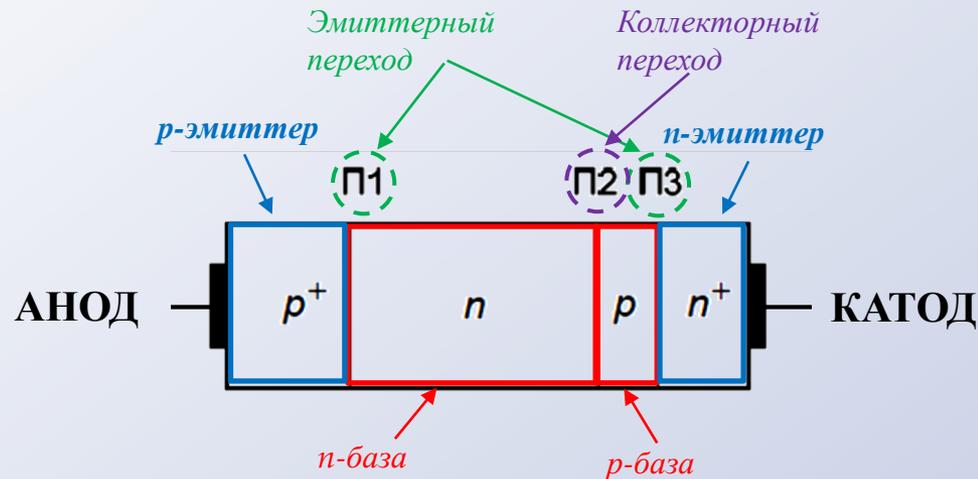


ЭЛЕКТРОНИКА

Лектор:

к.ф.-м.н. Алимгазинова Назгуль Шакаримовна



УСТОЙЧИВЫЕ СОСТОЯНИЯ ТИРИСТОРА

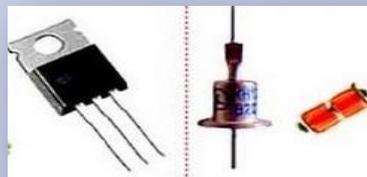
Закрытое (выключено) –
высокое сопротивление,
малый ток

Открытое (включенное) -
сопротивление мало,
большой ток

Внешние области называются **эмиттерами** (p-эмиттер и n-эмиттер), а внутренние – **базами** (p-база и n-база). Эмиттерные области омическими переходами связаны с металлическими электродами. Электрод p-эмиттера носит название **анода**, а n-эмиттера – **катода**. Выпрямляющие переходы между эмиттерами и базами тиристора называют **эмиттерными переходами**, а переход между p- и n-базой – **коллекторным**.

При изготовлении тиристором исходным материалом, как правило, служит кремниевая подложка n-типа, в кристалле которой создается p-n-p-n-структура. В диффузионно-сплавных тиристорах области эмиттеров легированы сильнее, чем p-база и особенно n-база. Пластины кремния с готовой четырехслойной структурой припаивают к кристаллодержателю. Контактные площадки создают металлизированием, а соединение их с внешними выводами осуществляется через вольфрамовые прокладки. Герметизированный корпус предохраняет кристалл от воздействия окружающей среды.

Классификация тиристоров



Классификация тиристоров



ТИРИСТОРЫ (по мощности)

Маломощные

Силовые

небольшие тиристоры для малоточных схем

тиристоры коммутирующие очень большие токи



ТИРИСТОРЫ (по режимам работы)

Запираемые и незапираемые

Принцип работы незапираемого тиристора: он находится в открытом состоянии когда плюс приложен к аноду, минус — на катоде. Переходит в закрытое состояние при смене полярности.

Быстродействующие

Имеют малое время перехода из одного состояния в другое.

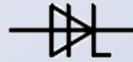
Импульсные

Очень быстро переходит из одного состояния в другое, используется в схемах с импульсными режимами работы.

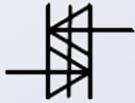
УГО тиристоров



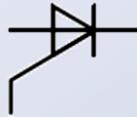
– диодный тиристор, запираемый в обратном направлении;



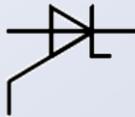
– диодный тиристор, проводящий в обратном направлении;



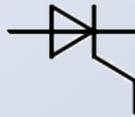
– диодный симметричный тиристор;



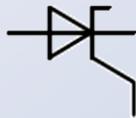
– триодный тиристор с управлением по аноду запираемый в обратном направлении;



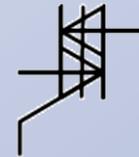
– триодный тиристор с управлением по аноду проводящий в обратном направлении;



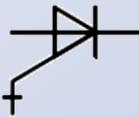
– триодный тиристор с управлением по катоду запираемый в обратном направлении;



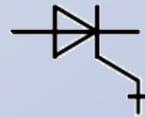
– триодный тиристор с управлением по катоду проводящий в обратном направлении;



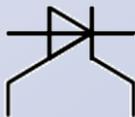
– триодный симметричный тиристор;



– триодный двуоперационный тиристор с управлением по аноду;



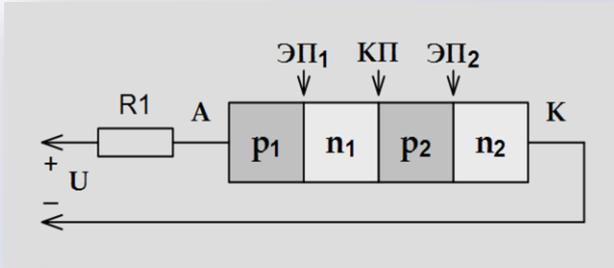
– триодный двуоперационный тиристор с управлением по катоду;



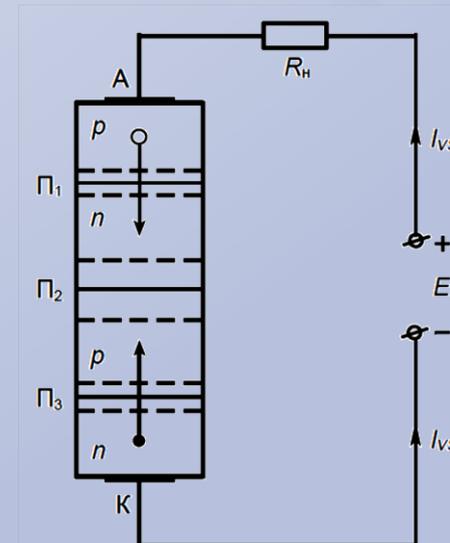
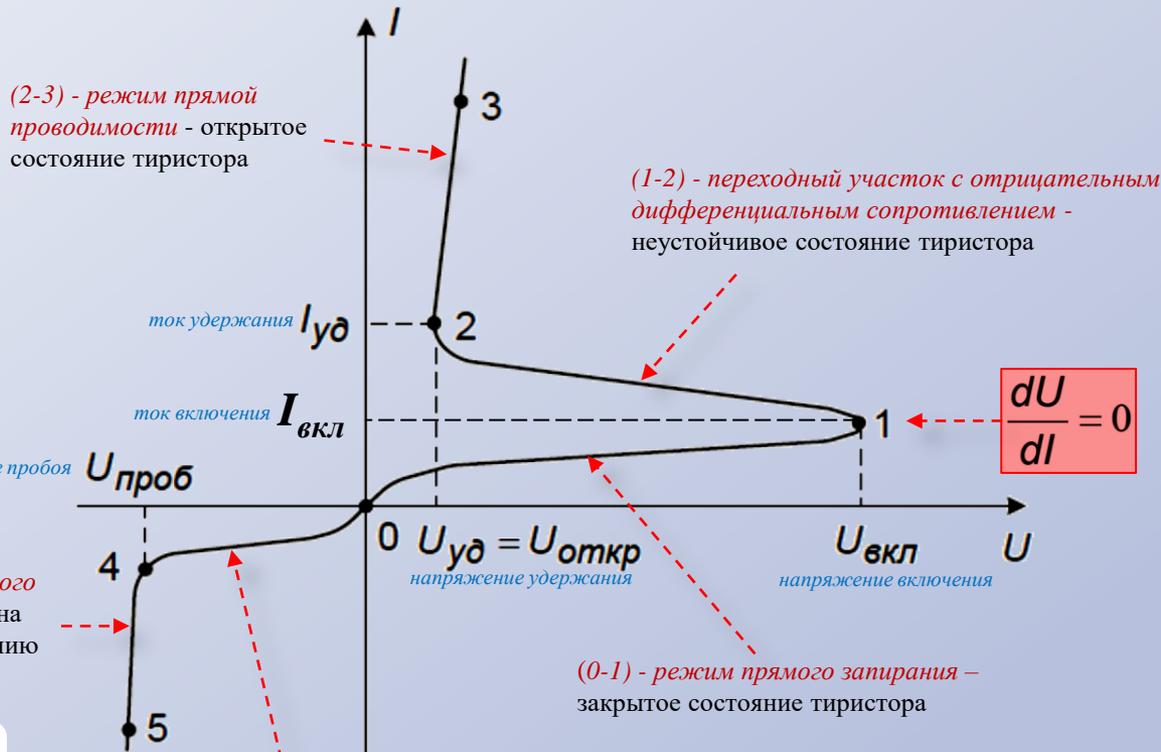
– тетродный тиристор, запираемый в обратном направлении

Диодные тиристоры (динисторы)

Диодный тиристор или динистор — это тиристор с двумя выводами, через которые проходят основной ток и ток управления.



ВАХ диодного тиристора, запираемого в обратном направлении



Используется в силовой полупроводниковой электронике в роли ключа.

Динистор имеет p-n-p-n структуру и три p-n-перехода:

П1, П3 работают в прямом направлении; П2 – в обратном

Принцип действия

Через переходы П1 и П3 в области, примыкающие к П2, инжектируются неосновные носители заряда. В результате, сопротивление перехода $R_{П2}$ уменьшается.

На $R_{П2}$ влияют два взаимно противоположных процесса:

1. **Повышение обратного для П2 напряжения U_{AK} увеличивает $R_{П2}$.**
2. **Это же напряжение является прямым для П1 и П3, => инжекция носителей к переходу П2 возрастает, что способствует уменьшению.**

На участке 01 – наибольшее влияние имеет 1 процесс.

В точке 1 влияние обоих процессов уравновешено. Точке 1 соответствует напряжение включения ($U_{вкл}$ = десятки сотни В). Теперь даже ничтожно малое повышение подводимого напряжения ведет к преобладанию 2-го процесса, => $R_{П2}$ уменьшается. Возникает лавинообразный процесс быстрого отпирания тиристора, и ток тиристора практически скачком возрастает (участок 1-2).

Увеличение напряжений $U_{П1}$, $U_{П3}$ ведет к уменьшению $R_{П2}$, а => уменьшению $U_{П2}$. За счет этого еще больше возрастают напряжения на П1 и П3, а это, в свою очередь, приводит к дальнейшему уменьшению $R_{П2}$ и еще большему увеличению тока I_{np} через динистор (положительная обратная связь).

Механизм отпирания

$$U_{np} \uparrow \Rightarrow U_{П1}, U_{П3} \uparrow \Rightarrow R_{П2} \downarrow \Rightarrow U_{П2} \downarrow \Rightarrow U_{П1}, U_{П3} \uparrow \Rightarrow R_{П2} \downarrow \Rightarrow U_{П2} \downarrow \Rightarrow I_{np} \uparrow \uparrow$$

В конечном итоге, устанавливается режим, похожий на режим насыщения транзистора (участок 2-3): большой ток $I_{oc\ max}$ и малое U_{oc} . В этом режиме прибор открыт, включен (ключ замкнут):

$$I_{oc\ max} = I_{VS} = \frac{E}{R_{VS} + R_H} = R_{VS} \ll R_H \cong \frac{E}{R_H}$$

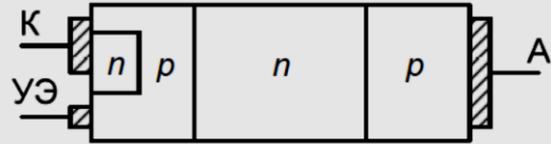
U_{oc} = несколько Вольт.

Точка 3 на ВАХ соответствует максимально допустимому значению прямого тока $I_{oc\ max}$ и минимальному U_{oc} .

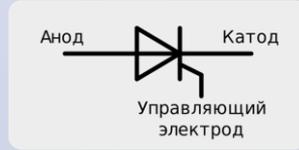
Для выключения тиристора необходимо выполнить: $I_{VS} < I_{уд}$ ($I_{выкл}$).

Тиристор управляется током! Для включения тиристора необходимо обеспечить: $I_{VS} > I_{вкл}$. Необходимый ток включения $I_{вкл}$ создается при подаче на тиристор напряжения включения $U_{вкл}$.

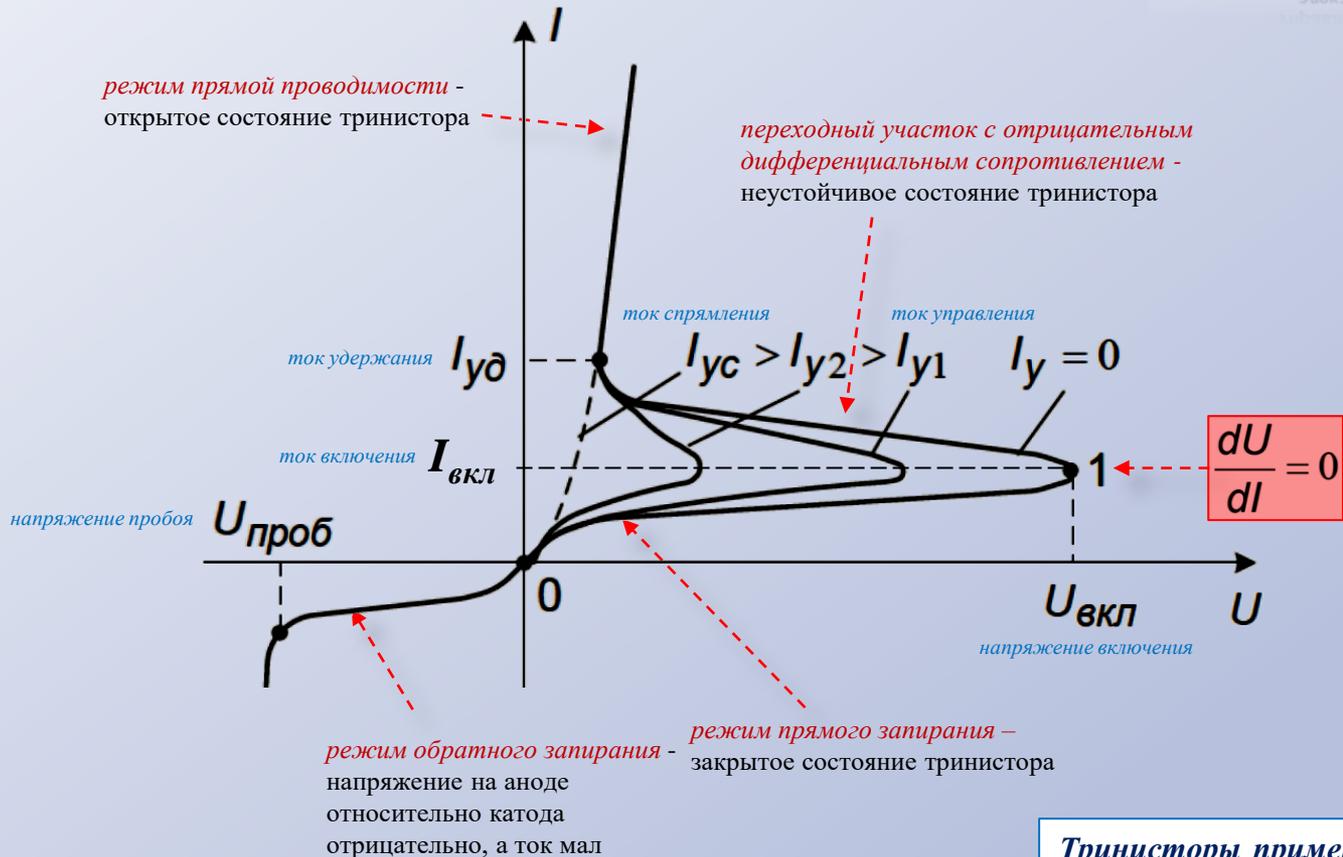
Триодные тиристоры (тринисторы)



Триодный тиристор (тринистор) — это тиристор с двумя основными и одним управляющим выводом



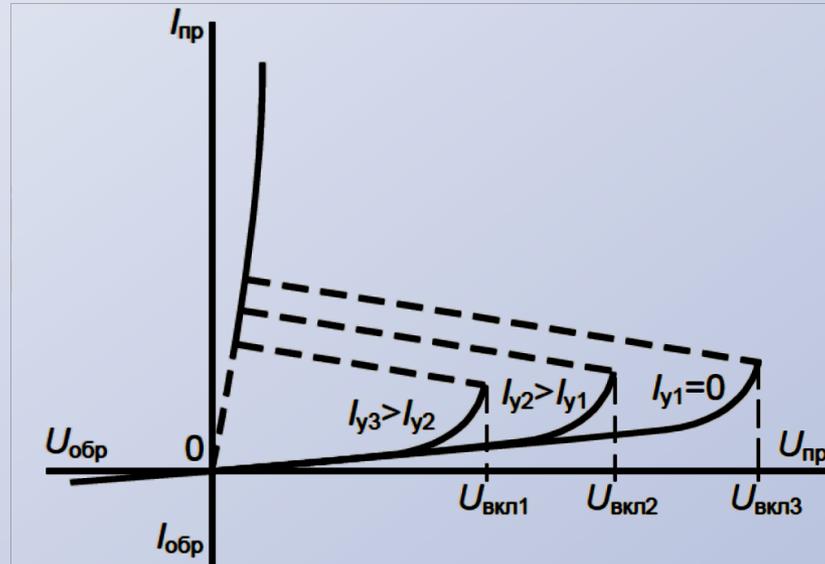
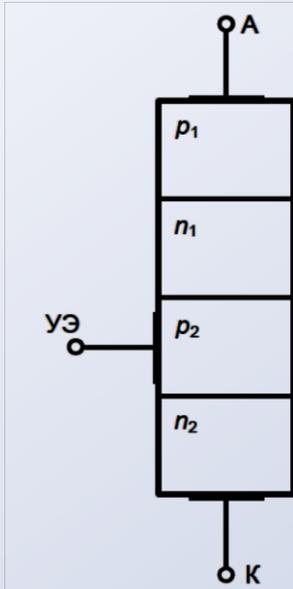
Семейство ВАХ триодного тиристора



Тринисторы применяют в регуляторах мощности, контакторах, ключевых преобразователях и инверторах.

Тринистор – трехэлектродный прибор – динистор с дополнительным управляющим электродом (УЭ), подключенным к одной из областей (p2).

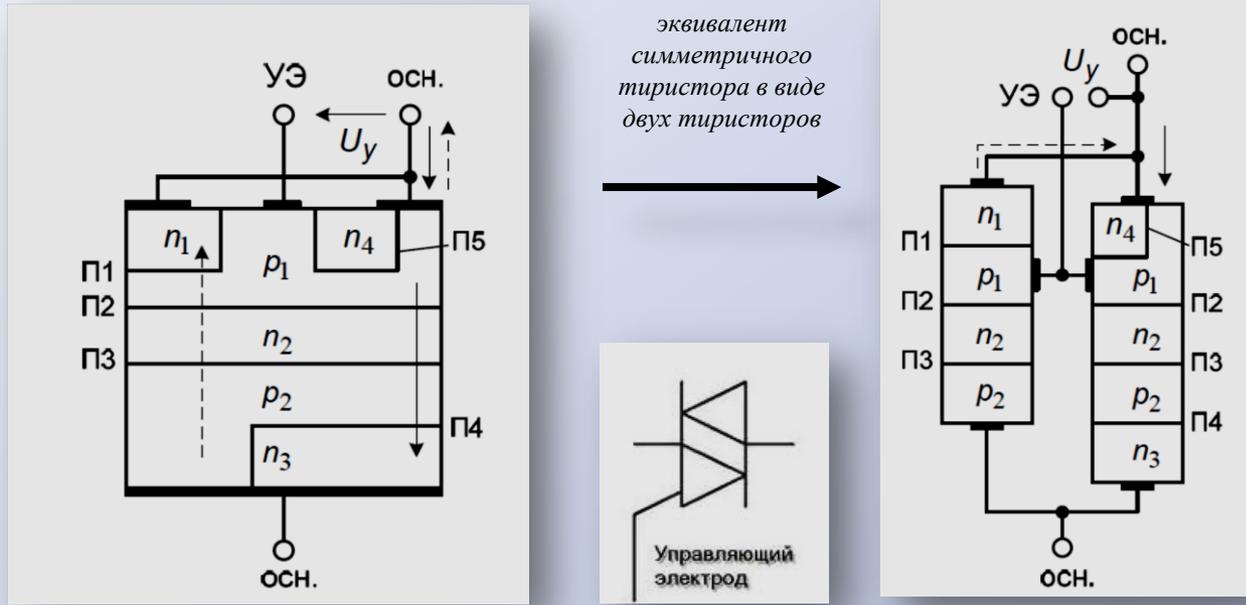
Подавая прямое напряжение на управляющий переход p2-n2, можно регулировать $U_{вкл}$ тиристора, причем чем больше ток через этот переход I_y , тем ниже $U_{вкл}$.



При $I_{y1} = 0$ тринистор превращается в динистор. С увеличением управляющего тока I_y инжекция носителей к среднему переходу усиливается и \Rightarrow при меньшем напряжении $U_{вкл}$ будет достигнут ток $I_{вкл}$

Симметричный тиристор (симистор)

Симметричным тиристором (симистор) - тиристор, который переключается из закрытого состояния в открытое как в прямом, так и в обратном направлении.



Симметричные тиристоры

Диодные (диак)

включается при достижении *положительного или отрицательного напряжения* между анодом и катодом, *равного напряжению включения*

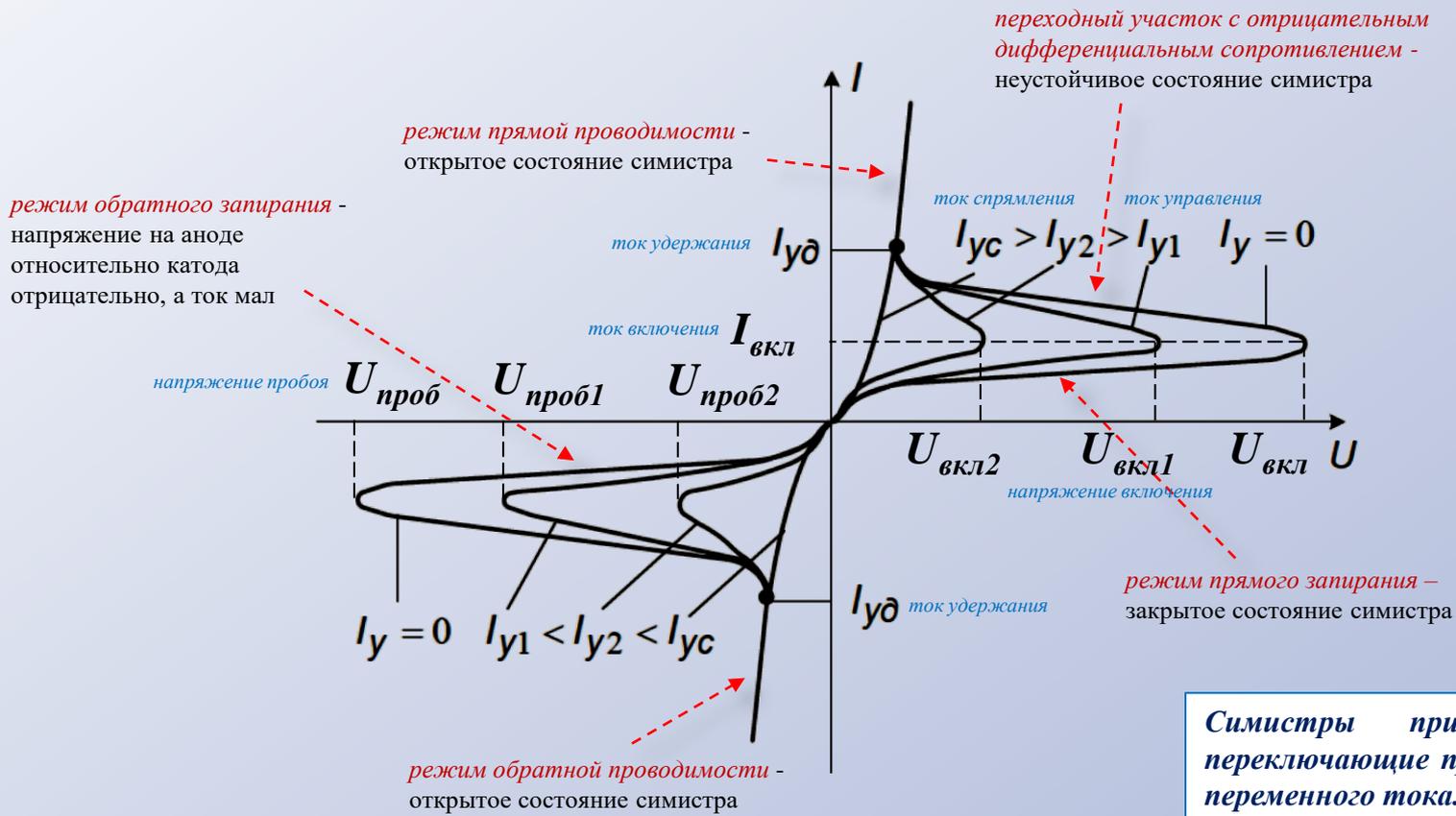
5 слоев чередующихся областей р- и n-типа и **4 выпрямляющих перехода**

Триодные (триак)

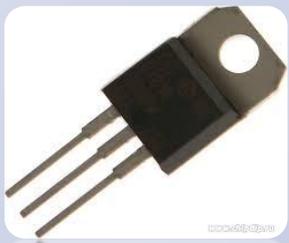
включается как *в прямом, так и в обратном направлениях* при *подаче сигнала на его управляющий электрод*

6 и более слоев чередующихся областей р- и n-типа, **5 и более выпрямляющих переходов**

Семейство ВАХ симметричного тиристора

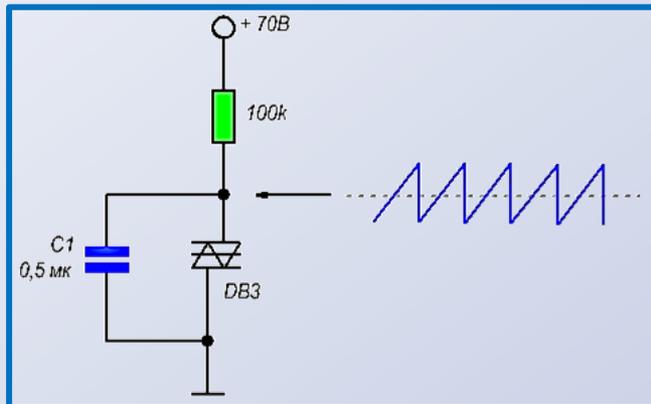


Симистры применяют как переключающие приборы в цепях переменного тока.



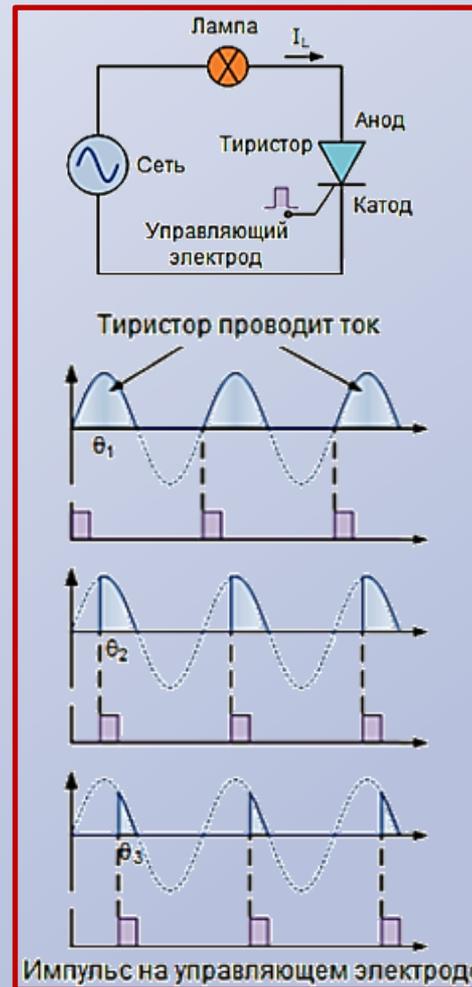
Способы включения тиристоров

Увеличение напряжения между анодом и катодом
(диодные и триодные тиристоры)



В данной схеме конденсатор заряжается через резистор сопротивлением 100 КОм. Когда напряжение заряда достигает напряжения пробоя динистора $U_{проб}$, конденсатор резко разряжается через него, пока напряжение не уменьшится ниже тока удержания $I_{уд}$, при котором динистор закрывается. В этот момент (при напряжении около 15 вольт) конденсатор опять начнет заряжаться, и процесс повторится.

Подача сигнала на управляющий электрод
(триодные тиристоры)



Принцип регулирования мощности в нагрузке на переменном токе посредством тиристоров заключается в изменении угла открытия тиристора как электронного ключа. Так, когда тиристор открывается и проводит ток не на протяжении всей полуволны синусоиды, а только начиная с определенной ее фазы, к нагрузке подаются неполные синусоиды, а их кусочки с отрезанной начальной частью полупериода. Это достигается тем, что тиристор работает как самостоятельный однополупериодный выпрямитель. Результат работы схемы — снижение действующего значения напряжения.

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 срабатывает.
- **Ток удержания.** Если ток, протекающий через анод-катод ниже этого значения, устройство переходит в запертое состояние (десятки—сотни мА).
- **Минимальный ток управляющего сигнала.** При подаче тока ниже этого значения, элемент не откроется (десятки мА).
- **Максимальный ток управления.** Если превысить этот параметр, р-п переход выйдет из строя (сотни мА—сотни А) .
- **Рассеиваемая мощность.** Определяет величину подключаемой нагрузки.
- **Скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии** — максимальная скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии (десятки — сотни В/мкс).
- **Время включения $t_{вкл}$** — интервал времени, в течение которого тиристор переходит из закрытого состояния в открытое (мкс - десятки мкс).
- **Время выключения $t_{выкл}$** — наименьший интервал времени, в течение которого восстанавливаются запирающие свойства тиристора (десятки - сотни мкс).

СОВРЕМЕННАЯ МАРКИРОВКА СИЛОВЫХ ТИРИСТОРОВ

1. Буквы (вид, назначение прибора):

- Т — тиристор;
- ТО — оптронный;
- ТС — симметричный;
- ТИ — импульсный;
- ТЛ — лавинный;
- ТЧ — высокочастотный (от 2 кГц).

2. Число (от 2 до 9) — конструктивное обозначение прибора;

3. Число — предельный ток прибора (в Амперах);

4. Буква X — для приборов с обратной полярностью, катод на корпусе.

5. Три цифры — дополнительно уточняют типонаминал прибора:

- Класс по напряжению (цифры, соответствуют сотням вольт);
- Цифры (от 0 до 6) — группа по критической скорости нарастания напряжения в закрытом состоянии;
- Цифры (0...9) — группа по критической скорости нарастания амплитуды тока в открытом состоянии.



	BT	A	40	-	600	B	RG
Серия симистора							
Изолированность корпуса							
A = изолированный							
B = не изолированный							
Ток							
40 = 40 А в корпусе RD91							
Напряжение							
600 = 600 В							
800 = 800 В							
Чувствительность и тип							
B = 50 мА стандарт							
Корпус							
RG = Tube							
Blank = Bulk							

	Наименование						
	ТД-250-13-0,9-4-3-1						
	ТЧ-200-10-0,8-4-3-2						
Тиристор							
Быстродействующий (или с повышенными динамическими параметрами)							
Предельный ток, А							
Класс (повторяющееся напряжение)							
Прямое падение напряжения, В							
Группа по (du/dt) крит, В/мкс							
Группа по времени включения, мкс							
Группа по (di/dt) крит, А/мкс							

УСТРОЙСТВА НА ТИРИСТОРАХ

- *Тиристоры являются основными элементами в устройствах для регулирования мощности и защиты цепей.*
- *Они могут быть использованы в источниках питания, преобразователях напряжения, в системах световой и звуковой автоматики, таких как цветомузыка, а также в зарядных устройствах и регуляторах мощности.*
- *Мощностные тиристоры применяются в схемах для стабилизации мощности в промышленных установках.*
- *Управляющие тиристоры используются для защиты устройств от перепадов напряжения или коротких замыканий.*
- *Тиристоры также незаменимы в системах, где требуется высокая надежность и долговечность работы устройства при большой нагрузке.*

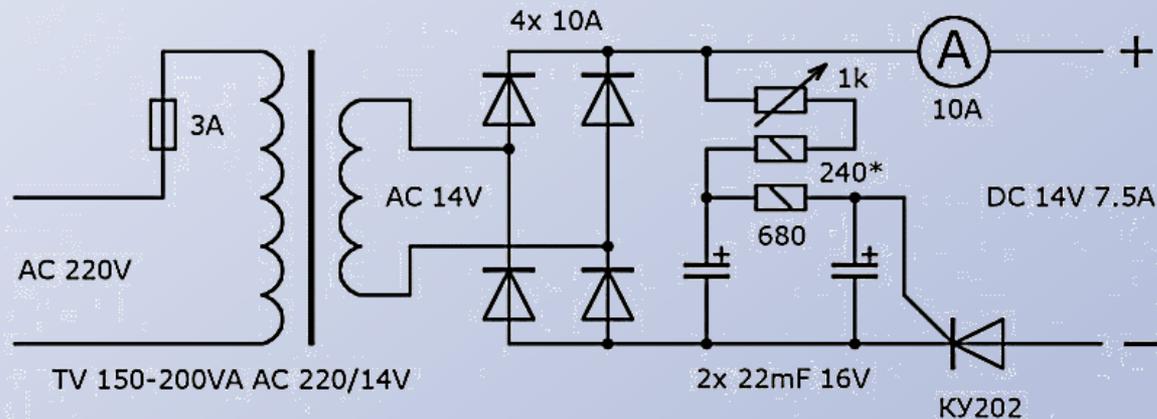
ПРИМЕНЕНИЕ ТИРИСТОРОВ

ЗАРЯДНЫЕ УСТРОЙСТВА, использующие тиристоры, обеспечивают эффективное управление процессом зарядки аккумуляторов или батарей. Тиристор в такой схеме выполняет роль ключа, который регулирует поток тока и напряжения, подаваемого на батарею. В зависимости от состояния управляющего сигнала тиристор может либо пропускать ток, либо блокировать его, что позволяет точно регулировать процесс зарядки.

Процесс зарядки в устройствах на тиристорах состоит из следующих этапов:

- **Включение тиристора:** Когда тиристор получает управляющий сигнал, он закрывает цепь, позволяя току течь к аккумулятору.
- **Регулировка тока:** Время, в течение которого тиристор остается включённым, позволяет регулировать мощность и скорость зарядки.
- **Отключение тиристора:** Когда аккумулятор заряжен, тиристор может быть выключен для прекращения подачи энергии.

Простейшее зарядное устройство на тиристоре состоит из источника переменного тока, выпрямителя, тиристора и контроллера, который управляет включением и выключением тиристора. Такое устройство часто применяется для зарядки малых аккумуляторов, где необходимо ограничение тока или установка нужного режима зарядки.



Пример схемы простого зарядного устройства на тиристоре:

- **Источник переменного тока** (220V) — подаёт напряжение на всю систему.
- **Выпрямитель** (диоды) — преобразует переменный ток в постоянный.
- **Тиристор** — управляется сигналом от контроллера для регулировки зарядного процесса.
- **Аккумулятор** — хранит заряд.
- **Регулятор** — изменяет работу тиристора для настройки тока зарядки.

РЕГУЛЯТОР МОЩНОСТИ НА ТИРИСТОРЕ используется для изменения мощности, передаваемой в цепи, например, в нагревательных устройствах или осветительных системах. Это устройство работает за счёт изменения угла включения тиристора в периоде переменного тока. Таким образом, регулятор позволяет изменять эффективное значение напряжения или тока, подаваемого на нагрузку.

Тиристор включается на определённую долю каждого полупериода переменного тока, что позволяет корректировать среднюю мощность, подаваемую в нагрузку. В результате, можно плавно изменять интенсивность работы устройства, например, регулировать яркость лампы или мощность обогревателя.

Простейшая схема регулятора мощности на тиристоре включает:

- **Источник переменного тока** — основной источник энергии.
- **Тиристор** — регулирует подачу тока на нагрузку.
- **Управляющая схема** — контролирует момент включения тиристора в каждый полупериод, что позволяет регулировать мощность.
- **Нагрузка** — может быть нагревательным элементом, лампой или другим устройством.

