

*Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю. М. Потебні*

*Кафедра: Електроніки, інформаційних систем та програмного
забезпечення*

Лабораторна робота № 6

з дисципліни Аналогова та оптоелектроніка

Дослідження характеристик тиристорів

Студента (ки) 2 курсу, групи _____

(прізвище та ініціали)

Викладач _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Мета роботи – вивчення принципу дії і властивостей, дослідження характеристик, ознайомлення з основними параметрами і використанням тиристорів.

6.1 Короткі теоретичні відомості

Тиристор (від грецького “thyra” - двері) – напівпровідниковий прилад, виконаний на основі монокристала напівпровідника з трьома або більш р-n переходами і який має два стійкі стани:

- «закритий» стан – стан низької провідності;
- «відкритий» стан – стан високої провідності.

Основне використання триністорів (тиристорів з трьома електричними виводами: анодом, катодом і управляючим електродом) – управління потужним навантаженням за допомогою слабкого сигналу, який подається на управляючий електрод.

Основою тиристорів є структура типу р-n-р-n (рис. 6.1) з чотирьох шарів. Крайні області тиристорної структури називають емітерами (n і p), сусідні до них р-n переходи: Π_1 і Π_3 – емітерними, центральний перехід (Π_2) – колекторним. Поміж переходами знаходяться базові області (р і n), або просто – бази. Електрод, який забезпечує контакт з n-емітером, називають катодом, з р-емітером – анодом.

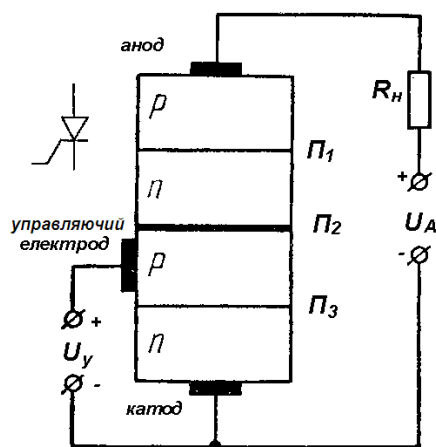


Рисунок 6.1 - Система р-n переходів тиристора

Існують три типи тиристорів:

- діодний тиристор – його бази не мають виводів;
- тріодний тиристор – має додатковий вивід від р-бази, який зветься керуючим електродом;
- тетродний тиристор – обидві бази мають виводи, тобто у приладу є два керуючих електроди.

Тиристори отримали широке застосування в радіо- та електротехніці у якості швидкодіючих перемикаючих пристроїв. Вони використовуються при конструюванні генераторів імпульсів різної форми, у схемах випрямлячів, для регулювання потужності змінного струму. Тиристори є напівпровідниковими аналогами лампових тиратронів.

Вольт-амперною характеристикою (ВАХ) тиристора називають залежність анодного струму від анодної напруги при сталому значенні струму управління

$$I_A = f(U_A) \Big|_{I_y = \text{const}}$$

На ВАХ тиристора (рис. 6.2) можна відмітити три основні області: область 1 – на аноді позитивне значення напруги, яке може сягати сотень вольт, але опір тиристорі великий (декілька мегом), тому анодний струм порівняно малий (декілька мікроампер), у такому стані тиристор замкнений; область 2 – тиристор має негативний опір, ця ділянка відповідає нестійкому стану тиристора; область 3 – анодна напруга не перевищує 1 – 2 В, але анодний струм порівняно великий – тиристор у відкритому стані.

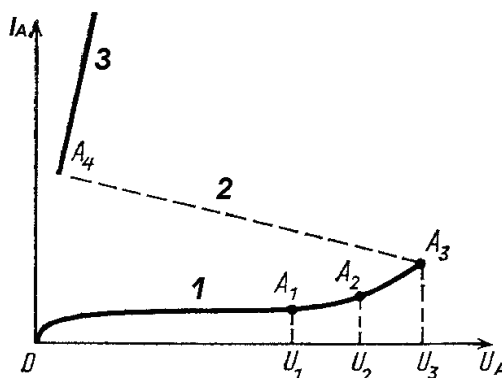


Рисунок 6.2 - Вольт-амперна характеристика тиристора

Переходи Π_1 та Π_3 при поляризації напруги, яка показана на рисунку 6.1, зміщені у прямому напрямку (відкриті), а перехід Π_2 – в зворотному (закритий). При малому значенні напруги на тиристорі, струм, який тече через нього, буде визначатися переходом Π_2 : переходи Π_1 та Π_3 відкриті, тому їхній опір порівняно малий, а опір закритого переходу Π_2 навпаки, великий. Тому початкова ділянка $0A_1$ вольт-амперної характеристики тиристора (рис. 6.2) подібна до ВАХ р-n переходу зміщеному в зворотному напрямку. Струм через перехід Π_2 утворюється переміщенням через нього неосновних носіїв у прилеглих базових областях: електрони є неосновними носіями у середній р-області, а дірки – у середній n-області.

При збільшенні напруги, прикладеної до тиристора, зростають прямі струми через переходи Π_1 і Π_3 (точка A_2 на рисунку 6.2). Внаслідок цього у середню р-область через перехід Π_1 інjektується (вприскується, поступає) зростаюча кількість електронів, а у середню n-область – зростаюча кількість дірок через перехід Π_3 . Таким чином, концентрація неосновних носіїв у прилеглих до переходу Π_2 областях зростає. Це призводить до зменшення опору переходу Π_2 та перерозподілу падінь напруг між переходами Π_1 , Π_2 , Π_3 : на переході Π_2 падіння напруги зменшується, а на переходах Π_1 і Π_3 – зростає. При деякому критичному значенні зовнішньої напруги на тиристорі

$$U_3 = U_{\text{вкл}}$$

процес зростання струму через переходи Π_1 і Π_3 приймає лавиноподібний характер – тиристор відкривається.

Струм різко, стрибком, зростає (ділянка $A_3 - A_4$), його величина обмежується головним чином опором навантаження R_H , яке увімкнено послідовно до тиристора. При цьому опір переходу Π_2 і тиристора у цілому зменшується настільки, що на тиристорі падає лише близько одного вольту напруги, а основна частина напруги падає на опорі навантаження R_H . Неосновних носіїв у прилеглих до переходу Π_2 областях тепер велика кількість і тому цей перехід можна вважати зміщеним у прямому напрямку. Таким чином, коли тиристор відкривається, то усі три переходи є зміщеними у прямому напрямку.

Якщо через управляючий електрод (рис. 6.1) подати пряму напругу на перехід Π_2 , то можна регулювати величину $U_{вкл}$ – напруги, при якій тиристор відкривається. Ця властивість тиристора ілюструється вольт-амперними характеристиками, які на рисунку 6.3.

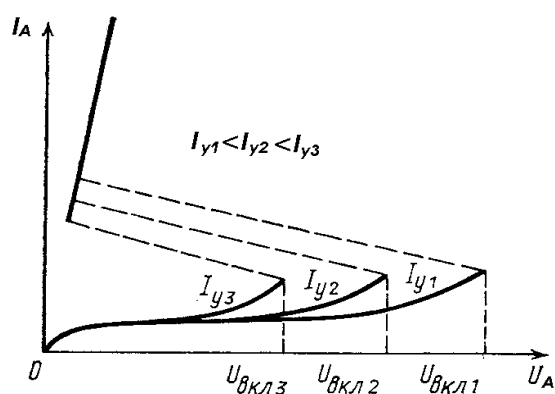


Рисунок 6.3 - Вольт-амперні характеристики тиристора при різних струмах управління

Чим більше струм управління I_y , тим сильніша інжекція неосновних носіїв до середнього переходу, і тим меншу напругу необхідно подати на тиристор, щоб його відкрити. При достатньо великому значенні струму управляючого електроду, ВАХ тиристора вироджується у характеристику звичайного діода, втрачаючи ділянку негативного опору. Залежність поміж струмом управління I_y та напругою, при якій тиристор відкривається $U_{вкл}$, називається пусковою характеристикою тиристора (рис. 6.4).

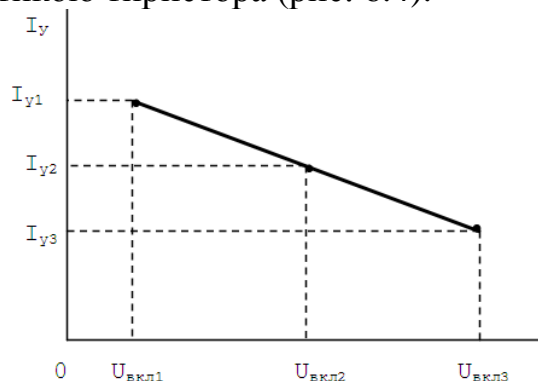


Рисунок 6.4 - Пускова характеристика тиристора

6.2 Опис віртуального EWB стенду

На рисунку 6.5 приведені позначення перемикальних діодів, моделі яких є в програмі EWB: діод Шотки, симетричний диністор, триністор і симетричний триністор.

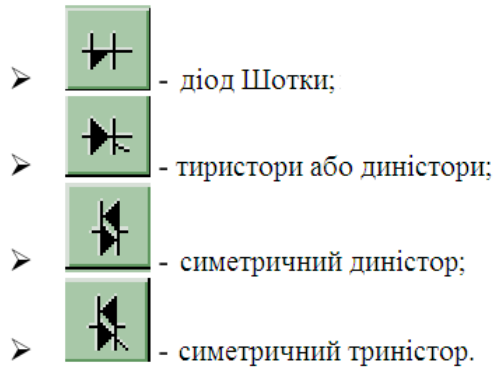


Рисунок 6.5 – Позначення моделей перемикальних діодів

Для перемикальних діодів можна задати значення наступних параметрів (для EWB їх позначень вказуються в квадратних дужках):

- Saturation current I_s [IS], А – зворотний струм диністора;
- Peak Off-state Current I_{drm} [IDRM], А – зворотний струм триністора;
- Switching voltage V_s [VS], В – напруга, при якій диністор перемикається у відкритий стан;
- Forward Breakover voltage V_{drm} [VDRM], В – те ж саме, але для триністора при нульовій напрузі на управляючому електроді;
- Peak On-State Voltage V_{tm} [VTM], В – падіння напруги у відкритому стані;
- Forward Current at which V_{tm} is measured I_{trn} [ITM], А – струм у відкритому стані;
- Turn-off time T_g [TG], с – час перемикавання в закритий стан;
- Holding current I_h [IH], А – мінімальний струм у відкритому стані (якщо він менше встановленого, то прилад переходить в закритий стан);
- Critical rate off-state voltage rise dv/dt [DV/DT], В/мкс – допустима швидкість зміни напруги на аноді триністора, при якому він продовжує залишатися в закритому стані (при більшій швидкості триністор відкривається);
- Zero-bias junction capacitance C_j [CJO], Ф – бар'єрна ємність диністора при нульовій напрузі на переході;
- Gate Trigger voltage V_{gt} [VGT], В – напруга на управляючому електроді відкритого триністора;
- Gate Trigger current I_{gt} [IGT], А – струм управляючого електрода;
- Voltage at which I_{gt} is measured V_d [VD], В – відмикаюча напруга на управляючому електроді.

Перераховані параметри можна задати за допомогою діалогових вікон (рис. 6.6).

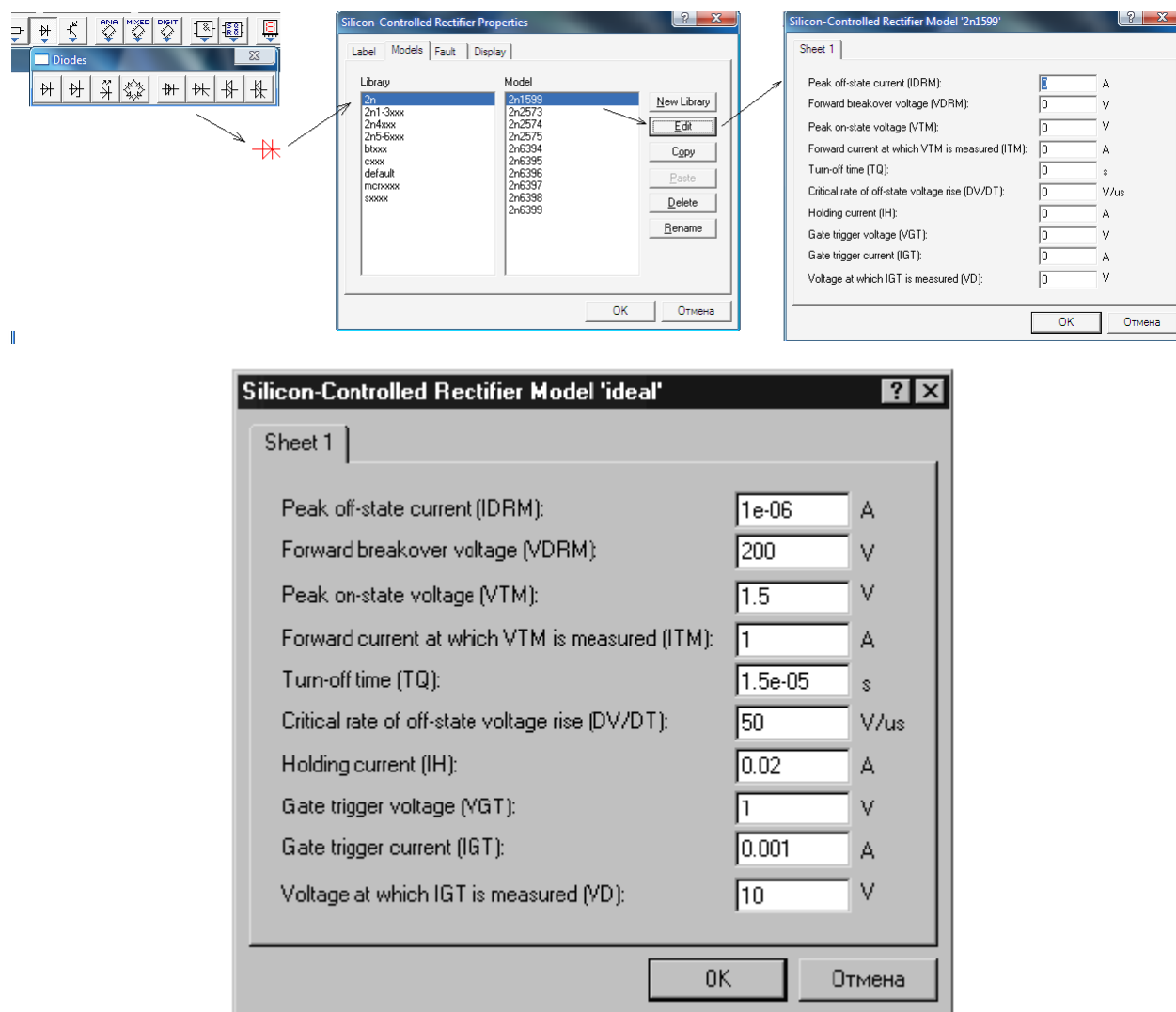


Рисунок 6.6 – Діалогове вікно установки параметрів триністора

6.3 Порядок виконання роботи

1. Запустіть програму Electronics Workbench.
2. Підготуйте новий файл для роботи.

Побудова прямої гілки ВАХ тиристора.

3. У новому файлі програми Electronics Workbench зберіть схему за рисунком 6.7.

4. Коли схема зібрана і готова до запуску, натисніть кнопку включення живлення на панелі інструментів. У разі серйозної помилки в схемі (коротке замикання елемента живлення, відсутність нульового потенціалу в схемі) буде видано попередження.

5. Вимірюйте значення напруги і струмів тиристора при значеннях ЕРС джерел, приведених в таблиці 6.1. У разі потреби можна користуватися кнопкою Pause. Отримані дані занесіть в таблицю 6.1.

6. За даними таблиці побудуйте пряму гілку вольтамперної характеристики тиристора.

3. За даними таблиці побудуйте зворотну гілку вольтамперної характеристики тиристора.

4. Зробіть виводи відносно зробленої роботи.

6.5 Контрольні питання

1. Пояснити будову та принцип дії тиристора.
2. Який вигляд має вольт-амперна характеристика тиристора?
3. Пояснити дію керуючого електроду тиристора.
4. Що називають пусковою характеристикою тиристора? Як на її підставі побудувати ідеалізовану ВАХ тиристора?
5. Якими є практичні застосування тиристорів?

Література

1. Бойко В. І., Гуржій А. М., Жуйков В. Я. Основи схемотехніки електронних систем: підручник. Київ : Вища шк., 2004. 527 с.

2. Бойко В. І., Зорі А. А. Основи електронних систем : вступ до фаху. Донецьк : ДНТУ, 2002. 207 с.