

Лекция 11

ТИРИСТОРЫ

1. Устройство и принцип работы динистора.
2. Схемы включения динистора.
3. Устройство и принцип работы однооперационного тиристора.
4. Схемы включения однооперационного тиристора.

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.

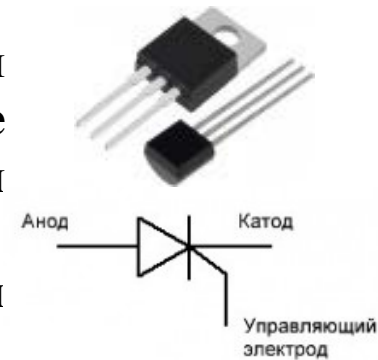
Типы

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.



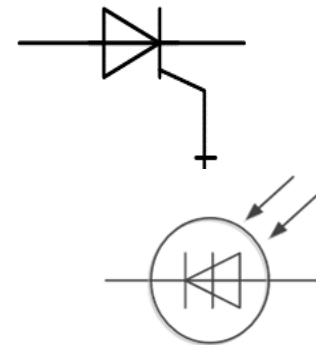
В **триодных тиристорах** управление состоянием прибора производится по цепи третьего — управляющего электрода.

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



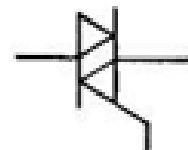
Запирание производится изменением полярности напряжения анод — катод.

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.

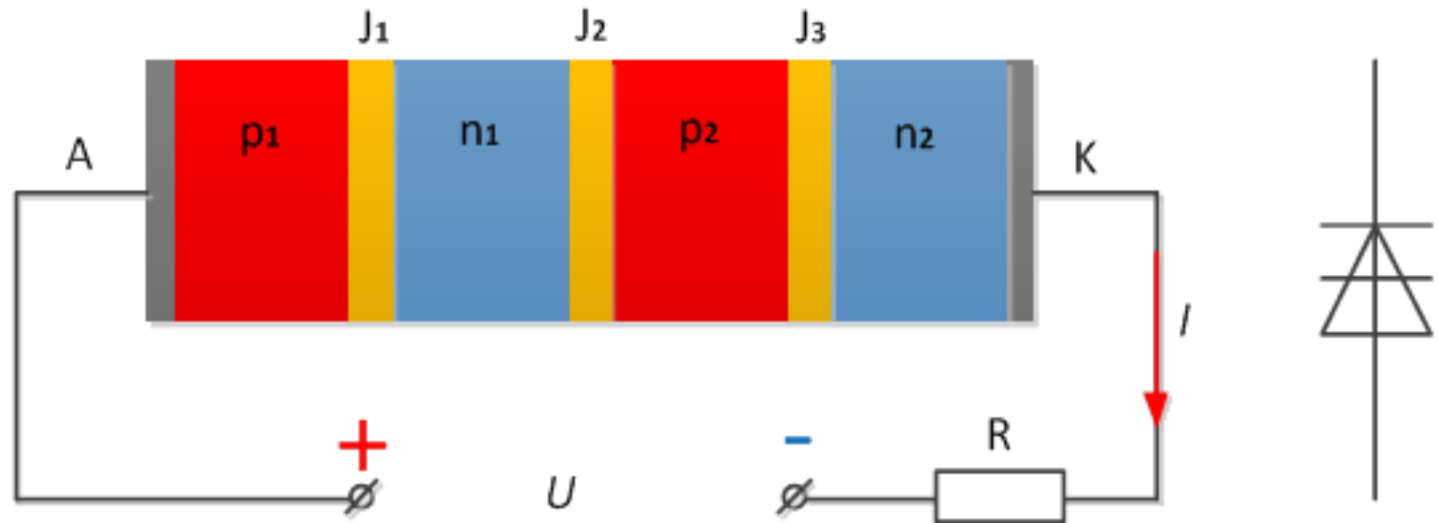
Симметричный тиристор (симистор) - прибор, позволяющий проводить ток в обоих направлениях.



Динистор. Устройство

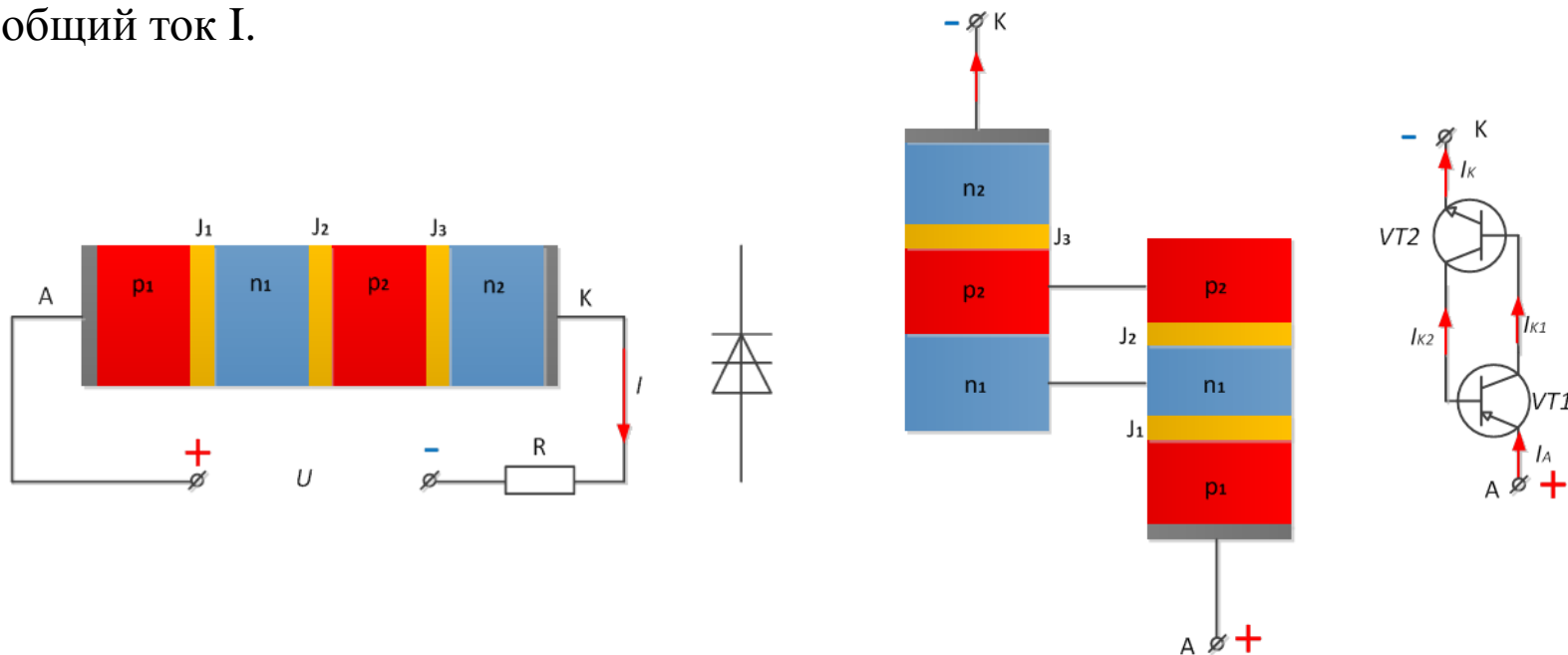
Динистор представляет собой монокристалл полупроводника, в котором созданы четыре чередующиеся области с различным типом проводимости $p_1 - n_1 - p_2 - n_2$.

- 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)**



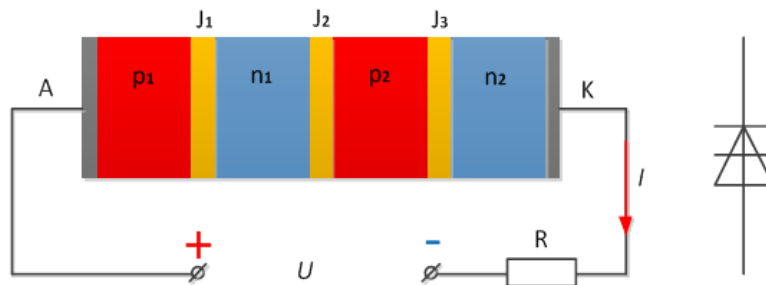
Динистор. Принцип работы

- 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 .

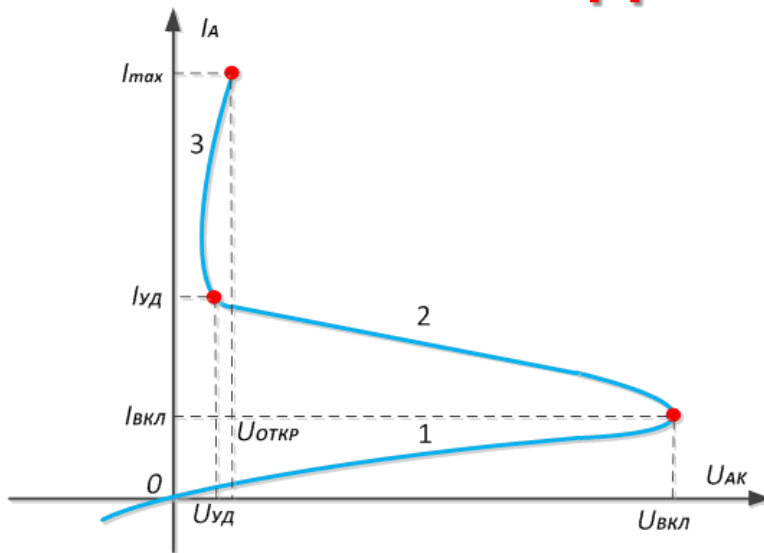


Динистор. Принцип работы

- 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.



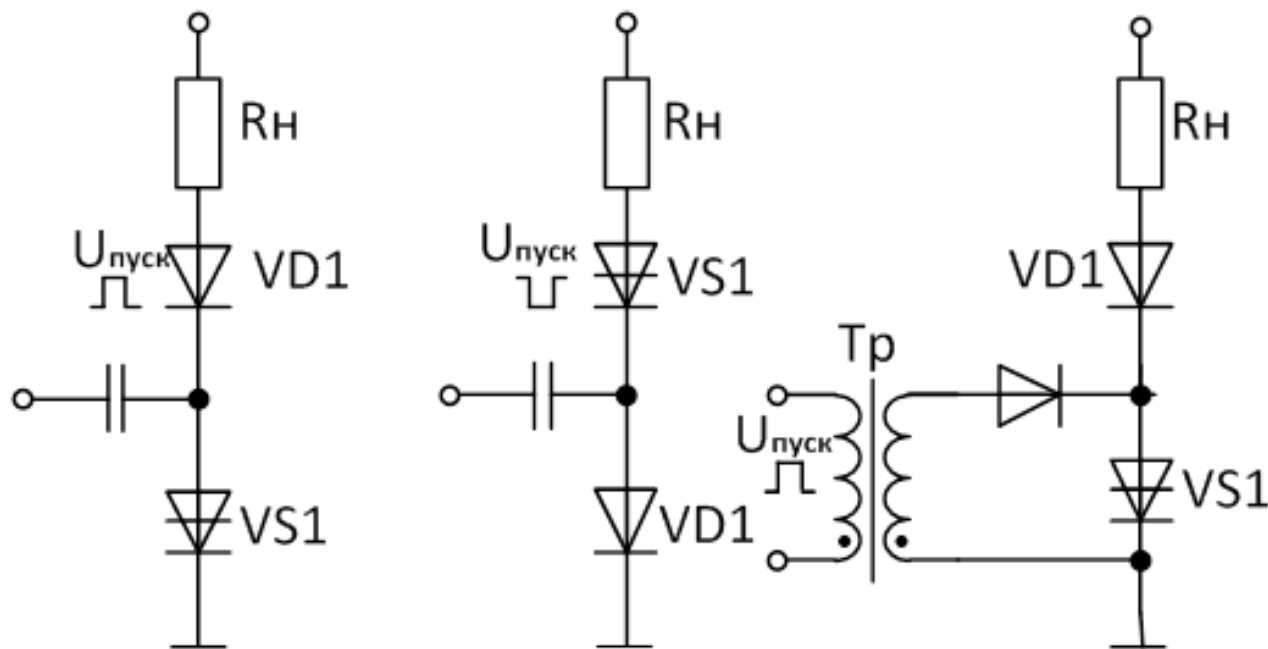
Динистор. ВАХ



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

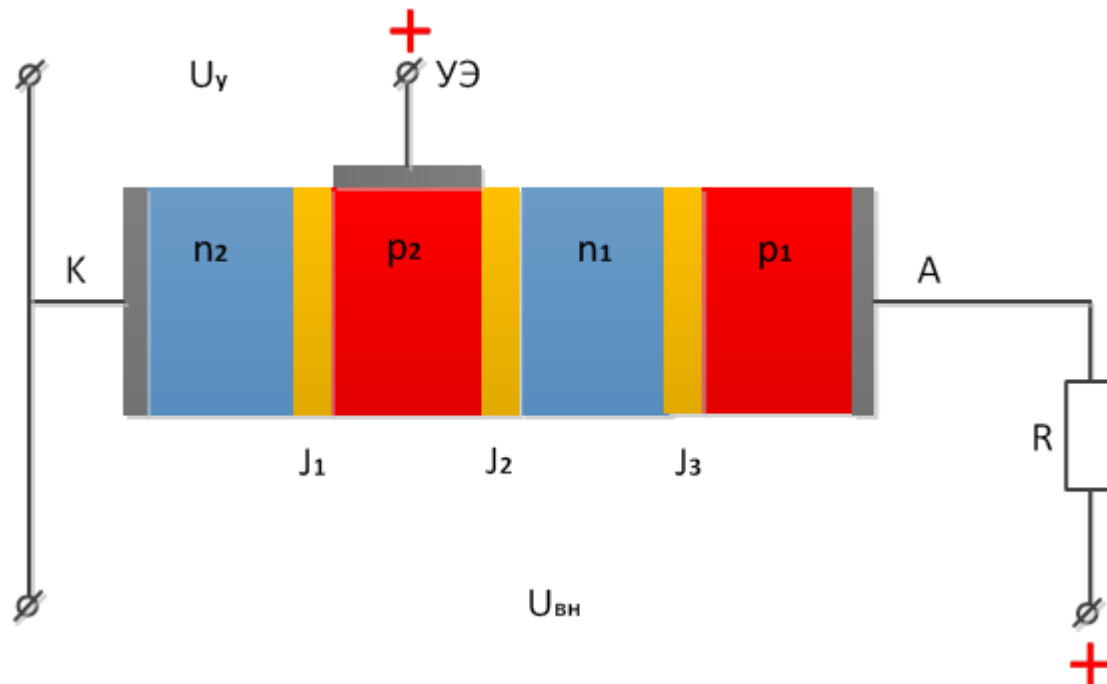
- Динистор характеризуется максимально допустимым значением прямого тока I_{\max} , при котором на приборе будет небольшое напряжение $U_{\text{откр}}$.
- Если уменьшать ток через прибор, то при некотором значении тока, называемом **удерживающим током** $I_{\text{уд}}$, ток резко уменьшается, а напряжение 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



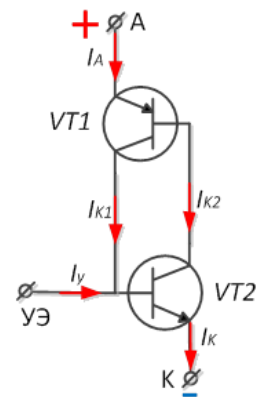
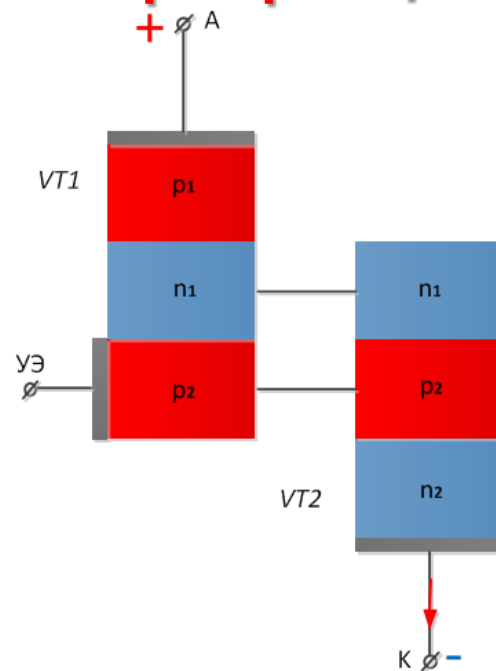
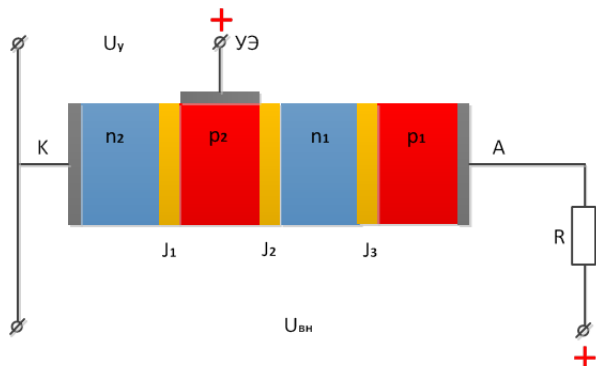
- Прямое напряжение на запертом динисторе: $U_{\text{пр}} \leq U_{\text{пр.макс}}$,
где $U_{\text{пр.макс.}} \approx 0,5 U_{\text{вкл.}}$.
- Условие включения: $U_{\text{пр.}} \geq U_{\text{вкл.}}$.
- пусковой импульс положительной полярности;
- пусковой импульс отрицательной полярности;
- импульсный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

Однооперационный тиристор. Принцип работы



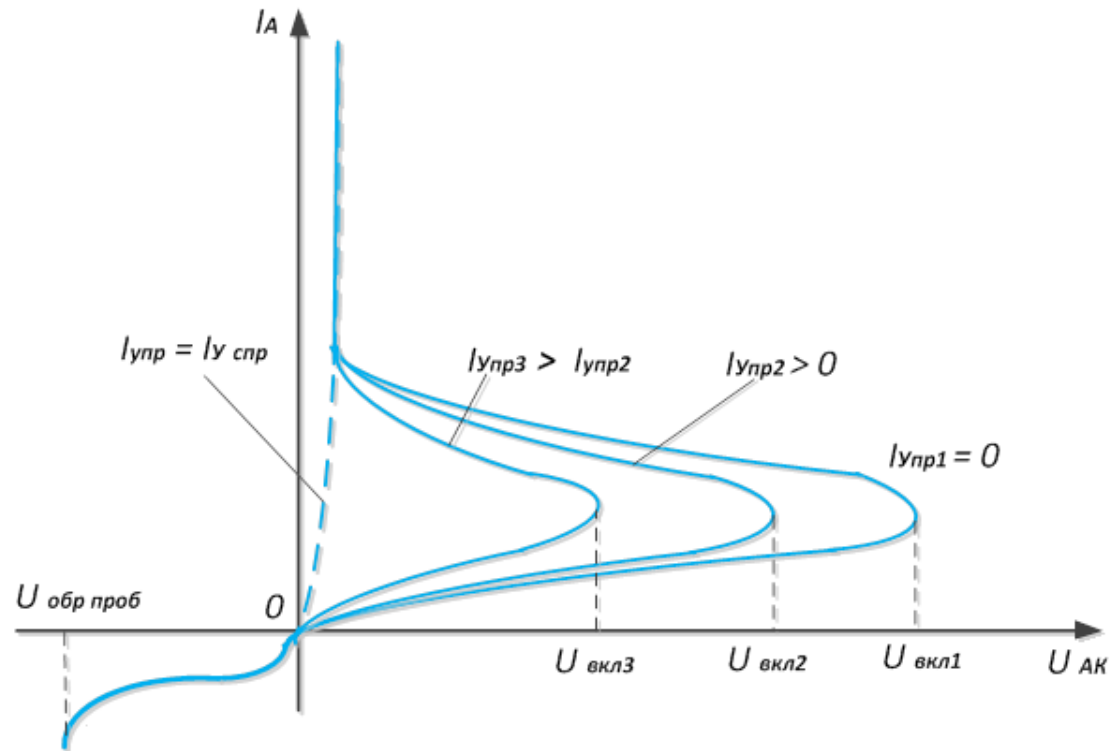
- При подключении $U_{\text{вн}}$ p-n-переходы J_1 и J_3 смещены в прямом направлении, средний p-n-переход J_2 смещен в обратном направлении. Во внешней цепи будет протекать малый обратный ток коллекторного перехода J_2 .
- При подключении U_{γ} (источник управления) между катодом и управляющим электродом (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 $U_{\text{вн}}$. Произойдет процесс включения тиристора.

Однооперационный тиристор. Принцип работы

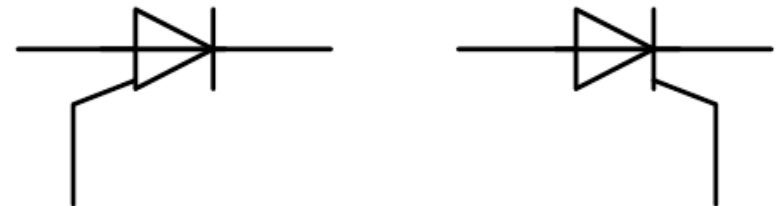


- При создании разности потенциалов между анодом и катодом в прямом направлении оба транзистора будут закрыты.
- При подключении источника управления U_{γ} во входной цепи транзистора $VT2$ потечет базовый ток, являющийся током управления тиристора I_{γ} .
- Под действием этого тока в коллекторной цепи транзистора $VT2$ потечет ток $I_{K2} = \beta_2 I_{\gamma}$, где β_2 - коэффициент передачи по току транзистора $VT2$.
- Под воздействием тока $I_{\phi 1}$ в выходной коллекторной цепи транзистора $VT1$ потечет коллекторный ток: $I_{K1} = \beta_1 I_{\phi 1} = \beta_1 I_{K2} = \beta_1 \beta_2 I_{\gamma}$,
- Условие включения тиристора: $\beta_1 \beta_2 > 1$.

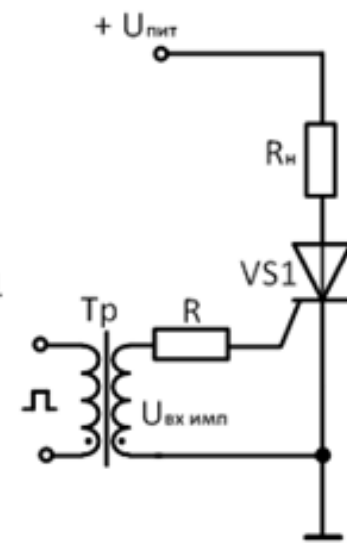
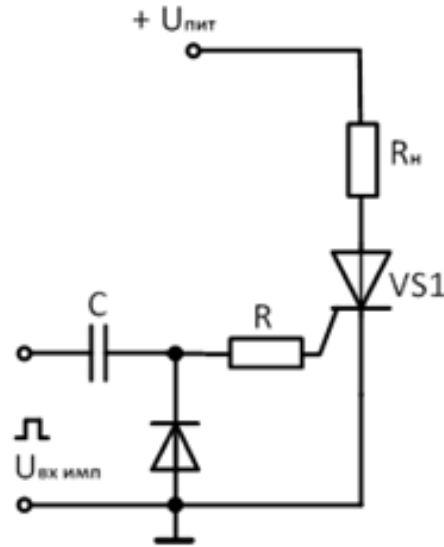
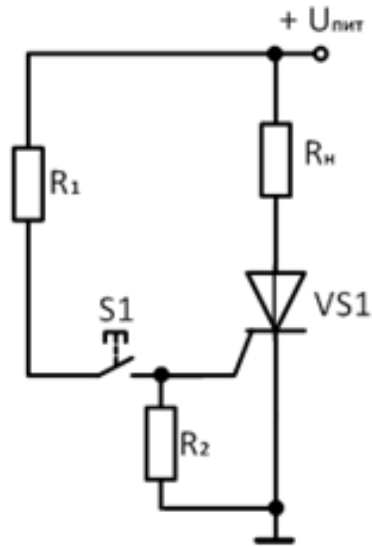
Однооперационный тиристор. ВАХ



- 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.



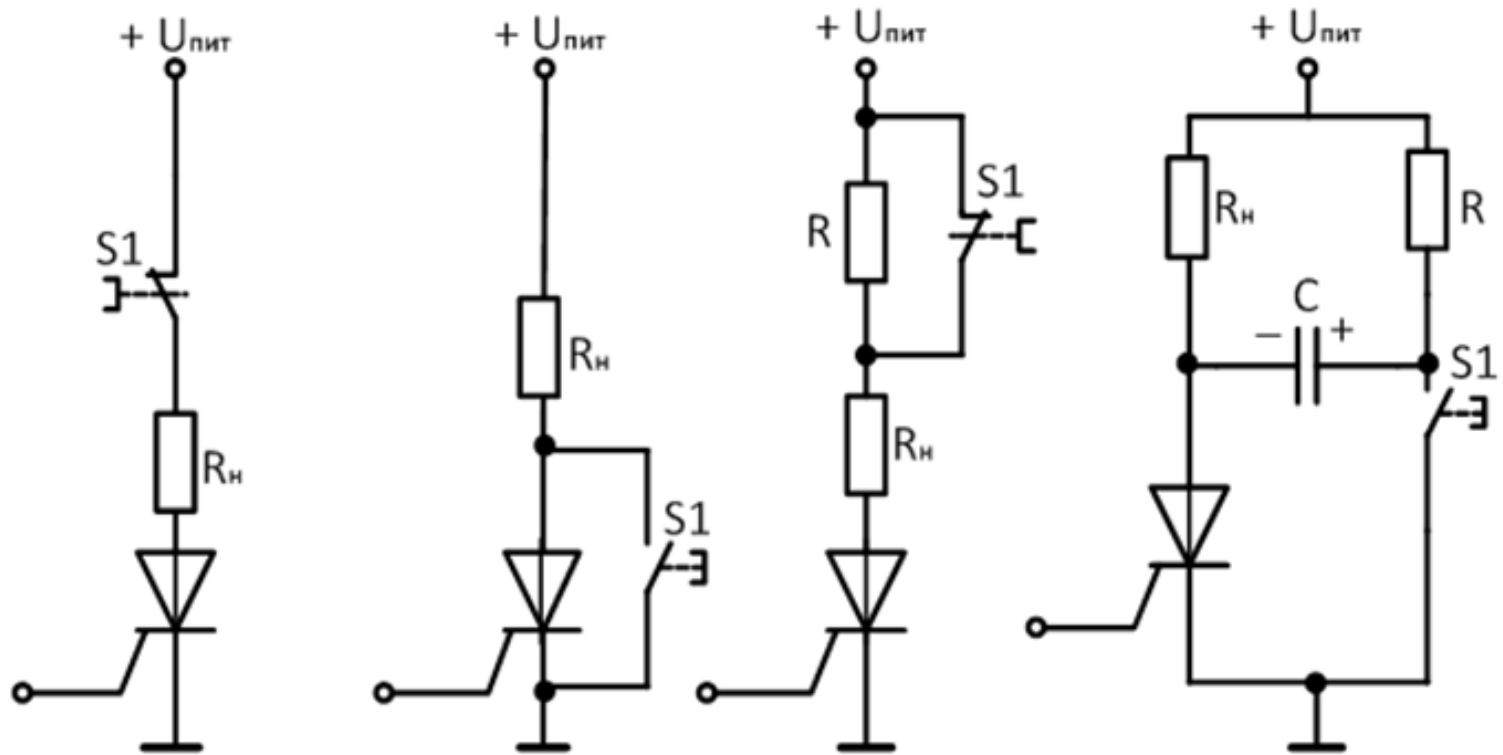
Отпирание однооперационного тиристора



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

- источник постоянного тока;
- импульсный сигнал.

Запирание однооперационного тиристора



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