

# Глава 5

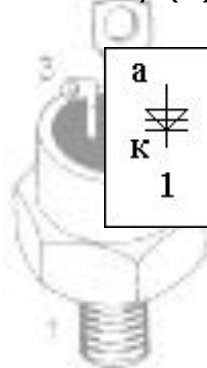
## Тиристоры

**Тиристоры** это полупроводниковые приборы с тремя и более р-п-переходами. Они предназначены, для использования в качестве электронных ключей в схемах коммутации больших по величине токов при сравнительно невысоком быстродействии.

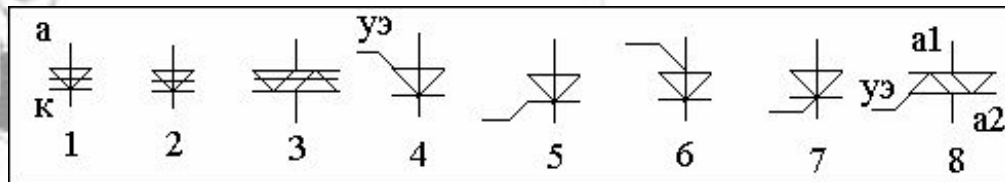
В зависимости от вида ВАХ и способа управления тиристоры делят на диодные и триодные. Диодные тиристоры имеют два вывода – анод и катод. В зависимости от способа управления включения или выключения тока, они бывают: запираемые в обратном направлении (1), проводящие в обратном направлении (2) и симметричные (3). Последние представляют собой встречно- последовательное соединение тиристоров запираемых в обратном направлении. Они способны пропускать ток как в прямом, а также в обратном направлении. Они имеют два вывода, которые называются: анод 1, и анод 2. Триодные тиристоры называют просто – тиристорами. Они имеют три вывода. Появляется третий управляющий электрод (УЭ). Напряжение, подаваемое на него, позволяет управлять включением (выключением) тиристора. Триодные тиристоры подразделяют на: запираемые в обратном направлении с управлением по аноду (4) и по катоду (5); проводящие в обратном направлении с управлением по аноду (6) и по катоду (7); симметричные (двунаправленные).



TO-208

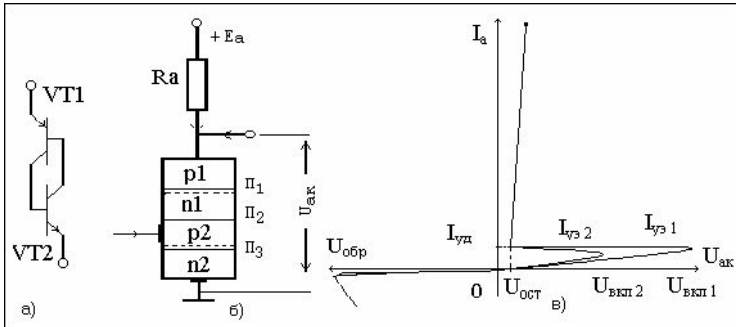


TO-64



ECO-PAC 2

# Структура тиристора, ВАХ и принцип работы



Простейший диодный тиристор имеет четырехслойную р-п-р-п-структуру (рис.А б), изготовленную из кремния.

Область р1, на которую подают положительное напряжение от источника напряжения  $E_a$  называется – анодом, область п2 – катодом, а области п1 и р2 – базами. Между р и п областями возникают р-п-переходы П1, П2, П3. Переходы П1 и П3 называются эмиттерными, переход П2 – коллекторным т.к. он смещен в обратном направлении. Аналогом тиристора может служить схема (рис. А а) из двух биполярных транзисторов VT1 – р-п-р-типа и VT2 – п-р-п-типа.

Вольт-амперная характеристика динистора приведен на рис. Ав. На ней можно выделить четыре участка.

Участок – 1. На аноде положительное напряжение. Переходы П1 и П3 смещены в прямом направлении, а переход П2 – в обратном.

Все внешнее напряжение будет приложено к КП. Ток коллекторного перехода  $I_{kp}$  – это малый по величине ток неосновных носителей заряда. Он является суммой токов, вызванных инжекцией через эмиттерные переходы П1 и П3, и небольшого собственного обратного тока перехода П2:

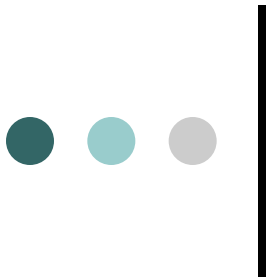
$$I_{kp} = \alpha_1 I_{\epsilon 1} + \alpha_2 I_{\epsilon 2} + I_{ko},$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – коэффициенты инжекции тока эмиттерных переходов П1 и П3. Очевидно, что  $I_{kp} = I_{\epsilon 1} = I_{\epsilon 2} = I_a$  т.к. это элементы одной электрической ветви, а потому

$$I_a = I_{ko} / (1 - (\alpha_1 + \alpha_2))$$

Пока напряжение между анодом и катодом относительно мало  $\alpha_1 + \alpha_2 \ll 1$ ,  $I_{kp} = I_{k0}$ , сопротивление прибора велико (до сотен килоом). Так как коэффициенты передачи тока эмиттерных переходов П1 и П3 ( $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ ) с увеличением  $U_{ак}$  растут. Следовательно, растет и ток  $I_a$ .





Тиристор запираемый

Участок 2. При определенном значении напряжения  $U_{ак}$ , называемом напряжением включения  $U_{вкл}$ ,  $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ . Ток в соответствии с (6.4) должен стремиться к бесконечности. Начинается лавинообразное увеличение токов. Транзисторы переходят в режим полного насыщения. Сопротивление прибора при этом падает до единиц ом. Но наличие в цепи анода резистора с сопротивлением  $R_a$  ограничивает ток на уровне  $E_a/R_a$ .

Участок 3, соответствует ВАХ диода в открытом состоянии. Это проводящее состояние динистора.  $I_a = E_a / R$ .

Участок 4. Переходы П1 и П3 смещены в обратном направлении. Ток динистора мал. Это запертое т.е. непроводящее ток, состояние динистора. При достаточно больших обратных напряжениях, обратный ток динистора резко возрастает – это тепловой пробой. В основном за процесс включения динистора отвечает переход П3 и процессы в области  $p_2$ . Обычно выполняется условие  $\alpha_2 > \alpha_1$ . Это достигается конструкцией –  $W_{n1} > W_{p2}$ , где  $W_{n1} > W_{p2}$  – толщина базы  $n_1$  и  $p_2$ .

Тиристор имеет дополнительный – управляющий электрод. Если, используя управляющий электрод, с помощью внешнего источника напряжения или тока в цепи эмиттерного перехода П3

обеспечить протекание тока, то это вызовет увеличение  $\alpha_2$  и сумма  $\alpha_1 + \alpha_2$  приблизится к единице при меньшем напряжении  $U_{ак}$ , чем при отсутствии тока в цепи управляющего электрода. Следовательно, изменяя ток управляющего электрода,  $I_{уэ}$  можно изменять  $U_{вкл}$ . После открывания тиристора ток  $I_{уэ}$  может быть уменьшен до нуля, но прибор останется во включенном состоянии. Чтобы выключить прибор, надо прервать или значительно уменьшить на определенное время проходящий через него ток – условие выключения тиристора  $I_a < I_{уд}$ .

В последнее время начат выпуск ЭПС пятислоиной структурой (семисторов). Их ВАХ одинакова в 1-м и 3-м квадрантах, а управление включением обеспечивается с помощью одного (общего) электрода.

**Параметры тиристорov.** Тиристоры принято характеризовать напряжением и током включения; максимально допустимым обратным напряжением, максимально допустимым током в открытом состоянии, падением напряжения на приборе при максимально допустимом прямом токе; током выключения или его называют током удержания (током, ниже которого прибор переходит в закрытое состояние), минимальной длительностью включающего импульса: Все эти параметры и ряд дополнительных данных об условиях эксплуатации тиристорov приводится в соответствующих справочниках.

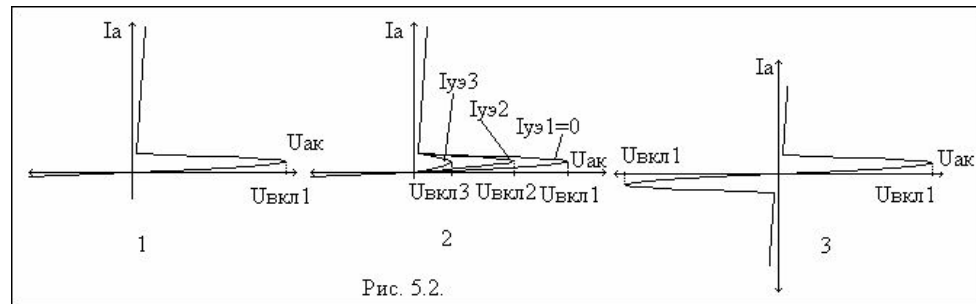


Рис. 5.2.