

# Общие сведения

**Тиристор** — это четырехслойный полупроводниковый прибор, обладающий двумя устойчивыми состояниями: состоянием **низкой проводимости** (тиристор закрыт) и состоянием **высокой проводимости** (тиристор открыт).

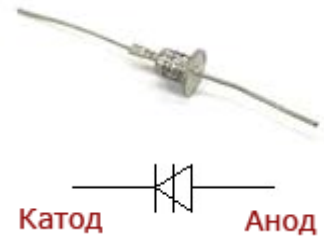
Перевод тиристора из закрытого состояния в открытое в электрической цепи осуществляется внешним воздействием па прибор.

## Типы:

- **диодные:**
- динистор;
  
- **триодные:**
- однооперационный тиристор;
- двухоперационный тиристор;
- фототиристор;
- симистор.

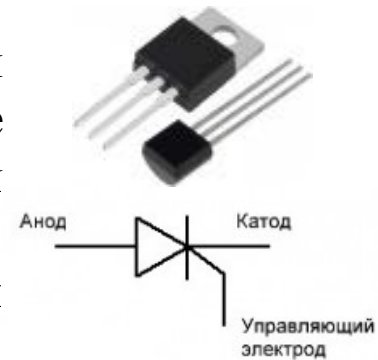
# Типы

В **диодных тиристорах (динисторах)** переход прибора из закрытого состояния в открытое связан с тем, что напряжение между анодом и катодом достигает некоторой граничной величины, являющейся параметром прибора. **Запирание** производится изменением полярности напряжения анод — катод.



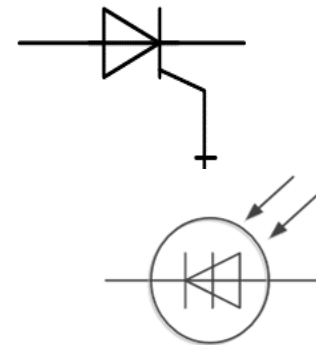
В **триодных тиристорах** управление состоянием прибора производится по цепи третьего — управляющего электрода.

В **однооперационных тиристорах** по цепи управляющего электрода осуществимо **только отпирание** тиристора. С этой целью на управляющий электрод подается положительный относительно катода импульс напряжения.



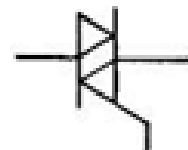
**Запирание** производится изменением полярности напряжения анод — катод.

**Двухоперационные тиристоры** допускают по цепи управляющего электрода как **отпирание**, так и **запирание** прибора. Для запирания на управляющий электрод подается отрицательный импульс напряжения.



В **фототиристорах** отпирание прибора производится с помощью светового импульса.

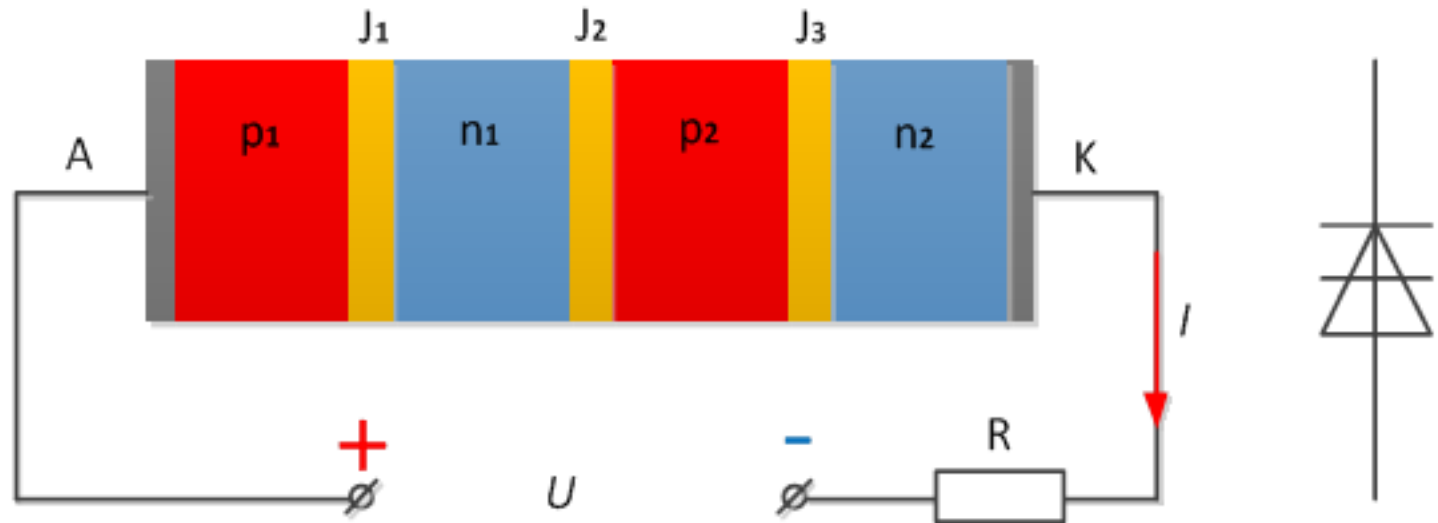
**Симметричный тиристор (симистор)** - прибор, позволяющий проводить ток в обоих направлениях.



# Динистор. Устройство

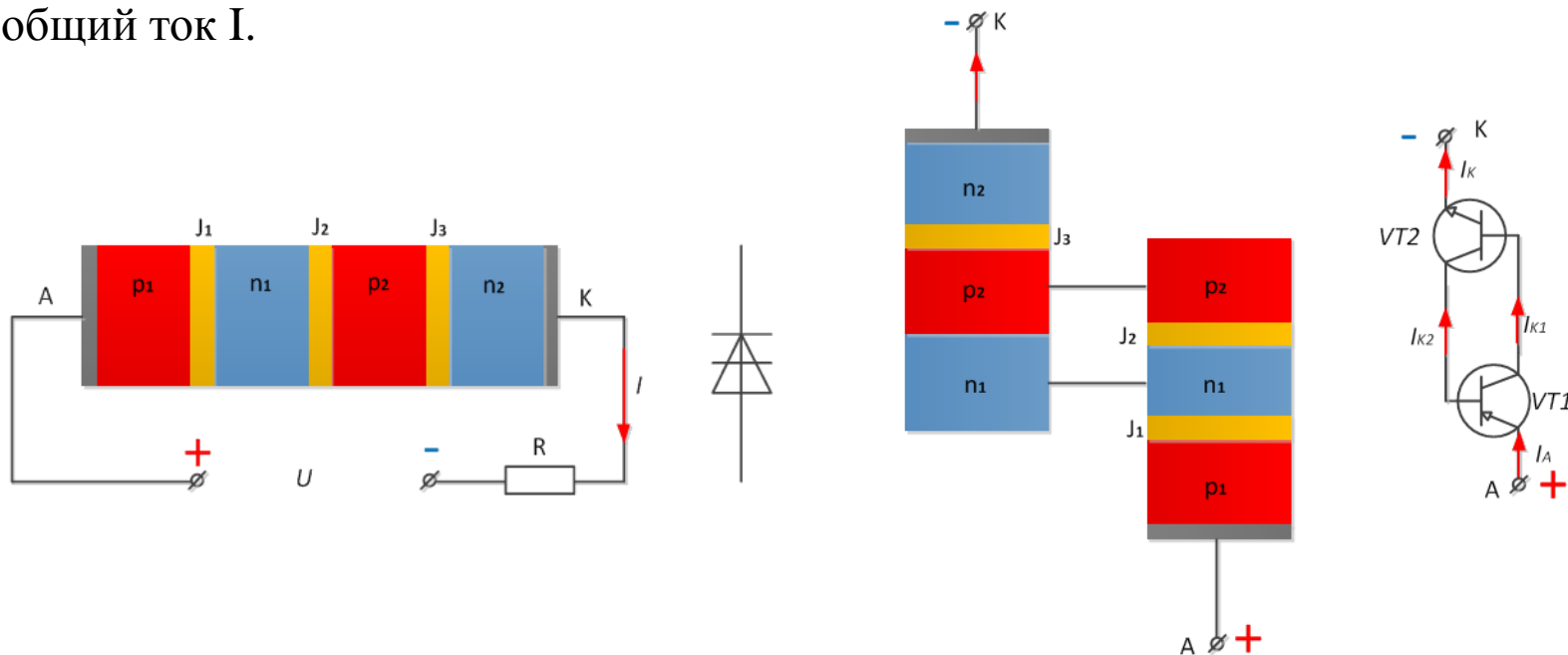
Динистор представляет собой монокристалл полупроводника, в котором созданы четыре чередующиеся области с различным типом проводимости  $p_1 - n_1 - p_2 - n_2$ .

- Крайние переходы ( $J_1$  и  $J_3$ ) называются **эмиттерными**, а области, примыкающие к ним, - **эмиттерами**.
- Средний  $p$ - $n$ -переход ( $J_2$ ) называется **коллекторным**.
- Внутренние  $n_1$ - и  $p_2$ -области структуры называются **базами**.
- Область  $p_1$  называется **анодом (А)**, область  $n_2$  - **катодом (К)**



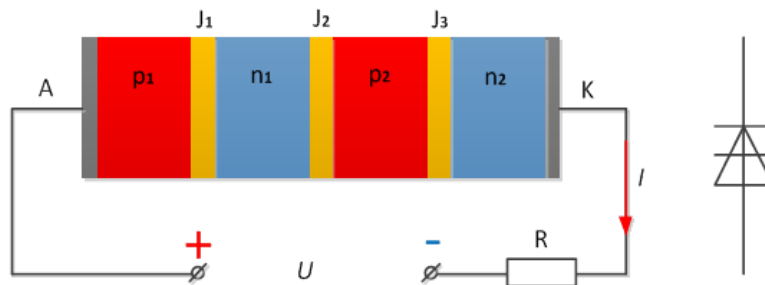
# Динистор. Принцип работы

- При подаче прямого напряжения, т. е. «+» на анод, «-» на катод крайние р-п-переходы  $J_1$  и  $J_3$  смещены в прямом направлении, средний переход  $J_2$  смещен в обратном направлении. Динистор можно представить в виде двухтранзисторной структуры.
- Так как переходы  $J_1$  и  $J_3$  смещены в прямом направлении, из них в области баз инжектируются носители заряда: дырки из области  $p_1$ , электроны из области  $n_2$ . Эти носители заряда диффундируют в областях баз  $n_1$  и  $p_2$ , приближаясь к коллекторному переходу, и перебрасываются его полем через переход  $J_2$ .
- Дырки, инжектированные из области  $p_1$ , и электроны из области  $n_2$  движутся через переход  $J_2$  в противоположных направлениях, создавая общий ток  $I$ .

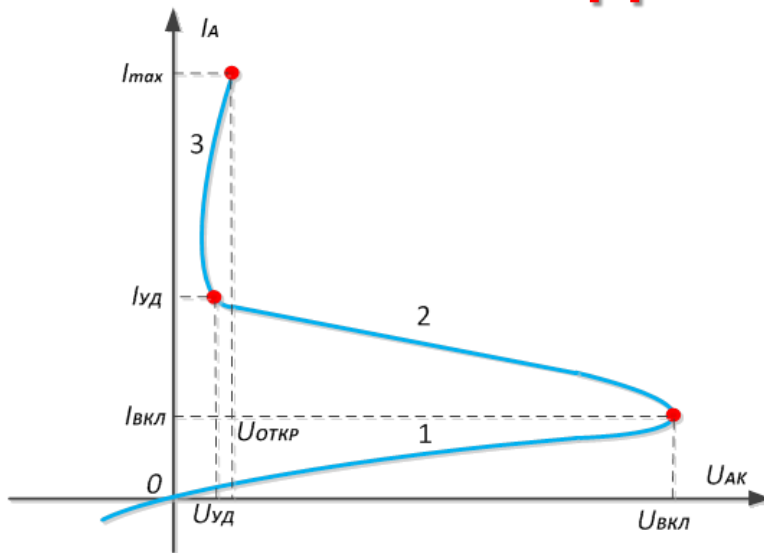


# Динистор. Принцип работы

- При малых значениях внешнего напряжения ток через динистор мал и равен обратному току через переход  $J_2$ .
- При определенной величине напряжения носители заряда ускоряются настолько, что при столкновении с атомами p-n-перехода  $J_2$  ионизируют их, вызывая лавинное размножение носителей заряда. Ток через переход  $J_2$  увеличивается, а его сопротивление и падение напряжения на нем уменьшаются. Это приводит к повышению напряжения, приложенного к переходам  $J_1$  и  $J_3$  и увеличению инжекции через них, что вызывает дальнейший рост коллекторного тока и токов инжекции.
- Сопротивление перехода  $J_2$  становится малым. Носители заряда, появившиеся в областях вследствие инжекции и лавинного размножения, приводят к уменьшению сопротивления всех областей динистора, и падение напряжения на нем становится незначительным.
- Носители заряда, появившиеся в областях вследствие инжекции и лавинного размножения, приводят к уменьшению сопротивления всех областей динистора, и падение напряжения на нем становится незначительным.



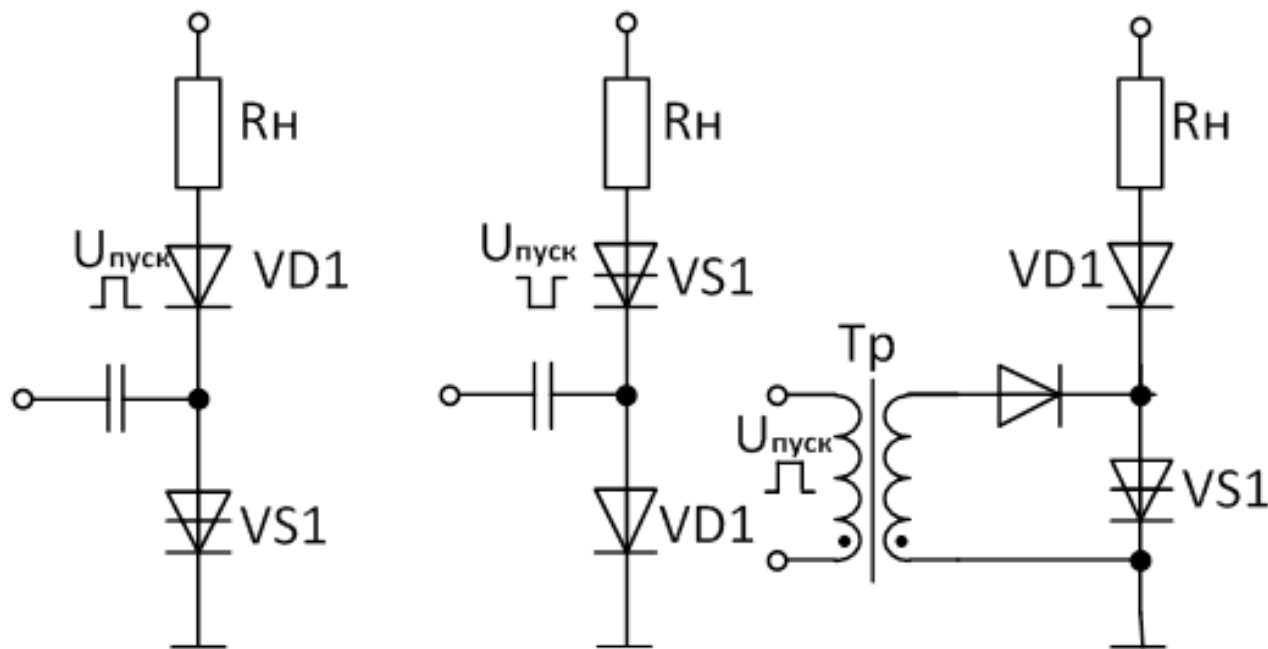
# Динистор. ВАХ



1 - закрытое состояние динистора;  
2 - участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением;  
3 - характеристика диода, смещенного в прямом направлении.

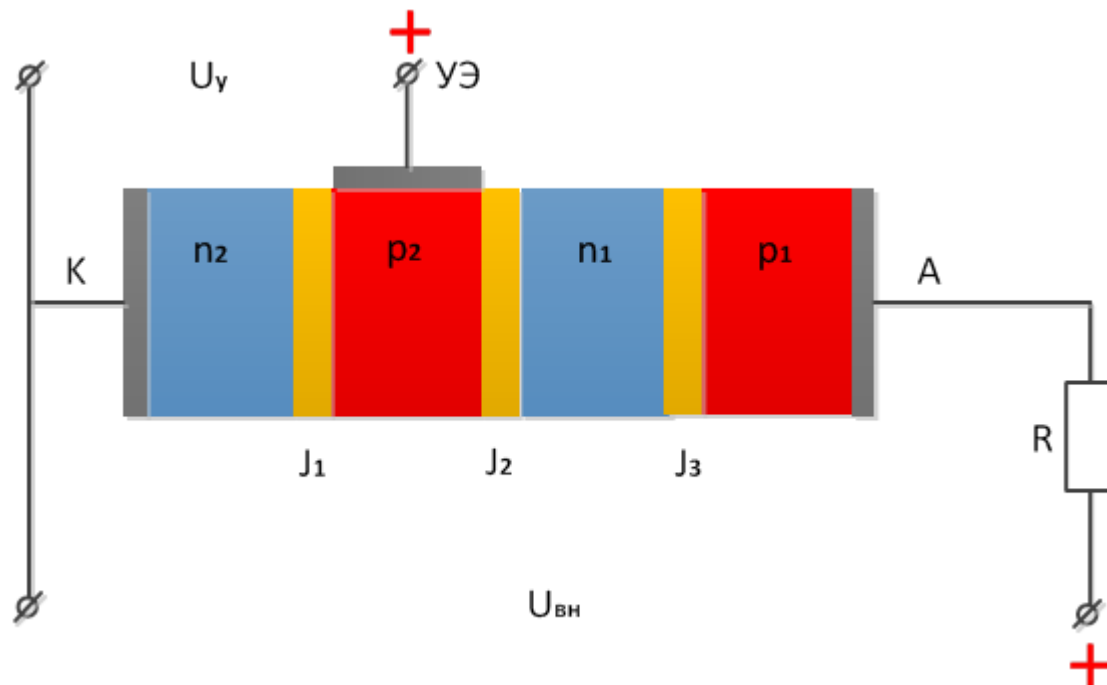
- Динистор характеризуется максимально допустимым значением прямого тока  $I_{\max}$ , при котором на приборе будет небольшое напряжение  $U_{\text{откр}}$ .
- Если уменьшать ток через прибор, то при некотором значении тока, называемом **удерживающим током**  $I_{\text{уд}}$ , ток резко уменьшается, а напряжение резко повышается, т. е. динистор переходит обратно в закрытое состояние, соответствующее участку 1.
- Напряжение между анодом и катодом, при котором происходит переход тиристора в проводящее состояние, называют **напряжением включения**  $U_{\text{вкл}}$ .
- При подаче на анод отрицательного напряжения коллекторный переход  $J_2$  смещается в прямом направлении, а эмиттерные переходы в обратном направлении. В этом случае не возникает условий для открытия динистора и через него протекает небольшой обратный ток

# Включение динистора



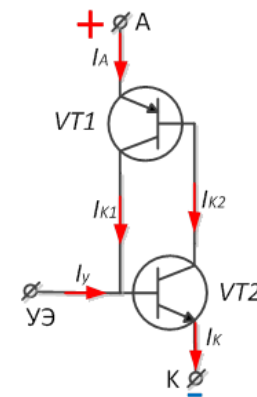
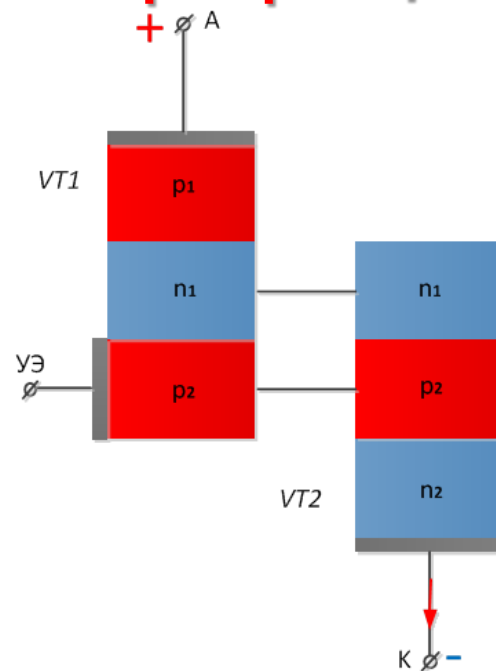
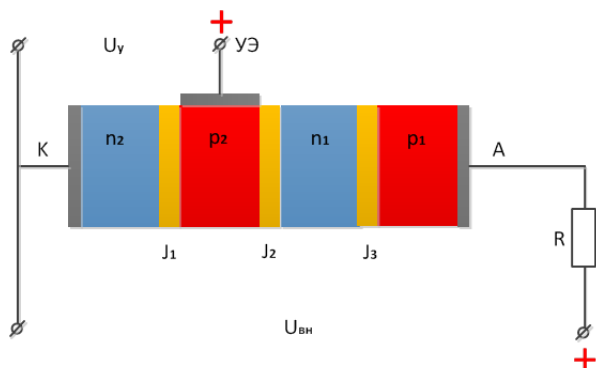
- Прямое напряжение на запертом динисторе:  $U_{пр} \leq U_{пр.макс.}$ ,  
где  $U_{пр.макс.} \approx 0,5 U_{вкл.}$
- Условие включения:  $U_{пр.} \geq U_{вкл.}$
- пусковой импульс положительной полярности;
- пусковой импульс отрицательной полярности;
- импульсный трансформатор.

# Однооперационный тиристор. Принцип работы



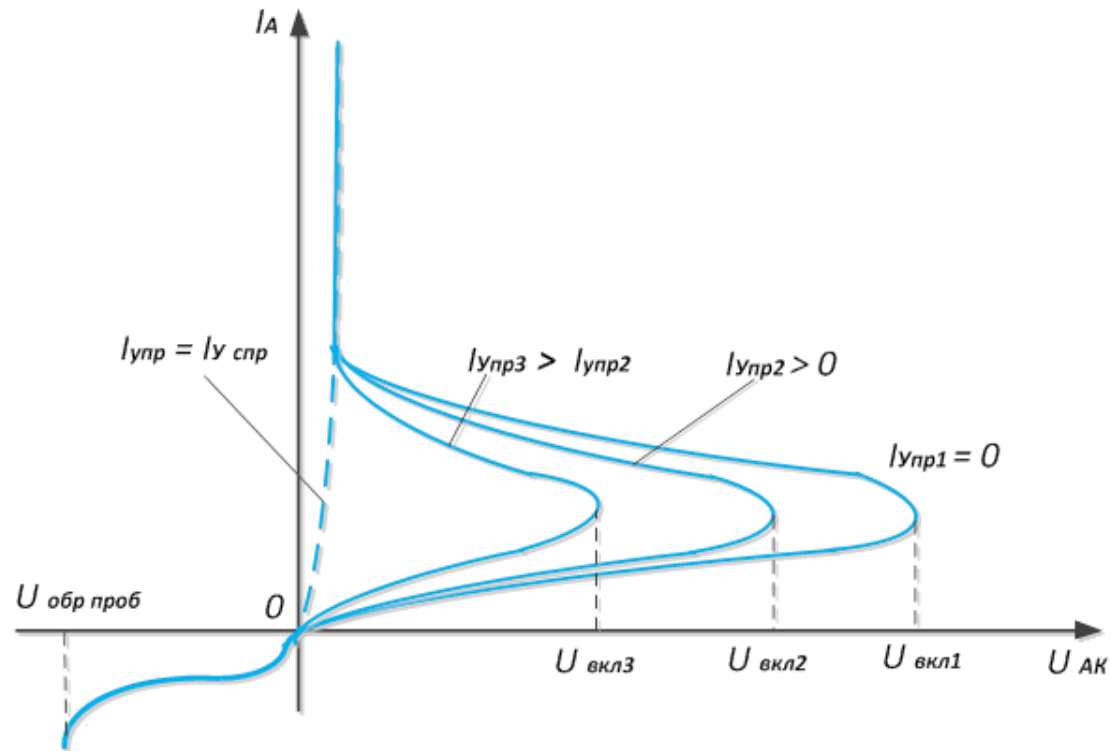
- При подключении  $U_{вн}$  p-n-переходы  $J_1$  и  $J_3$  смещены в прямом направлении, средний p-n-переход  $J_2$  смещен в обратном направлении. Во внешней цепи будет протекать малый обратный ток коллекторного перехода  $J_2$ .
- При подключении  $U_y$  (источник управления) между катодом и управляющим электродом (УЭ) ток управления при определенной величине может привести к лавинообразному нарастанию тока в полупроводниковой структуре до тех пор, пока он не будет ограничен резистором  $R$  в цепи источника питания  $U_{вн}$ . Произойдет процесс включения тиристора.

# Однооперационный тиристор. Принцип работы

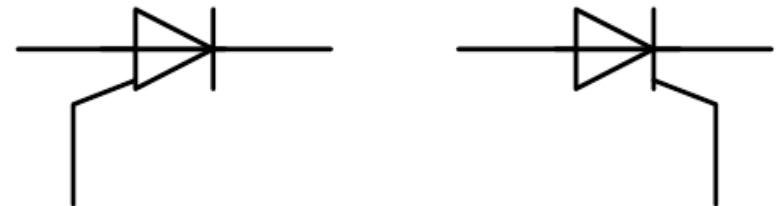


- При создании разности потенциалов между анодом и катодом в прямом направлении оба транзистора будут закрыты.
- При подключении источника управления  $U_{У}$  во входной цепи транзистора  $VT2$  потечет базовый ток, являющийся током управления тиристора  $I_{У}$ .
- Под действием этого тока в коллекторной цепи транзистора  $VT2$  потечет ток  $I_{К2} = \beta_2 I_{У}$ , где  $\beta_2$  - коэффициент передачи по току транзистора  $VT2$ .
- Под воздействием тока  $I_{К1}$  в выходной коллекторной цепи транзистора  $VT1$  потечет коллекторный ток:  $I_{К1} = \beta_1 I_{К1} = \beta_1 I_{К2} = \beta_1 \beta_2 I_{У}$ ,
- Условие включения тиристора:  $\beta_1 \beta_2 > 1$ .

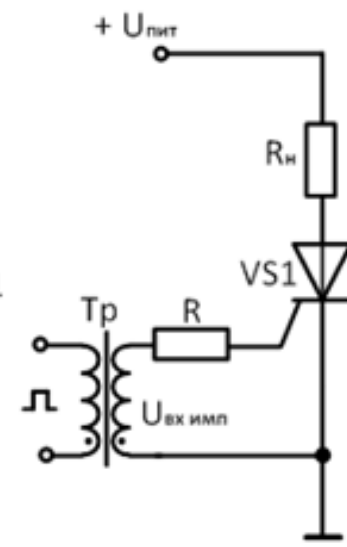
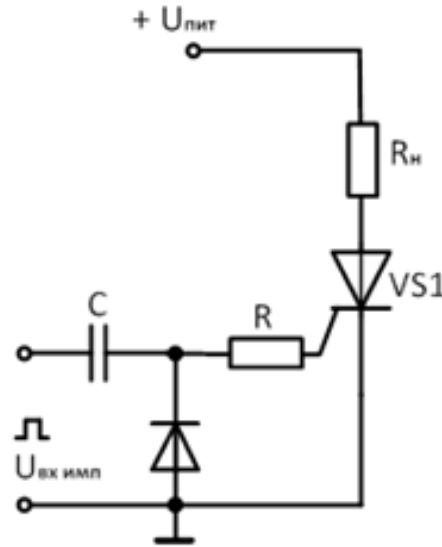
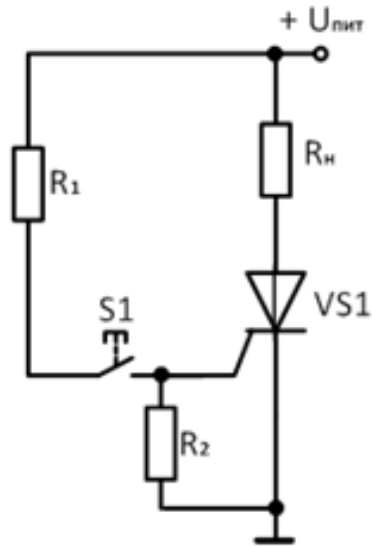
# Однооперационный тиристор. ВАХ



- Чем больше ток управления, тем меньше напряжение включения  $U_{\text{вкл}}$ .
- При изменении полярности приложенного к тиристорному напряжению вольт-амперная характеристика будет представлять собой обратную ветвь вольт-амперной характеристики обыкновенного диода.



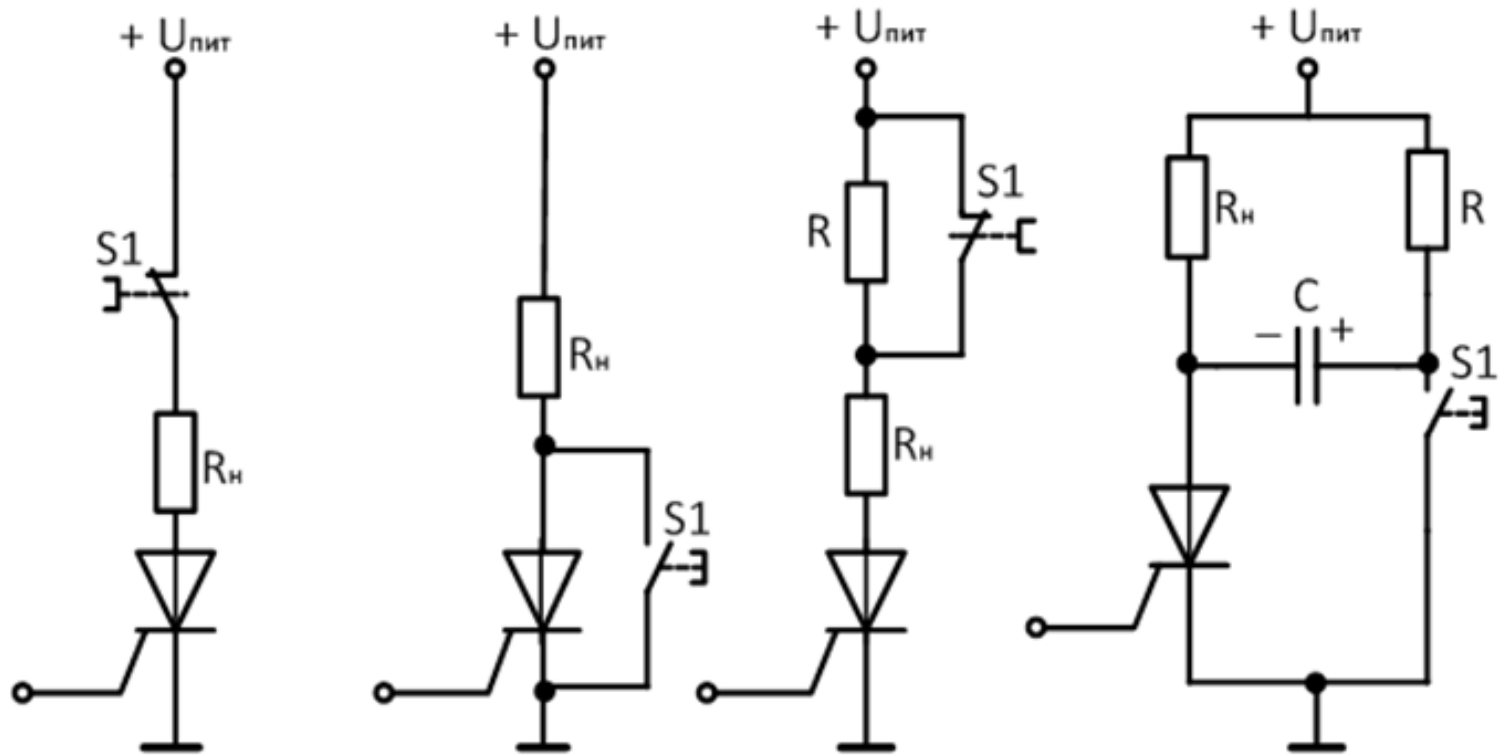
# Отпирание однооперационного тиристора



$$I_y \geq I_{y \text{ спр}}; U_y \geq U_{y \text{ спр}}$$

- источник постоянного тока;
- импульсный сигнал.

# Запирание однооперационного тиристора



- разрыв анодной цепи;
- шунтирование;
- увеличение сопротивления в анодной цепи;
- коммутирующий конденсатор.