

# Тема: «Транзистори. Тиристори.»

## План:

1. Напівпровідникові прилади.
2. Будова і принцип дії транзистора.
3. Будова і принцип дії тиристора.

**Напівпровідникові прилади** (англ. *Semiconductor devices*) — електронні компоненти, що виготовляються з напівпровідникових матеріалів (таких як кремній, германій, галій та ін.) і використовують їх електронні властивості. Напівпровідникові прилади виготовляються як у вигляді одиничних дискретних приладів, так і у вигляді інтегральних схем, які можуть вміщувати мільярди напівпровідникових приладів, розміщених на одній підкладці.

### **Будова і принцип дії транзистора.**

Термін «транзистор» утворений з двох англійських слів: transfer - перетворювач і resistor - опір. У спрощеному вигляді транзистор є пластиною напівпровідника з трьома ділянками з різною електропровідністю. Ці ділянки чергуються, утворюючи два р-л-переходи. Дві крайні ділянки мають електропровідність одного типу, середня - іншого. У кожній області свій контактний вивід. Якщо крайні області з дірковою електропровідністю, а середня з електронною (мал. 81, а), то такий прилад називають транзистором р-п-р-типу. В п-р-п транзисторах, навпаки, крайні ділянки з електронною електропровідністю, а між ними - область з дірковою електропровідністю (мал. 81,б)

Транзистор - напівпровідниковий елемент електронних схем з трьома електродами, один з яких слугує для керування струмом між двома іншими.

Виводи транзистора називаються емітер, база і колектор. У транзисторі п-р-п-типу емітер і колектор леговані<sup>1</sup> донорами, а база - акцепторами. У транзисторі р-л-р-типу - навпаки.

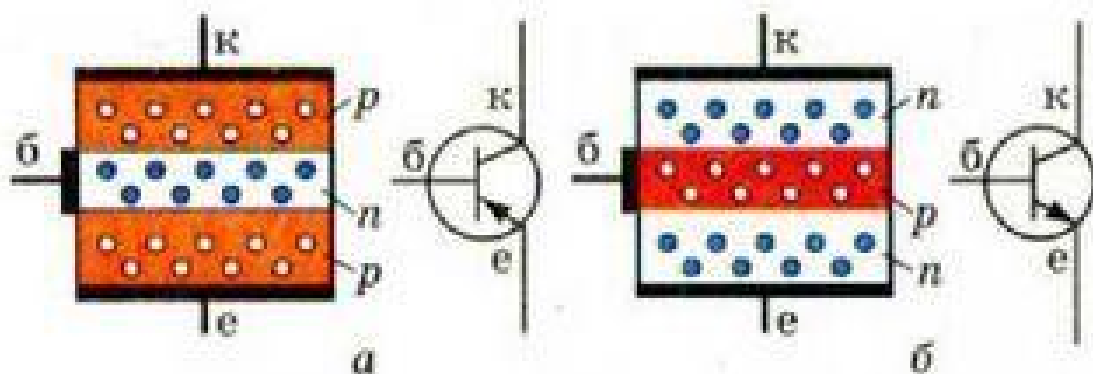
Дія транзистора ґрунтується на використанні двох р-л-переходів між базою та емітером і базою та колектором. В області р-л-переходів виникають шари просторового заряду, між якими лежить тонка нейтральна база. Якщо між базою й емітером створити напругу в прямому напрямку, то носії заряду інжектуються в базу й дифундують до колектора. Оскільки вони є неосновними носіями в базі, то легко проникають через р-л-перехід між базою й колектором. База виготовляється достатньо тонкою, щоб носії заряду

не встигали прорекомбінувати, створивши значний струм бази. Якщо між базою й емітером прикласти запірну напругу, то струм через ділянку колектор-емітер не протікатиме.

Легування у напівпровідниковій технології - додавання домішки до напівпровідника з власною провідністю з метою модифікації типу його провідності.

Залежно від того, в яких станах перебувають переходи транзистора, розрізняють режими його роботи. Оскільки в транзисторі є два переходи (емітерний та колекторний) і кожен із них може перебувати у двох станах (відкритому та закритому), розрізняють чотири режими роботи транзистора. Основним є активний режим, за якого емітерний перехід перебуває у

відкритому стані, а колекторний - у закритому. Транзистори, які працюють в активному режимі, використовуються в схемах підсилення. Окрім активного виділяють Інверсний режим, за якого емітерний перехід закритий, а колекторний - відкритий, режим насичення, за якого обидва переходи відкриті, та режим відсічки, за якого переходи закриті.



Мал. 81. Схема будови та умовне позначення на схемах транзисторів  $p-n-p$ -типу (а) та  $n-p-n$ -типу (б)

### Будова і принцип дії тиристора.

#### Принцип дії тиристора

**Тиристор** є силовим електронним у повному обсязі керованим ключем. Тому іноді в технічній літературі його називають одноопераційним тиристором, який може сигналом управління переводитися тільки в провідний стан, тобто включатися.

Для його виключення (при роботі на постійному струмі) необхідно приймати спеціальні заходи, що забезпечують спадання прямого струму до нуля.

Тиристорний ключ може проводити струм тільки в одному напрямку, а в закритому стані здатний витримати як пряму, так і зворотну напругу.

Тиристор має чотирьохслойну ррпн-структуру з трьома виводами: анод (А), катод (С) і керуючий електрод (G), що відображено на рис.

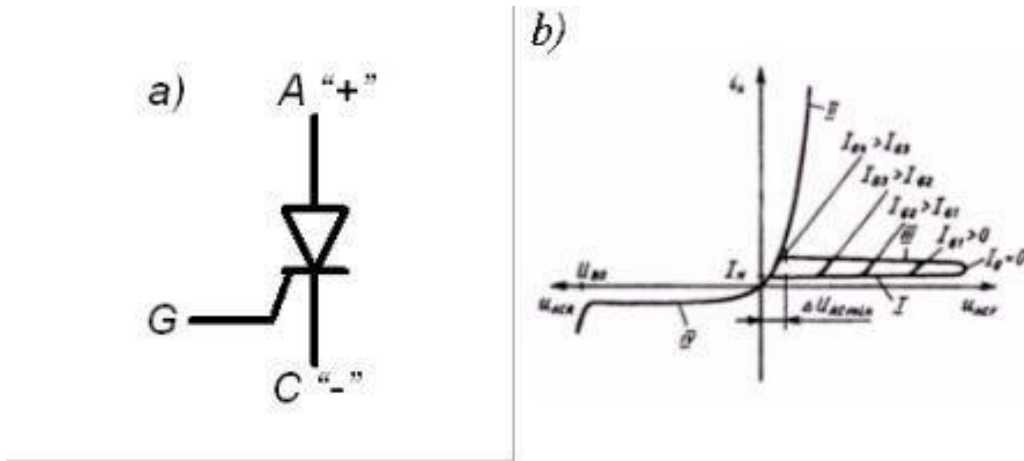


Рис. 1. Звичайний тиристор: а) умовно-графічне позначення; б) вольтамперних характеристика.

На рис. 1, б представлено сімейство вихідних статичних ВАХ при різних значеннях струму управління  $i_G$ .

Граничне пряму напругу, яке витримується тиристором без його включення, має максимальні значення при  $i_G = 0$ .

При збільшенні струму  $i_G$  пряму напругу, витримується тиристором, знижується.

Включеному станом тиристора відповідає гілка II, вимкненого гілка I, процесу включення гілка III.

Утримуючий струм або струм утримання дорівнює мінімально допустимому значенню прямого струму  $i_A$ , при якому тиристор залишається в провідному стані.

Цьому значенню також відповідає мінімально можливе значення прямого падіння напруги на включеному тиристорі.

Гілка IV являє собою залежність струму витоку від зворотної напруги.

При перевищенні зворотною напругою значення  $U_{BO}$  починається різке зростання зворотного струму, пов'язане з пробоем тиристора.

Характер пробію може відповідати незворотного процесу або процесу лавинного пробію, властивого роботі напівпровідникового стабілітрона.

**Тиристори є найбільш потужними електронними ключами, здатними**

комутувати ланцюга з напругою до 5 кВ і струмами до 5 кА при частоті не більше 1 кГц.

Конструктивне виконання тиристорів наведено на рис. 2.

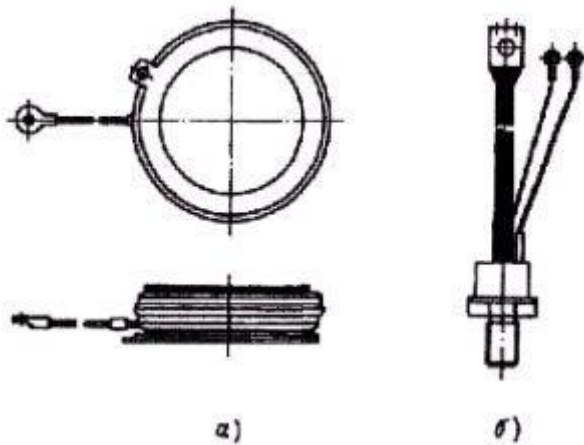


Рис. 2. Конструкція корпусів тиристорів: а) таблеточна, б) штирьова

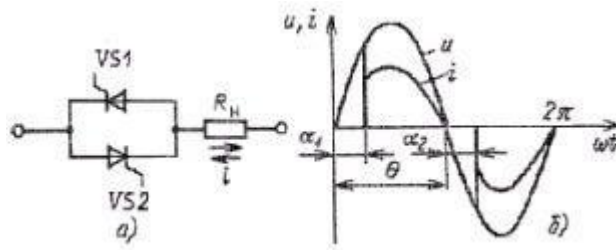


Рис. 4. Зустрічно-паралельне включення тиристорів (а) і форма струму при активному навантаженні (б)

Крім замикаючих тиристорів розроблена широка гама тиристорів різних типів, що відрізняються швидкістю, процесами управління, напрямком струмів в провідному стані і т.д.

Серед них слід відзначити такі типи:

**Тиристор-діод**, який еквівалентний тиристорі із зустрічно-паралельно включеним діодом (рис. 6.12, а);

**Діодний тиристор (динистор)**, перехідний в провідний стан при перевищенні певного рівня напруги, прикладеної між А і С (рис. 6, б);

**Тиристор, що замикається (рис. 6.12, с);**

**Симетричний тиристор або симистор** , який еквівалентний двом зустрічно-паралельно включеним тиристорам (рис. 6.12, d);

**Швидкодіючий інверторний тиристор** (час вимкнення 5-50 мкс);

**Тиристор з польовим управлінням по керуючому електроду** , наприклад, на основі комбінації МОП-транзистора з тиристором;

**Оптотиристор, керований світловим потоком.**

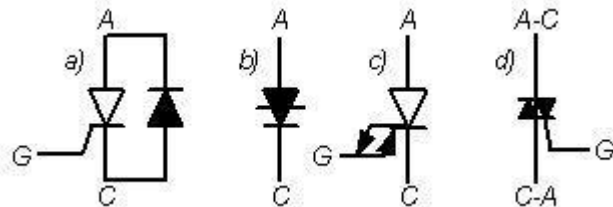


Рис.  
6.

Умовно-графічне позначення тиристорів: а) тиристор-діод; б) діодний тиристор (динистор); с) тиристор, що замикається; d) - симистор