Дата проведения занятия 17 сентября 2020 г.

Номер пары: 14(15).

Группа: 21А

Тема занятия: Тиристоры. Виды тиристоров

Срок выполнения задания 18.09.2020

**По запросу преподавателя**, для проверки конспекта, скинуть фото конспекта в социальной сети «В контакте» Орлову А.А. (https://vk.com/id421045327) личным сообщением.

Проверка освоения теоретического материала будет произведена выполнением проверочной работы.

Все вопросы, которые возникнут в процессе работы, можете задавать в социальной сети «В контакте» Орлову А.А. (https://vk.com/id421045327) личным сообщением. Убедительная просьба сообщить в социальной сети «В контакте» Орлову А.А. (<https://vk.com/id421045327>) свою электронную почту, если вы это еще не сделали.

**Задание.**

Используя предложенные справочные материалы (текст после вопросов и заданий) и другие источники информации (учебники, интернет), составить конспект по теме занятия.

**В конспекте обязательно должны быть выполнены задания и ответы на вопросы**

1. Поясните, что такое тиристор, как классифицируют тиристоры?
2. Поясните, что такое динистор, в каких состояниях он может находиться , отметьте его вольтамперную характеристику, структуру и условное обозначение.
3. Поясните, что такое тринистор, какие бывают тринисторы, чем он отличается от динистора? В каких состояниях он может находиться, отметьте его вольтамперную характеристику, структуру и условное обозначение.
4. Поясните, что такое симистор, чем он отличается от обычного тиристора? В каких цепях он может применяется, отметьте его вольтамперную характеристику, структуру и условное обозначение.

Проверьте себя, выполнив приведенные ниже задания рабочей тетради по электронной технике (в конспект не писать).

* 1. Дополните классификацию, приведенную на рисунке.

Тиристоры

По структуре

По числу выводов

По конструкции

По мощности

|  |
| --- |
| По числу выводов: динистор (диодный),… |
| По конструкции: таблеточные, фланцевые, … |
| По мощности: малой мощности, … |
| По структуре: симметричные,... |

* 1. Закончите предложения и вставьте пропущенные слова.
* В закрытом (не проводящем) состоянии сопротивление тиристора - \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, в открытом (проводящем) сопротивление тиристора \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.
* Динистор – прибор, имеющий \_\_\_\_\_\_ вывода, содержит четыре полупроводниковые области с чередующимися типами проводимости*.* Крайняя р-область называется\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, а крайняя n-область — \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. При подаче положительного напряжения на анод, динистор перейдет в проводящее состояние, если величина напряжения достигнет значения напряжения \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. Для выключения динистора необходимо \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ ток протекающий через него до значения, меньшего, чем ток удержания (выключения) или \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ анодное напряжение.
* Тринистор отличается от динистора наличием третьего вывода от одной из \_\_\_\_\_\_\_\_ областей. Благодаря \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ электроду тринистор можно открывать при напряжениях, меньших, чем напряжение \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ динистора. Для этого нужно на \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ электрод тринистора подать короткий управляющий импульс. Чем больше величина тока протекающего в цепи \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ электрода, тем \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ откроется тринистор. Для перевода тринистора из открытого состояния в закрытое необходимо \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ ток протекающий через него до значения, меньшего, чем ток удержания (выключения). Тринистор, работающий в цепях переменного тока, запирается автоматически в момент окончания положительной полуволны основного тока.
* Динисторы и тринисторы пропускают рабочий (основной) ток только в одном направлении. Для того чтобы обеспечить протекание тока в обоих направлениях (переменный ток), можно использовать \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ включение двух тиристоров или применить полупроводниковые симметричные структуры типа *рпрпр.* Прибор с такой структурой называют \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ тиристором или \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.
	1. Внесите в соответствующие пустые ячейки таблицы условные графические обозначения тиристоров.

|  |  |
| --- | --- |
| Динистор |  |
| Тринистор с управлением по аноду |  |
| Тринистор с управлением по катоду |  |
| Тринистор с управлением по катоду, выключаемый |  |
| Динистор симметричный (неуправляемый симистор) |  |
| Тринистор симметричный (симистор, триак) |  |

* 1. Определите, какая из вольт-амперных характеристик, изображенных на рис. 5.1., соответствует симистору, динистору, тринистору. Поясните особенности каждой из характеристик.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| а) | б) | в) |
| Рис.5.1. Вольт-амперные характеристики тиристоров. |

|  |
| --- |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

* 1. На каком участке вольт-амперной характеристики тиристора изображенной на рис. 5.2., тиристор находится в закрытом (не проводящем) состоянии, в открытом (проводящем) состоянии и в переходном состоянии.

Рис.5.2. Вольт-амперная характеристика тиристора.

* 1. Выберите правильный ответ или закончите начатое предложение.
* Как называются выводы у тринистора?
1. База, эмиттер, коллектор;
2. Анод, катод, сетка;
3. Анод, катод, управляющий электрод.
* Сколько электронно-дырочных переходов в тринисторе?
1. 4;
2. 3;
3. 2.
* Как называются электронно-дырочные переходы в динисторе?
1. Базовый и коллекторный;
2. Коллекторный и эмиттерный;
3. Базовый и эмиттерный.
* Напряжение переключения у динистора …
1. можно изменить;
2. нельзя изменить.
* Тиристор может находиться …
1. в одном устойчивом состоянии;
2. в одном из двух устойчивых состояний;
3. в одном из трёх устойчивых состояний.
* Тиристор может достаточно долго находиться в …
1. проводящем состоянии;
2. переходном состоянии.
* Динистор, в открытом (проводящем) состоянии может пропускать через себя ток…
1. в одном направлении;
2. в двух направлениях;
3. в трех направлениях.
* Симметричный тринистор (триак), в открытом (проводящем) состоянии может пропускать через себя ток…
1. в одном направлении;
2. в двух направлениях;
3. в трех направлениях.
* Динистор и тринистор можно использовать в электрических цепях …
1. постоянного тока;
2. переменного тока;
3. постоянного и переменного тока.
* Симметричные тиристоры можно использовать в электрических цепях …
1. постоянного тока;
2. переменного тока;
3. постоянного и переменного тока.

**Общие сведения**

**Тиристоры, виды , принцип действия**

Тиристором называется четырехслойный полупроводниковый прибор с тремя последовательно соединенными *pn*-переходами.

Тиристоры классифицируют по количеству выводов, конструкции, мощности, структуре испособам управления.

Тиристор, имеющий два вывода, является неуправляемым переключающим диодом и называется динистором. Включение и выключение динистора осуществляется путем изменения величины и полярности напряжения питания.

Тиристор, имеющий три вывода, является управляемым и называется триодным тиристором или тринистором.

Тринистор переводится из открытого состояния в закрытое с помощью тока управления, подаваемого через третий электрод.

Все тиристоры имеют падающий участок вольт-амперной характеристики, т.е. обладают отрицательным сопротивлением.

**Двухэлектродные тиристоры — динисторы**

*Динистором* называется двухэлектродный прибор диодного типа, имеющий три p-n-перехода, который обладает способностью переключаться из закрытого состояния в открытое при превышении током некоторого критического значения.

Структура и УГО динистора приведены на рис. 1*.*

Рис. 1. Структура и УГО динистора.

Прибор содержит четыре полупроводниковые области с чередующимися типами электрической проводимости: *р-п-р-п.* Крайняя р-область называется анодом, а крайняя n-область — катодом. Так как между двумя прилегающими друг к другу областями с различными типами электропроводности образуется электронно-дырочный переход, то в динисторе таких переходов оказывается три: 1, 2 и 3*.*

Если динистор подключен к источнику напряжения так, что «минус» подается на анод, а «плюс» — на катод, то крайние pn-переходы оказываются включенными в обратном направлении и через динистор протекает небольшой обратный ток (участок *ОГ)* — рис. 2*.*

Рис. 2. Вольт-амперная характеристика динистора

При изменении полярности источника внешнего напряжения переходы 1 и 3включаются в прямом направлении, а средний переход 2— в обратном. Сопротивление между анодом и катодом динистора в этом случае также велико (сотни килоом), и через него протекает небольшой ток Iзкр, измеряемый при напряжении Uпр.зкр.макс, которое называют максимально допустимым постоянным прямым напряжением на закрытом тиристоре.

При некотором значении прямого напряжения, называемого напряжением включения Uвкл, средний переход открывается, сопротивление между анодом и катодом уменьшается до десятых долей ома. Такое состояние динистора называют открытым. Падение напряжения на открытом динисторе составляет всего 1...2 В (участок *БВ)* и мало зависит от величины тока, протекающего через динистор. В справочных данных обычно указывается значение напряжения открытого динистора Uоткр при максимально допустимом постоянном токе Iоткр.макс

Таким образом, динистор при подаче на него прямого напряжения может находиться в двух устойчивых состояниях: закрытом и открытом. В закрытом состоянии к динистору может быть приложена значительное напряжение, а ток при этом будет малым. В открытом состоянии через динистор протекает существенный ток при относительно низком падении напряжения.

 Напряжение включения для динисторов составляет, как правило, десятки -сотни вольт. В открытом состоянии динистор находится до тех пор, пока через него протекает ток, не меньший, чем ток удержания Iуд. Для перевода динистора из открытого состояния в закрытое следует уменьшить напряжение внешнего источника примерно до 1 В или вовсе отключить его.

**Трехэлектродные тиристоры — тринисторы**

*Тринистором* называется трехэлектродный прибор, имеющий три p-n-перехода, который обладает способностью переключаться из закрытого состояния в открытое при подаче сигнала на его управляющий электрод.

Тринистор отличается от динистора наличием третьего вывода от одной из средних областей. В зависимости от расположения управляющего электрода тиристоры делятся на тиристоры с катодным управлением и тиристоры с анодным управлением. Расположение этих управляющих электродов и схематические обозначения тиристоров приведены на рис 3 а,б. Вольтамперная характеристика тиристора приведена на рис. 3 в. Она отличается от характеристики динистора тем, что напряжение включения регулируется изменением тока в цепи управляющего электрода. При увеличении тока управления снижается напряжение включения. Таким образом, тиристор эквивалентен динистору с управляемым напряжением включения. Благодаря третьему — управляющему — электроду тринистор можно открывать при напряжениях, меньших, чем Uпер макс (Uвкл – для динистора) - Uпер1, Uпер2 см. рис. 2 и 3. Для этого нужно на управляющий электрод тринистора подать короткий (длительностью в несколько микросекунд) управляющий импульс положительной (если управляющий вывод электрода сделан от р-базы) или отрицательной (при выводе от n-базы) полярности (рис. 3)

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Рис. 3. Структура, условное обозначение и вольт-амперная характеристика тринистора.

Чем больше будет величина тока протекающего в цепи управляющего электрода (Iу), тем раньше откроется тринистор (т.е. при меньшем Uвкл или Uпер).

После включения управляющий электрод теряет управляющие свойства и, следовательно, с его помощью выключить тиристор нельзя.

Для перевода тринистора из открытого состояния в закрытое необходимо уменьшить основной ток до значения, меньшего, чем Iуд.

Для выключения тиристора необходимо отвести неравновесные носители заряда из области, в которой располагается управляющий электрод. В то же время основной ток, протекающий через еще открытый тиристор, непрерывно восполняет количество неравновесных носителей заряда. Таким образом, значение тока управления, необходимое для выключения тиристора, зависит от основного тока через тиристор. Вследствие этого существуют тиристоры, запираемые по управляющему электроду. Запираемый тиристор способен переключаться из открытого состояния в закрытое при подаче на управляющий электрод сигнала обратной полярности отпирающему.

Тринистор, работающий в цепях переменного тока, запирается автоматически в момент окончания положительной полуволны основного тока. Этим объясняется широкое применение тринисторов в устройствах переменного тока — для управления электродвигателями переменного тока, в выпрямителях и инверторах, импульсных схемах, устройствах автоматики и др.

Ток и напряжение цепи управления небольшие, а основной ток может составлять единицы, десятки и сотни ампер при анодных напряжениях от десятков-сотен вольт до нескольких тысяч вольт. Поэтому коэффициент усиления по мощности у тринисторов достигает 104...105.

**Симметричные тиристоры**

Симметричным тиристором (симистором) называют триодный тиристор, который при подаче управляющего сигнала на управляющий электрод способен включаться как в прямом, так и в обратном направлениях.

Динисторы и тринисторы пропускают рабочий (основной) ток только в одном направлении. Для того чтобы основной ток протекал в обоих направлениях (переменный ток), можно использовать встречно-параллельное включение двух тиристоров. Эту же задачу можно решить и более простым способом, применив двухсторонние полупроводниковые ключи типа *р-п-р-п-р.* Такой прибор называют симметричным тиристором, симистором, или триаком. Симистор предназначен для коммутации в цепях переменного тока. Он может использоваться для создания реверсивных выпрямителей или регуляторов переменного тока. Структура симметричного тиристора приведена на рис. 4, а), а его вольтамперная характеристика - на рис. 4, б).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Рис. 4. Структура, условное обозначение (а) и вольт-амперные характеристики симистора.

Полупроводниковая структура симистора содержит пять слоев полупроводников с различным типом проводимостей и имеет более сложную конфигурацию по сравнению с тиристором.

Как следует из вольтамперной характеристики симистора, прибор включается в любом направлении при подаче на управляющий электрод УЭ положительного импульса управления. Требования к импульсу управления такие же, как и для тиристора. Симистор можно заменить двумя встречно параллельно включенными тиристорами с общим электродом управления.