводник с высокой концентрацией примеси, порядка  $(10^{19} - 10^{20}) \text{ см}^3$  (в обычных полупроводниках концентрация примесей не превышает  $10^{17} \text{ см}^3$ ).

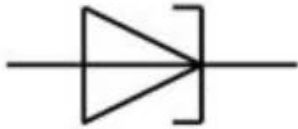


Рисунок 5 – УГО туннельного диода.

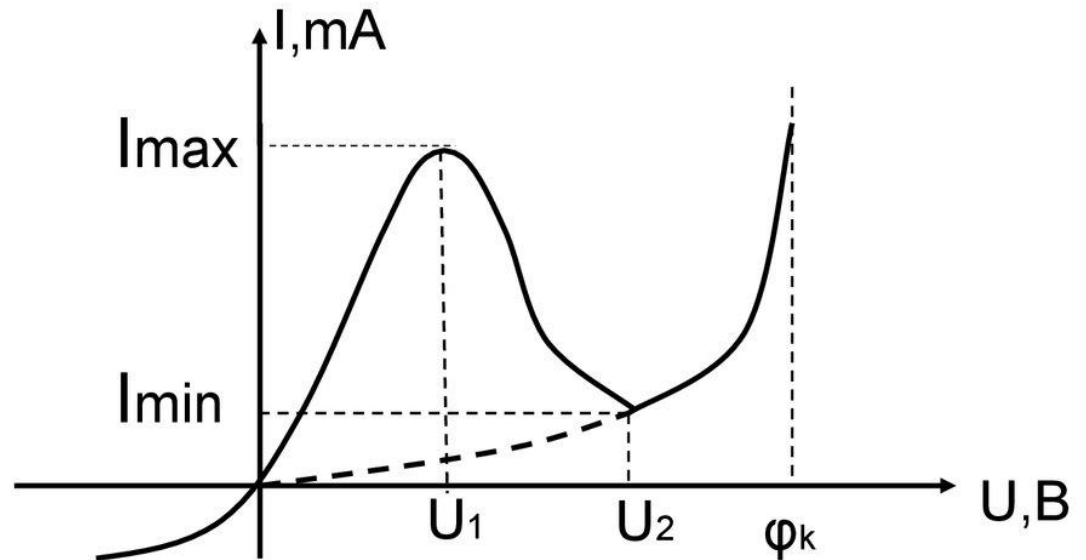


Рисунок 6 – ВАХ туннельного диода (прямая ветвь).

## Особенности структуры туннельного диода:

– толщина *p-n*-перехода очень мала (около 10 мкм, что на два порядка меньше, чем в обычных диодах) за счет наличия большого кол-ва примесей;

# Параметры туннельных диодов

- ❑ пиковый ток ( $I_n$ ) – максимально возможный прямой ток, величина которого может достигать сотен мА;
- ❑ напряжение пика ( $U_n$ ) – напряжение, характерное для пикового тока: для германиевых диодов =(40-60) мВ, для арсенид-галиевых =(100-150) мВ;
- ❑ ток впадины ( $I_g$ ) – минимальное значение прямого тока в точке минимума ВАХ;
- ❑ напряжение впадины ( $U_B$ ) –напряжение, характерное для пикового тока: для германиевых диодов =(250-350) мВ, для арсенид-галиевых =(400-500) мВ;
- ❑ отношение токов ( $I_n / I_g$ ) – отношение токов пика и впадины: для германиевых диодов =(3-6), для арсенид-галиевых =10;
- ❑ напряжение раствора ( $U_{pp}$ ) – прямое напряжение, большее напряжения впадины, при котором ток равен пиковому;
- ❑ отрицательная дифференциальная проводимость в центре падающего участка – может достигать сотен миллиампер на вольт.



# Свойства туннельных диодов

**К плюсам данного элемента можно отнести следующие моменты:**

- особая ВАХ;
- высокое быстродействие в купе с минимальной инерционностью;
- повышенная устойчивость к ионизированному излучению;
- минимальное потребление энергии от источника питания (до 30 милливольт).

**К минусам же относятся следующие аспекты:**

- Изделие подвержено значительному «старению», что приводит к существенному изменению заявленных характеристик с течением времени.
- Туннельный диод - крайне чувствительный элемент, поэтому его нельзя: перегревать (например, паяльником), прозванивать, а переносить необходимо только в специальных контейнерах.

# Опорный стабилитрон

**Стабилитрон (диод Зенера)** – диод, сконструированный для работы в режиме электрического пробоя.

Стабилитрон **предназначен** для стабилизации уровня постоянного напряжения в схеме при изменении в некоторых пределах протекающего через него обратного тока.

Если величина обратного тока через стабилитрон не превышает максимального значения ( $I_{ст. макс}$ ), то происходит электрический пробой, который не приводит к порче диода и может воспроизводиться в течение десятков и сотен тысяч часов.

При превышении величины максимального обратного тока, в стабилитроне происходит лавинообразный пробой, который выводит его из строя.

**В качестве исходного материала при изготовлении стабилитронов используют кремний**, поскольку обратные токи кремниевых  $p-n$ -переходов невелики, а следовательно, нет условий для саморазогрева полупроводника и теплового пробоя  $p-n$ -перехода.

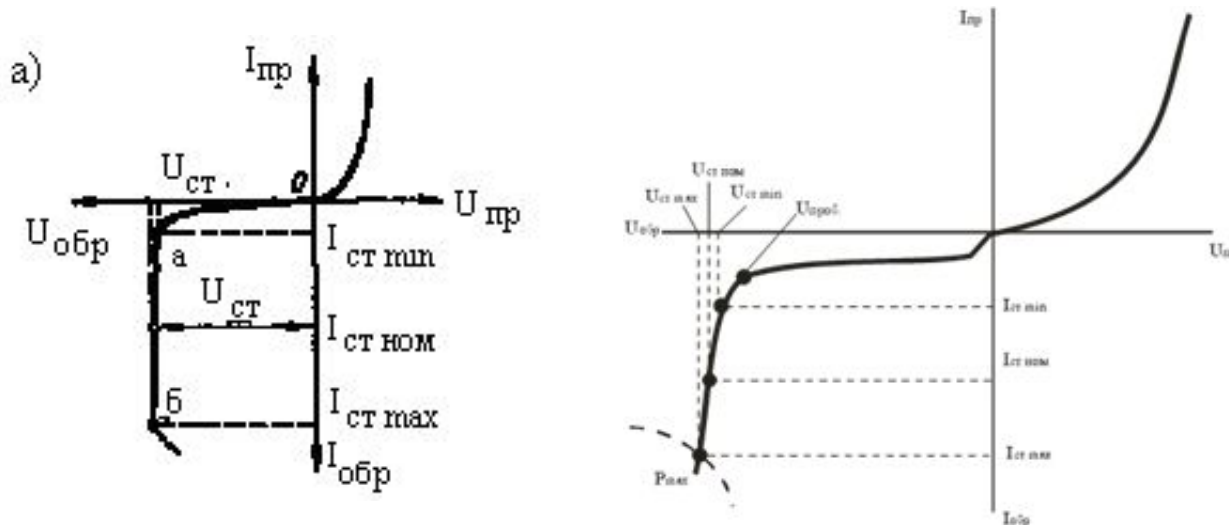


Рисунок 7 – ВАХ стабилитрона.

Рисунок 8 – ВАХ стабилитрона (более точная).



Рисунок 9 – УГО стабилитрона.

# Включение опорного стабилитрона

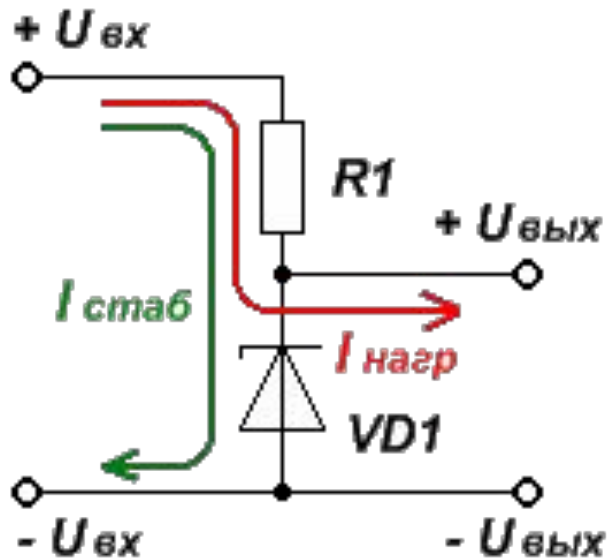


Рисунок 10 – Схема включения стабилитрона.

Нагрузка подключается параллельно стабилитрону, следовательно напряжение на нагрузке равно напряжению на стабилитроне.

Резистор  $R_1$  выбирается таким образом, чтобы не превысить максимальный обратный ток стабилитрона при отключенной нагрузке.

Существует минимальный ток стабилитрона, при котором происходит стабилизация напряжения. Следовательно, ток стабилитрона должен всегда оставаться выше этого значения.

Ток нагрузки должен не превышать величины  $(I_{ст.маx} - I_{ст.мин})$ .

Входное напряжение должно быть больше, чем напряжение стабилизации.

# Свойства опорного стабилитрона

## Основные параметры стабилитрона:

- ❑ номинальное напряжение стабилизации ( $U_{ст\ ном}$ ) — напряжение на стабилитроне в рабочем режиме (при заданном токе стабилизации);
- ❑ минимальный ток стабилизации ( $I_{ст.min}$ ) — наименьшее значение тока стабилизации, при котором режим пробоя устойчив;
- ❑ максимально допустимый ток стабилизации ( $I_{ст.max}$ ) — наибольший ток стабилизации, при котором нагрев стабилитрона не превышает допустимые пределы;
- ❑ дифференциальное сопротивление ( $z_{ст}$ ) — отношение приращения напряжения стабилизации к вызывающему его приращению тока стабилизации;
- ❑ максимально допустимый прямой ток ( $I_{max}$ );
- ❑ максимально допустимый импульсный ток ( $I_{пр.и\ max}$ );
- ❑ максимально допустимую рассеиваемую мощность ( $P_{max}$ );
- ❑ ТКН – температурный коэффициент напряжения стабилизации.

Уровень напряжения стабилизации определяется величиной напряжения пробоя ( $U_{обр.пр}$ ), который зависит от ширины  $p-n$ -перехода, а следовательно, от степени легирования кремния примесью.

Для получения низковольтных стабилитронов используется сильнолегированный кремний.