

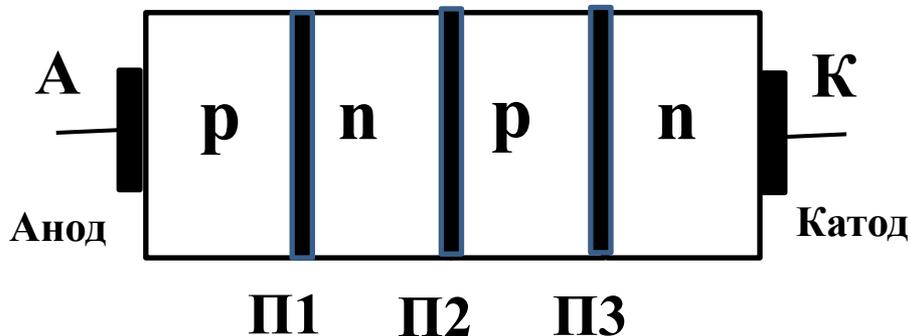
ТИРИСТОРЫ

Тиристор – полупроводниковый прибор с двумя устойчивыми состояниями и тремя или более последовательно включенными **p-n** переходами (П1, П2, П3).

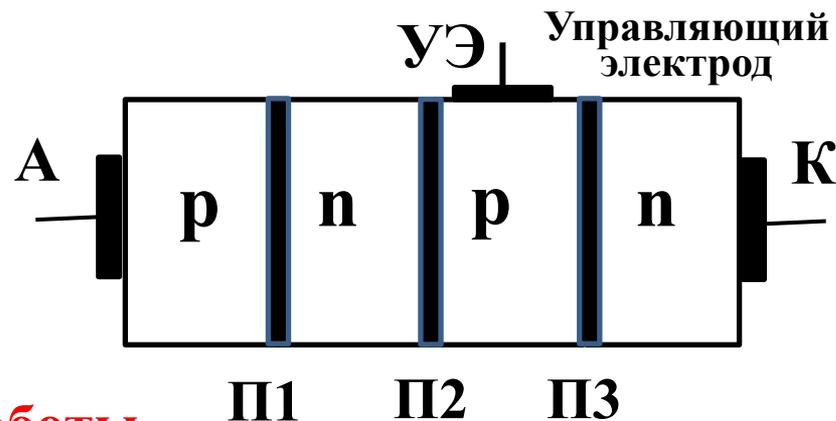
- По способу действия тиристор можно сравнить с переключателем или ключом.
- Переключается тиристор при помощи напряжения, а отключается пропаданием тока или снятием нагрузки.
- Принцип работы тиристора можно представлять как ключ с электрическим управлением

Тиристоры

Диодный тиристор



Триодный тиристор



Принцип работы

- При плавном увеличении напряжения (U) на электродах (+ к **А**, - к **К** → П1 и П3 - открыты, П2 - закрыт) тиристор закрыт, ток мал.

- При достижении U , равном **$U_{вкл}$** , П1, П2, П3 открыты, тиристор включается, ток резко возрастает.

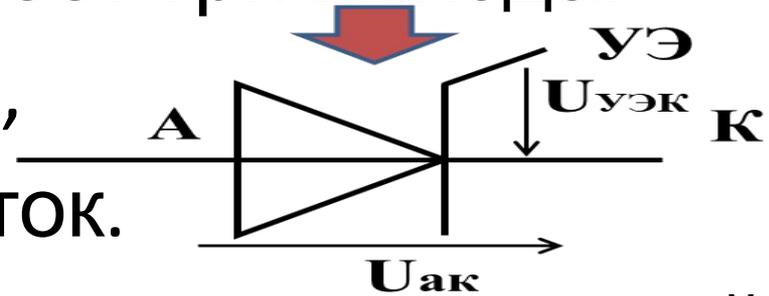
- При уменьшении U процессы происходят в обратном порядке и при достижении **$U_{выкл}$** тиристор выключается.

Подавая напряжением на УЭ

(+ $U_{упр}$) можно изменять **$U_{вкл}$** .

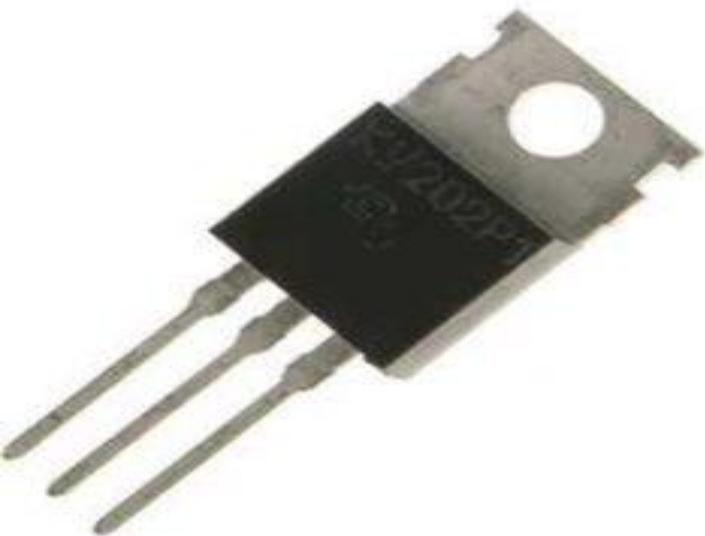
Устройство тиристора

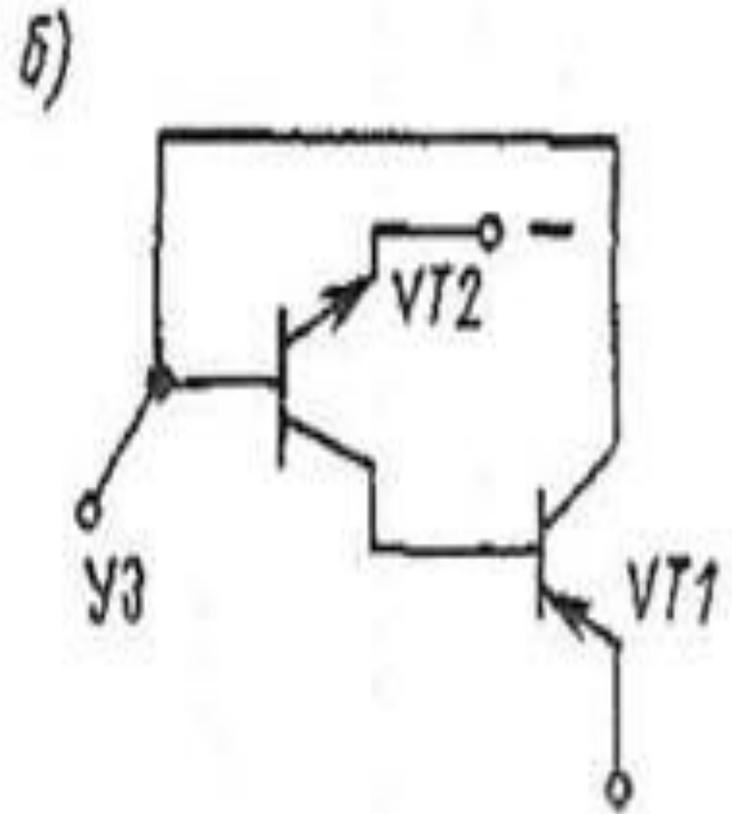
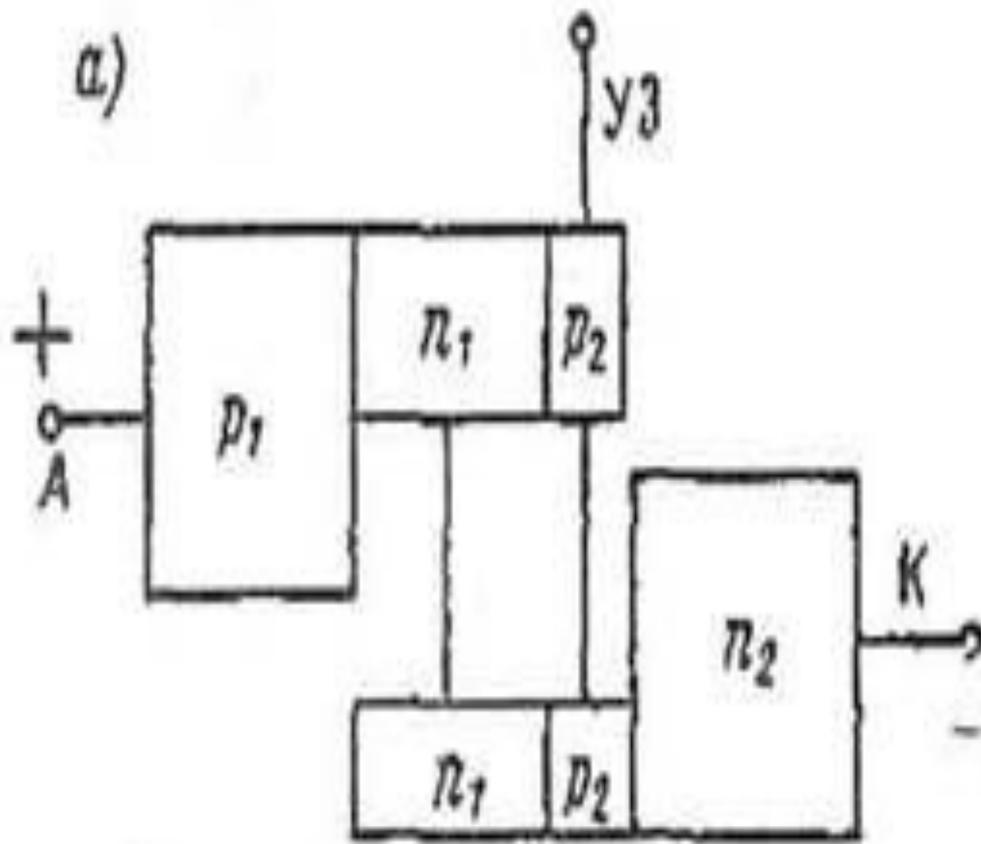
- Тиристор, как правило, имеет три выхода.
- Один управляющий и два, через которые протекает ток.
- При подаче напряжения на управляющий выход, коммутируется цепь через анод-коллектор.
- Тиристор сравним с транзистором. Только с той разницей, что у транзистора величина пропускаемого тока зависит от поданного на управляющий вывод напряжения, а тиристор либо полностью открыт, либо полностью закрыт.



Внешний вид тиристора

Элементы времен Советского Союза — металлические, с тремя выводами. Два вывода — катод и управляющий электрод с одной стороны. Электрод управления меньше по размерам. Анод может находиться с противоположной стороны от катода, или торчать вбок из-под шайбы, на корпусе. Современные тиристоры это небольшой пластиковый прямоугольник с металлической пластиной сверху и тремя выводами-ножками снизу. В описании указаны какой из выводов А,



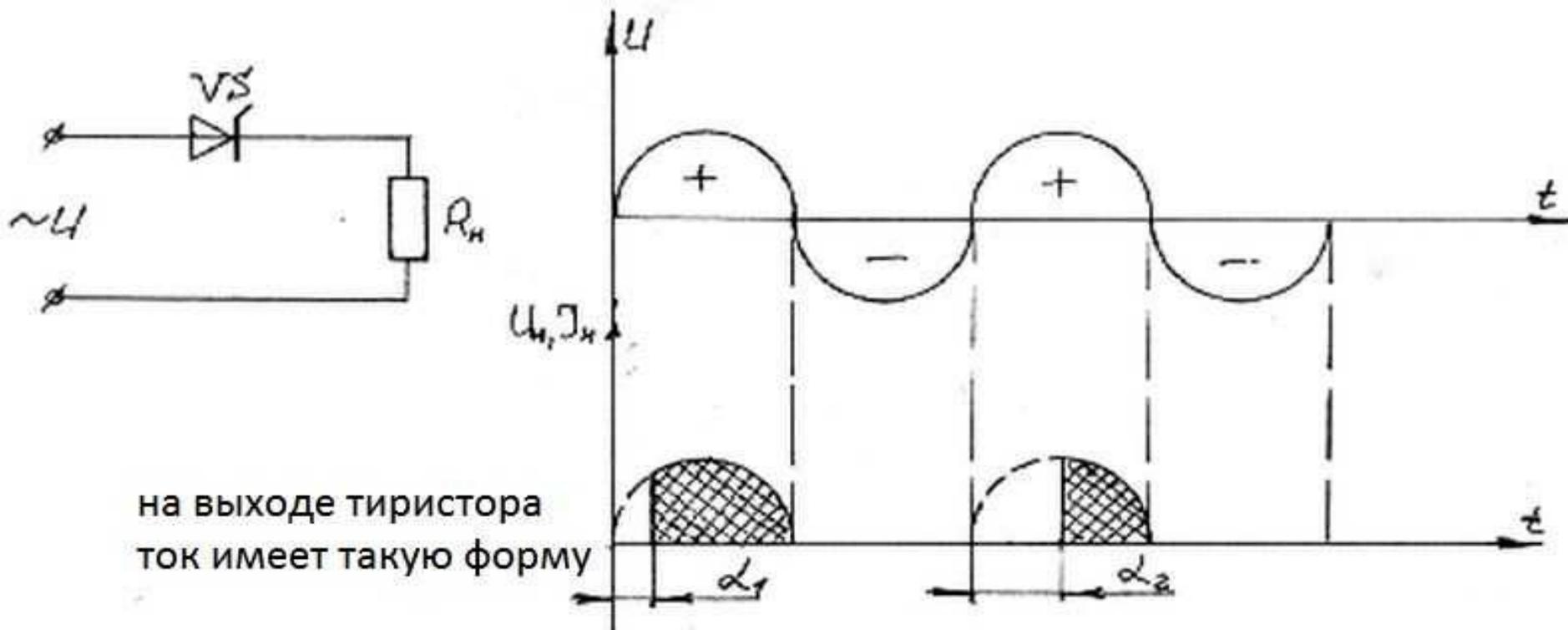


Тиристор можно представить в виде **двух транзисторов**, связанных между собой, каждый из которых работает в активном режиме.

Принцип работы

По принципу действия, тиристор можно сравнить с диодом. Пропускать ток он будет в одном направлении — от анода к катоду, но происходить это будет только в состоянии «открыто».

Если сравнивать с диодом то есть существенные отличия в выходном напряжении.



Принцип работы тиристора

- Стартовое состояние элемента — закрыто. «Сигналом» к переходу в состояние «открыто» является появление напряжения между анодом и управляющим выводом.
- Вернуть тиристор в состояние «закрыто» можно двумя способами:
 - снять нагрузку;
 - уменьшить ток ниже тока удержания (одна из технических характеристик).

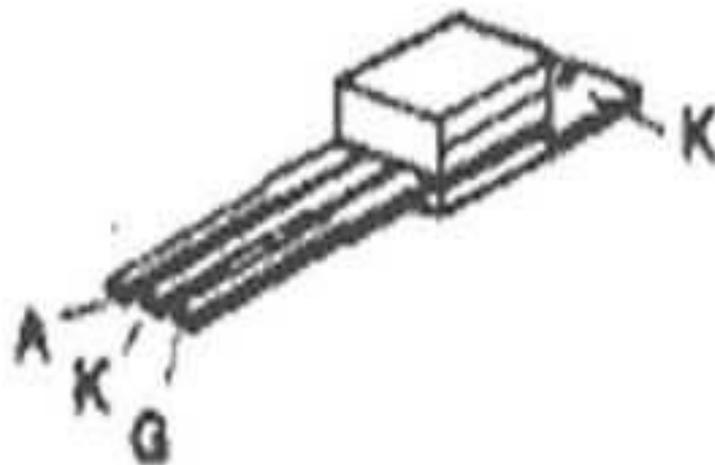
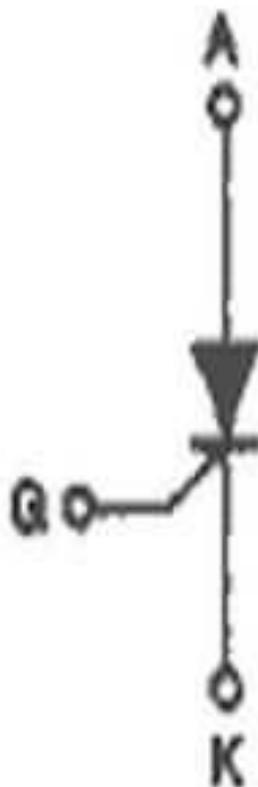
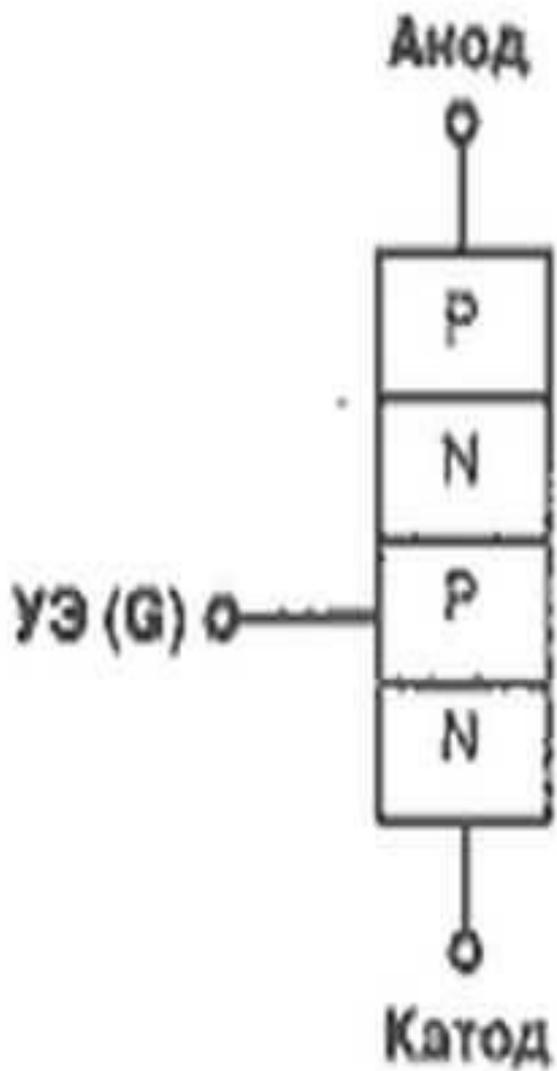
Работа тиристора в схемах с постоянным напряжением

После кратковременного появления напряжения между анодом и управляющим выводом, элемент переходит в состояние «открыто».

Далее может быть два варианта развития событий:

- Состояние «открыто» держится даже после того, как напряжение анод-выход управления пропало. Такое возможно если напряжение, поданное на анод-управляющий вывод, выше чем неотпирающее напряжение. Прекращается прохождение тока через тиристор, фактически только разрывом цепи или выключением источника питания. После восстановления цепи, ток не течет до тех пор, пока на анод-управляющий вывод снова не подадут напряжение.
- Состояние «закрыто» после снятия напряжения

В схемах постоянного тока есть два варианта использования тиристора — с удержанием открытого состояния и без.



Работа тиристора в схемах с переменным напряжением

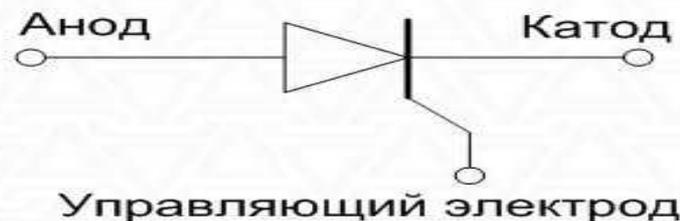
Принцип работы в схемах переменного напряжения существенно отличается.

Возвращение в запертое состояние происходит «автоматически» — при падении силы тока ниже порога удержания.

Если напряжение на анод-катод подавать постоянно, на выходе тиристора получаем импульсы тока, которые идут с определенной частотой. Именно так построены импульсные блоки питания. При помощи тиристора они преобразуют синусоиду в импульсы.

Проверка работоспособности тиристора

Проверить тиристор можно либо при помощи мультиметра, либо создав простенькую проверочную схему. Если при прозвонке иметь информацию о технических характеристиках, можно проверить сопротивление переходов



Прозвонка мультиметром

Переводим прибор в режим прозвонки



Поочередно прикасаемся щупами к парам выводов:

- При подключении щупов к аноду и катоду, прибор должен показывать обрыв. Если отображаются иные показатели хоть в одном направлении, тиристор поврежден.
- Между анодом и управляющим электродом (выводом) должно быть небольшое сопротивление в одном из направлений. В противоположном — обрыв. Если в обоих направлениях или обрыв, или небольшое

Виды тиристоров и их особые

свойства

- Динисторы или диодные тиристоры.
Отличаются тем, что имеют только два вывода. Открываются подачей на анод и катод высокого напряжения в виде импульса. Называют еще «неуправляемые тиристоры».
- Тринисторы или триодные тиристоры. В них есть управляющий электрод, но управляющий импульс может подаваться:
 - *На управляющий выход и катод.* Название — с управлением катодом.
 - *На управляющий электрод и анод.* Соответственно — управление анодом.

По мощности

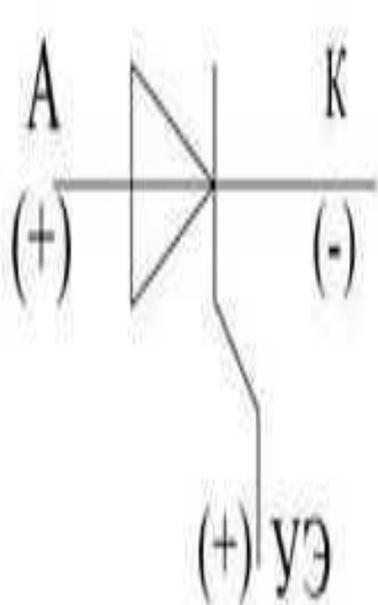
Тиристоры коммутирующие очень большие токи **называют силовыми**.

Небольшие модели малоточных схем — **называют маломощными**.

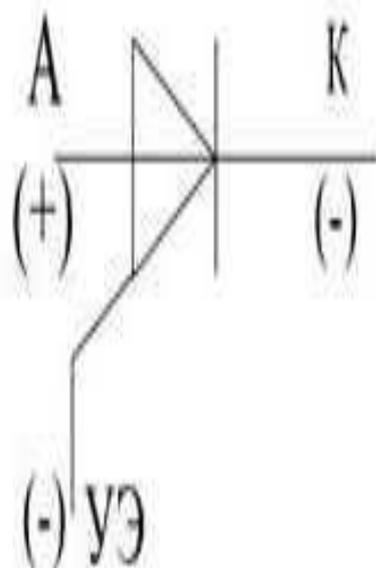
По способу запираения

В одном случае достаточно уменьшения анодного тока ниже уровня тока удержания. В другом случае — подается запирающее напряжение на управляющий электрод.

Незапираемый тиристор

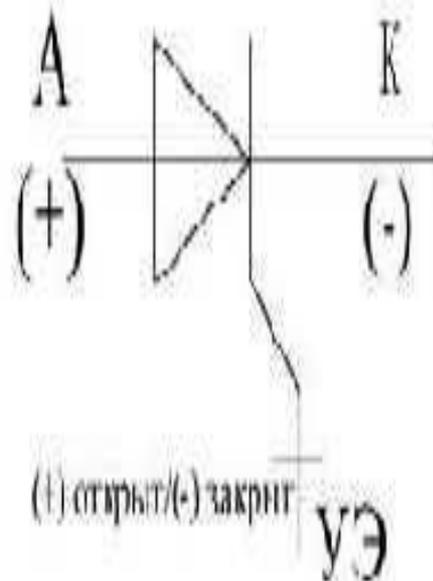


с управлением по катоду

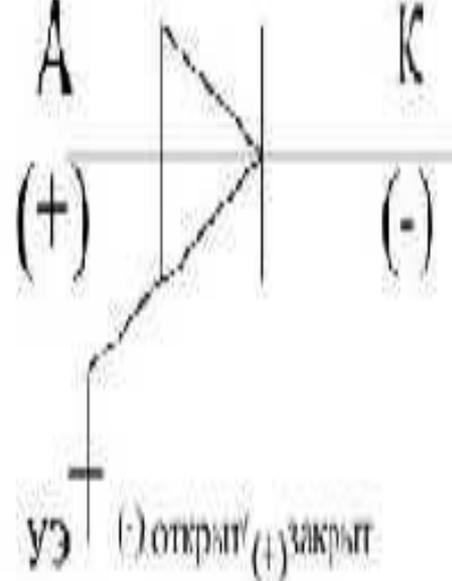


с управлением по аноду

Запираемый тиристор



с управлением по катоду



с управлением по аноду

Классификация по проводимости

- Тиристоры проводят ток только в одном направлении. Обратной проводимости нет.

Но существуют не только такие.

- Имеющие невысокое обратное напряжение, называются обратно-проводящие.
- С ненормируемой обратной проводимостью ставят в схемах, где обратное напряжение возникнуть не может.
- Симисторы или Симметричные тиристоры. Проводят ток в обоих направлениях.

ВИДЫ ТИРИСТОРОВ

Существуют различные виды тиристоров, которые подразделяются, главным образом:

- по способу управления;
- по проводимости:
 - тиристоры, проводящие ток в одном направлении (например, *триностор*, изображённый на рисунке);
 - тиристоры, проводящие ток в двух направлениях (например, симисторы, симметричные динисторы).

Классификация по особым режимам работы

Можно выделить следующие подвиды тиристоров:

- **Запираемые и незапираемые**. Принцип работы тиристора незапираемого немного другой. Он находится в открытом состоянии когда плюс приложен к аноду, минус — на катоде. Переходит в закрытое состоянии при смене полярности.
- **Быстродействующие**. Имеют малое время перехода из одного состояния в другое.
- **Импульсные**. Очень быстро переходит из одного состояние в другое, используется в схемах с импульсными режимами работы.

Основные параметры тиристоров:

- **Максимальный прямой ток.** Значение тока, который может протекать через анод-катод.
- **Максимально допустимый обратный ток.** Указывается не для всех видов, только у обратно-проводящих.
- **Прямое напряжение.** Это максимально допустимое падение напряжения в открытом состоянии при прохождении максимального тока.
- **Напряжение включения.** Минимальный уровень управляющего сигнала, при котором тиристор сработает.
- **Удерживающий ток.** Если ток, протекающий через анод-катод ниже этого значения, устройство переходит в запертое состояние.
- **Минимальный ток управляющего сигнала.** При подаче тока ниже этого значения, элемент не откроется.
- **Максимальный ток управления.** Если превысить этот параметр, p-n переход выйдет из строя.
- **Рассеиваемая мощность.** Определяет величину подключаемой нагрузки.

Вольтамперная характеристика тиристора



К аноду тиристора подали небольшое положительное напряжение. Эмиттерные переходы включены в прямом направлении, а коллекторный в обратном.

Участок от нуля до единицы на вольт-амперной характеристике будет примерно аналогичен обратной ветви характеристики диода. Этот режим можно назвать — **режимом закрытого состояния**

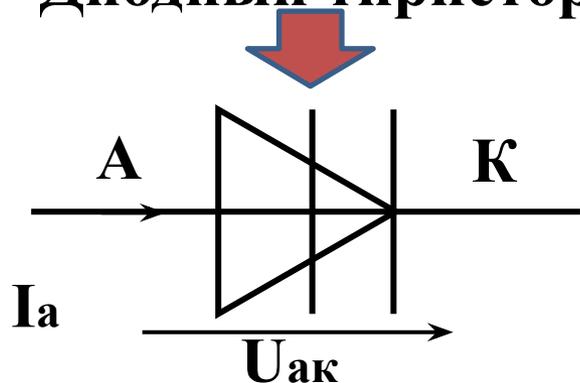
тиристора

- При увеличении анодного напряжения происходит инжекция основных носителей в области баз, тем самым происходит накопление электронов и дырок, что равносильно разности потенциалов на коллекторном переходе.
- С увеличением тока через тиристор напряжение на коллекторном переходе начнет уменьшаться, до определенного значения когда тиристор перейдет в состояние отрицательного дифференциального сопротивления (**участок 1-2**).
- **После чего все переходы сместятся в прямом направлении тем самым переводя тиристор в открытое состояние** (**участок 2-3**).
- В открытом состоянии тиристор будет находится до тех пор, пока коллекторный переход будет смещен в прямом направлении.
- Если же ток тиристора уменьшить, то в результате рекомбинации уменьшится количество неравновесных носителей в базовых областях и коллекторный переход окажется смещен в обратном направлении и тиристор перейдет в закрытое состояние.

При обратном включении тиристора вольт-амперная характеристика будет аналогичной как и у диода

Условное обозначение, вольт-амперные характеристики и параметры тиристоров

Диодный тиристор



I_a

$U_{ак}$

$$I_a = F(U_a)$$

I_a

$I_{уд}$

Выключаются
тиристоры обратным
напряжением $U_{ак}$

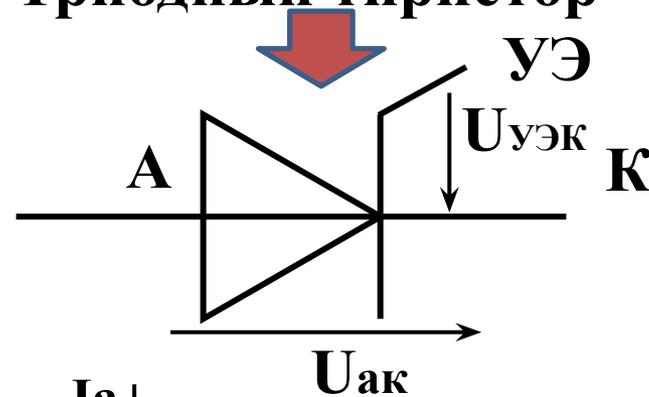
0

$U_{выкл}$

$U_{вкл}$

$U_{ак}$

Триодный тиристор



A

УЭ

$U_{уЭК}$

K

$U_{ак}$

I_a

$I_{адоп}$

Триодный
тиристор
включают по УЭ

$U_{уЭ2} > U_{уЭ1}$

$I_{уд}$

$U_{обрдоп}$

$U_{вкл2}$

$U_{вкл1}$

$U_{ак}$

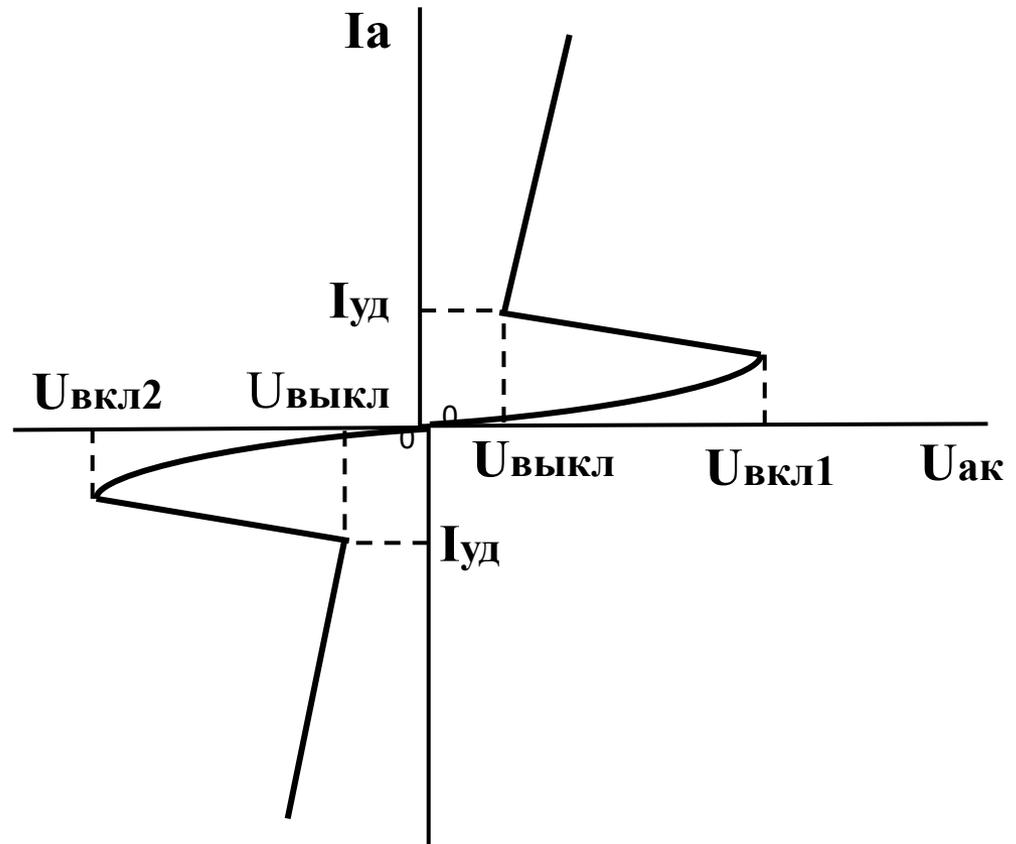
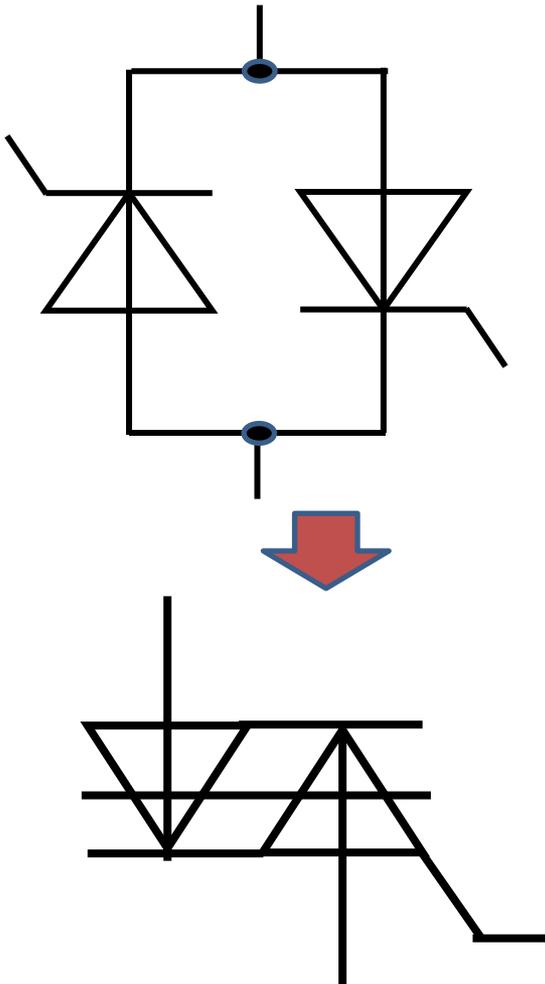
$U_{обрдоп}$ – наибольшее напряжение, которое может быть приложено в обратном направлении.

$I_{а.доп}$ – наибольшее значение постоянного анодного тока в открытом состоянии прибора.

$U_{у.от}$ – напряжение между УЭ и К, соответствующее отпирающему току УЭ.

Симметричные триодные тиристоры (триаки или симисторы)

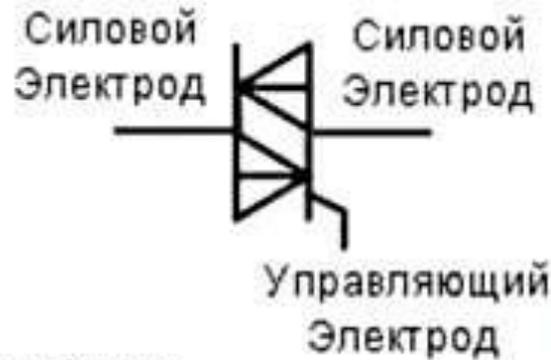
ЭТО тиристоры, которые могут переключаться из закрытого состояния в открытое и наоборот при любых полярностях напряжения на основных электродах (**А** и **К**)



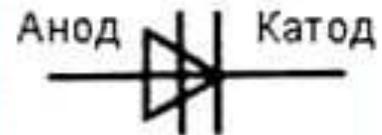
Внешний вид тиристоров



тиристоры



симисторы



динисторы

Пример: КУ202Н кремниевый триодный тиристор, $U_{обр.доп} = 400 \text{ В}$, $I_{адоп} = 10 \text{ А}$, $U_{у.от} \leq 7 \text{ В}$

