

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ЗВІТ
З лабораторної роботи № 4
ТРАНЗИСТОРИ

Київ 2021

УДК 001.006 (004.21)

ББК 73Ц

I-72

Укладачі: А. О. Запорожченко

I-72 Звіт. З лабораторної роботи №4 Транзистори./ укл. А. О. Запорожченко. – К. : КНУ ім. Т. Шевченка, 2021. – 11 с. (Укр. мов.)

Наведено загальний звіт виконання роботи з моделювання електронних схем у програмі Multisim™.

УДК 001.006 (004.21)

ББК 73Ц

© Київський Національний Університет
імені Тараса Шевченка, 2021

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	3
ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	4
ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА.....	6
1. Біполярний транзистор	6
2. Польовий транзистор	8
ВИСНОВОК	10
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	11

РЕФЕРАТ

Звіт по напівпровідникові діоди: 11 с., 8 мал.

Мета роботи: дослідити вихідні характеристики транзисторів різних типів.

Методи дослідження: 1) одержання зображення ВАХ транзисторів на екрані двоканального осцилографа, що працює в режимі характериографа, 2) побудова сімейства ВАХ шляхом вимірювання певної кількості значень сили струму I_k , що відповідають певним значенням напруги U_{ke} (для певної сили струму бази I_b або напруги U_{be}) для біполярного транзистора та певної кількості значень сили струму стоку I_s , що відповідають певним значенням напруги $U_{св}$ (для певних значень напруги між затвором і витоком $U_{зв}$) для польового транзистора, подання результатів вимірів у вигляді графіків.

Об'єкт дослідження: транзистори: біполярний, польовий.

Предмет дослідження: теоретичні основи, принципи роботи, фізичний зміст і застосування транзисторів.

ТРАНЗИСТОРИ, P-N ПЕРЕХІД, БІПОЛЯРНИЙ ТРАНЗИСТОР, ПОЛЬОВИЙ ТРАНЗИСТОР, ВАХ ТРАНЗИСТОРІВ, MULTISIM.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Біполярний транзистор – це напівпровідниковий прилад з двома р-п-переходами, що взаємодіють між собою, та трьома виводами, підсилювальні властивості якого зумовлені явищами інжекції (введення) та екстракції (вилучення) неосновних носіїв заряду.

Вихідна вольт-амперна характеристика біполярного транзистора – це залежність сили струму колектора I_k від напруги між колектором та емітером $U_{ке}$ при певному значенні струму бази I_b (або напруги між базою та емітером $U_{бе}$) в схемі зі спільним емітером.

Польовий (уніполярний) транзистор – це напівпровідниковий прилад, підсилювальні властивості якого зумовлені струмом основних носіїв, що течуть по провідному каналу, провідність якого керується зовнішнім електричним полем.

Польовий транзистор з керувальним електродом – це польовий транзистор, керування струмом основних носіїв у якому здійснюється за допомогою р-п-переходу, зміщеного у зворотному напрямі.

Вихідна вольт-амперна характеристика (ВАХ) польового транзистора – це залежність сили струму стоку I_c від напруги між стоком та витоком $U_{св}$ при певному значенні напруги між затвором та витоком $U_{зв}$.

Основна функція, яку виконує транзистор (від англ. transfer – переносити і resistor – опір), подібна до функції звичайного водогінного крана: невеликим зусиллям руки керувати сильним напором води у трубі. Існує два найпоширеніших різновиди транзисторів – біполярні та уніполярні (або польові) транзистори.

Роботу біполярного транзистора (наприклад, типу р-п-р) зручно розглядати при включенні його за так званою схемою зі спільною базою (Мал. 1а), коли вивід бази є спільним для вхідного струму (вхідної напруги) та вихідного струму (вихідної напруги). Вихідним струмом транзистора в такій схемі є струм колектора I_k . Цей струм є нічим іншим як струмом неосновних носіїв, що протікає через р-п-перехід, увімкнений у зворотному напрямку (для транзистора типу р-п-р це струм дірок). При нульовій різниці потенціалів між емітером і базою (закороченому вході транзистора) вихідна ВАХ збігається з ВАХ напівпровідникового діода, до якого прикладено напругу у зворотному напрямку. Характерною є слабка залежність струму колектора I_k від різниці потенціалів $U_{кб}$.

При цьому в базу підтягуються електрони зі спільного вивода бази, тобто з бази витікає струм бази I_b (нагадаємо, що напрямок струму протилежний напрямку руху електронів). Таким чином, величина струму бази I_b є показником темпу рекомбінації в базовій області.

Конструкція польових транзисторів з р-п-переходом і схеми їх включення. Тонкий шар напівпровідника n-типу (або р-типу), обмежений з двох боків р-п-переходами, називають каналом (англ. channel). Канал включають в електричне коло за допомогою двох електродів, один з яких називають виток (рос. исток, англ. source), а другий – стоком (англ. drain). Електрод, який приєднується в поперечному напрямку до областей р-типу (або n-типу), відповідно, є керувальним і носить назву затвора (англ. gate). Величина струму в каналі (за відсутності керувальної дії затвора) залежить від напруги, прикладеної між стоком і витком, та від опору напівпровідникової пластинки між цими виводами. Якщо для транзистора з р-каналом до затвора прикласти позитивну відносно витока напругу, то це призведе до збільшення товщини р-п-переходу і, відповідно, до зменшення площі перерізу каналу. Зі зменшенням перерізу каналу збільшується опір між стоком та витком, що призводить до зменшення величини струму крізь канал.

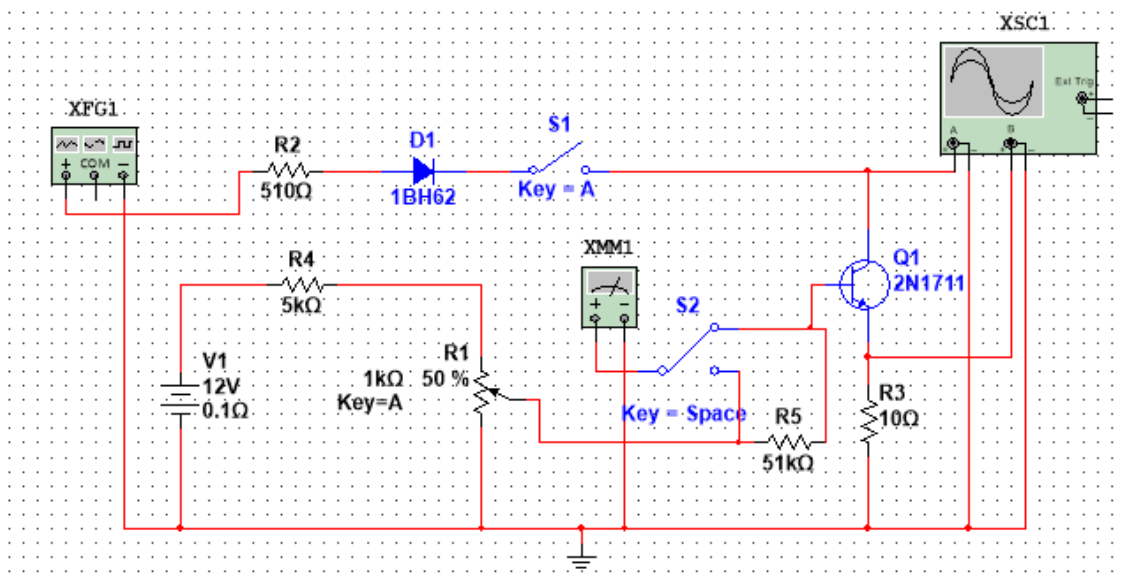
Таким чином, керування струмом каналу здійснюється напругою на затворі, яка відповідає зворотній напрузі на керувальному р-п-переході. Оскільки керувальний струм дуже малий, то потужність керування буде мізерною. В той же час струм каналу може бути досить великим, а керувальний вплив може знижувати його до нуля. Напруга на затворі, при якій струм крізь канал припиняється, називають напругою відсічки.

Польові транзистори з ізольованим затвором мають структуру метал-діелектрик-напівпровідник (МДН-транзистори, англ. MIS transistors). Як діелектрик може використовуватись плівка двоокису кремнію SiO_2 і тому такі транзистори ще називають транзисторами зі структурою метал-оксид-напівпровідник (МОН-транзистори, англ. MOS transistors). Основою приладу є пластинка (підкладка) з монокристалічного кремнію р-типу. Області стоку та витоку являють собою ділянки кремнію, сильнолеговані домішками n-типу (такі області позначають символом n +). Відстань між стоком та витком – близько 1 мкм.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

1. БІПОЛЯРНИЙ ТРАНЗИСТОР

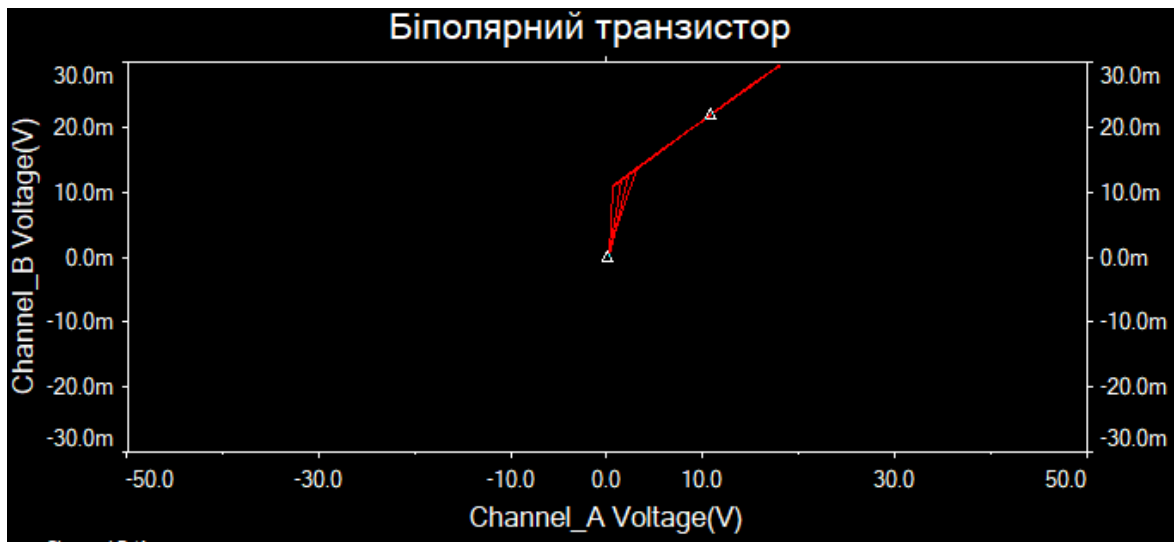
На мал. 1 зображена схема, яку ми моделювали для дослідження властивостей біполярного транзистора. Тут ми використали резистори номіналами 10 та 510 Ом, а також 5 та 51 кОм, також потенціометр з максимальним значенням опору в 1 кОм, батарею на 12 В, випрямлювальний діод та сам досліджуваний біполярний транзистор. Все це живилося від генератора сигналів, який видавав синусоїду частотою 1 Гц та амплітудою 10 В. Для вимірювань ми використовували мультиметр в режимі вольтметра та осцилограф в режимі характериографа.



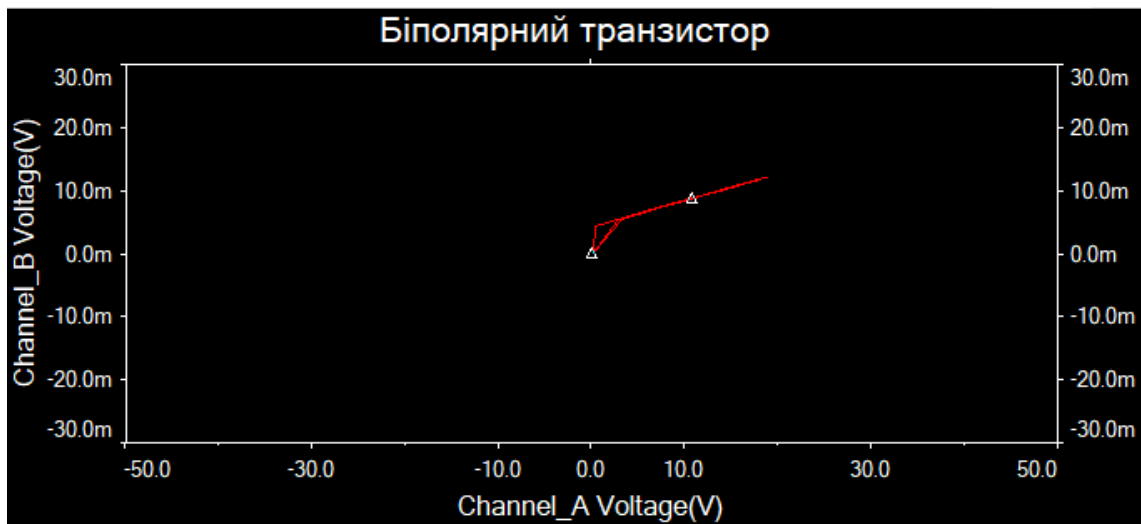
Мал. 1. Схема під'єднання біполярного транзистора

При потенціометрі 30% та ключі при ньому положенням вгору вольтметр показував 7,5 \pm 0,5 пікоВольта. При потенціометрі 30% та ключі при ньому положенням вниз вольтметр показував 0,6 \pm 0,1 пікоВольта. При потенціометрі 50% та ключі при ньому положенням вгору вольтметр показував 1,7 \pm 0,1 наноВольта. При потенціометрі 50% та ключі при ньому положенням вниз вольтметр показував 0,7 \pm 0,1 пікоВольта. При потенціометрі 90% та ключі при ньому положенням вгору вольтметр показував 25 \pm 1 наноВольт. При потенціометрі 90% та ключі при ньому положенням вниз вольтметр показував 0,2 \pm 0,1 пікоВольта.

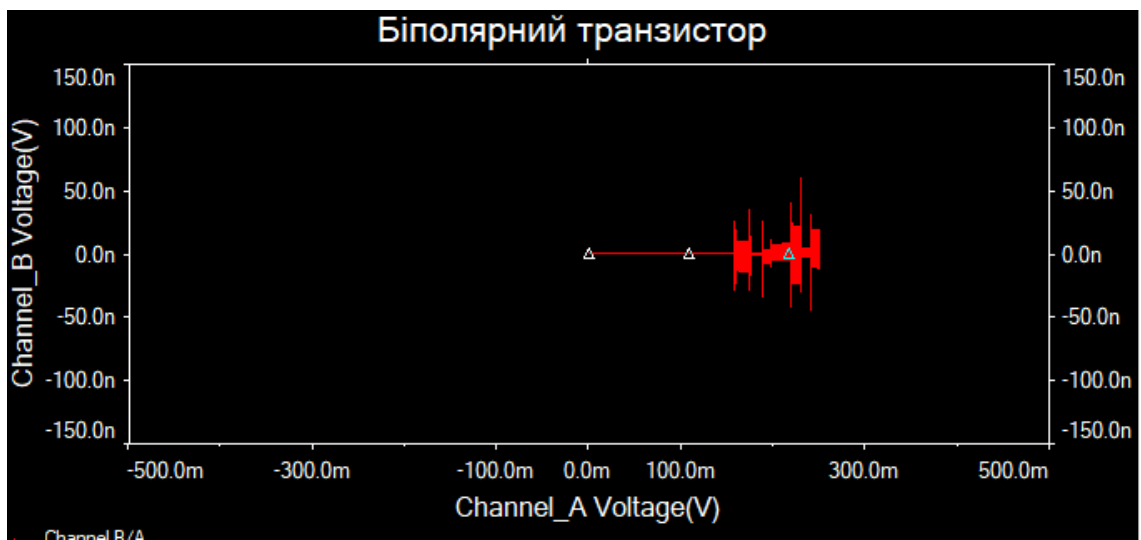
На рисунках 2, 3 та 4 наведені отримані на екрані осцилографа ВАХ транзистора за різних значень опору на потенціометрі (30, 50 та 90%) та при ключі в нижньому положенні. На рисунку 4 ми можемо бачити, що транзистор почав працювати несправно, отже ми досягли його межі.



Мал. 2. ВАХ біполярного транзистора при потенціометрі на 30%



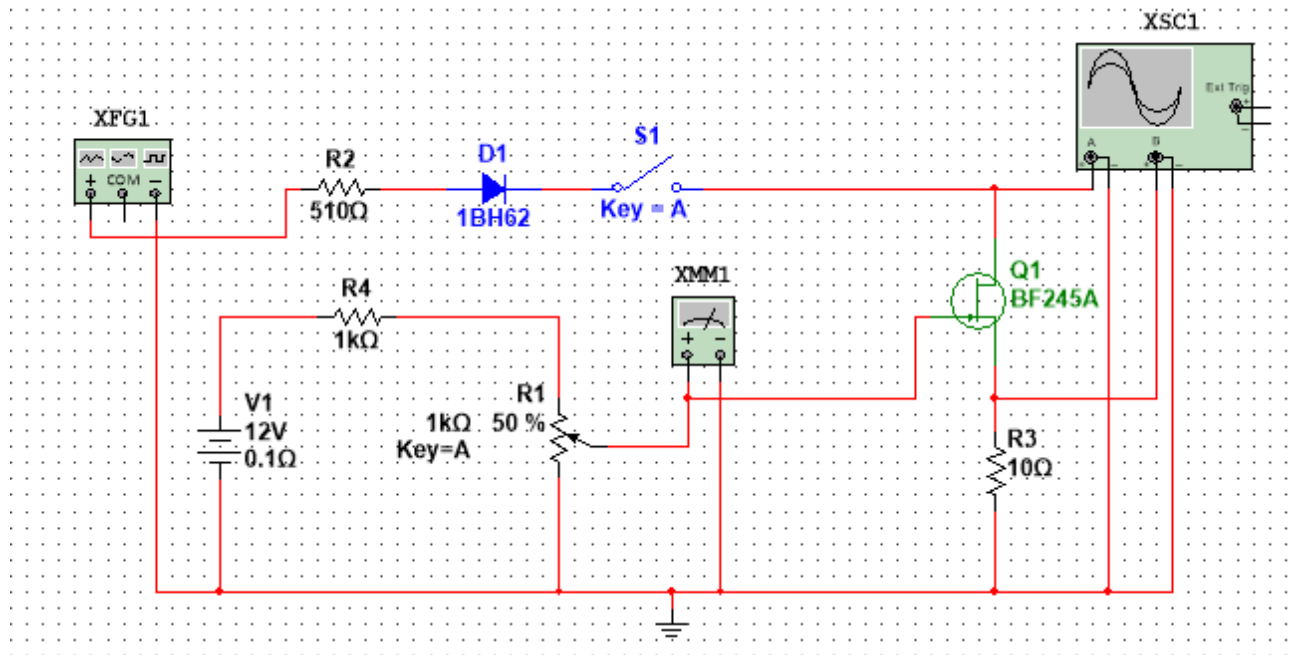
Мал. 3. ВАХ біполярного транзистора при потенціометрі на 50%



Мал. 4. ВАХ біполярного транзистора при потенціометрі на 90%

2. ПОЛЬОВИЙ ТРАНЗИСТОР

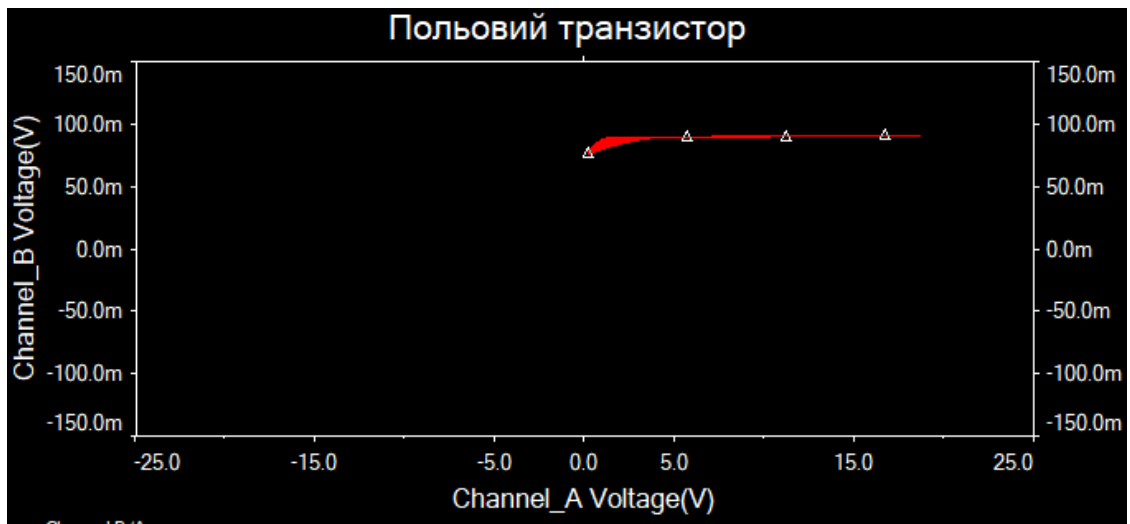
На мал. 5 зображена схема, яку ми моделювали для дослідження властивостей біполярного транзистора. Тут ми використали резистори номіналами 10 та 510 Ом, а також 1 кОм, також потенціометр з максимальним значенням опору в 1 кОм, батарею на 12 В, випрямлювальний діод та сам досліджуваний біполярний транзистор. Все це живилося від генератора сигналів, який видавав синусоїду частотою 1 Гц та амплітудою 10 В. Для вимірювань ми використовували мультиметр в режимі вольтметра та осцилограф в режимі характериографа.



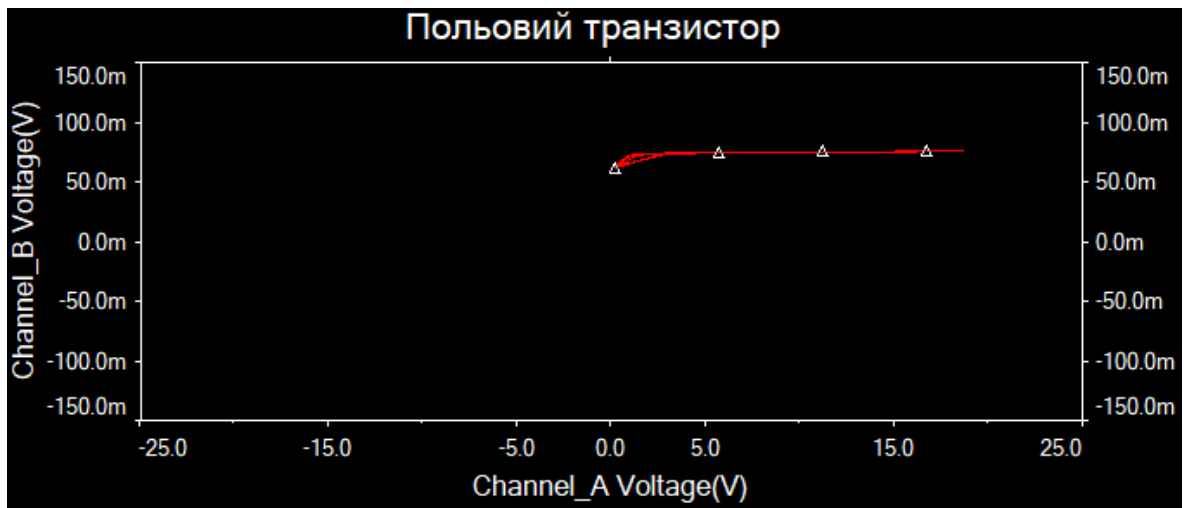
Мал. 5. Схема під'єднання польового транзистора

При потенціометрі 30% та ключі при ньому положенням вгору вольтметр показував 728 міліВольт. При потенціометрі 50% та ключі при ньому положенням вгору вольтметр показував 705 міліВольт. При потенціометрі 90% та ключі при ньому положенням вгору вольтметр показував 565 міліВольт.

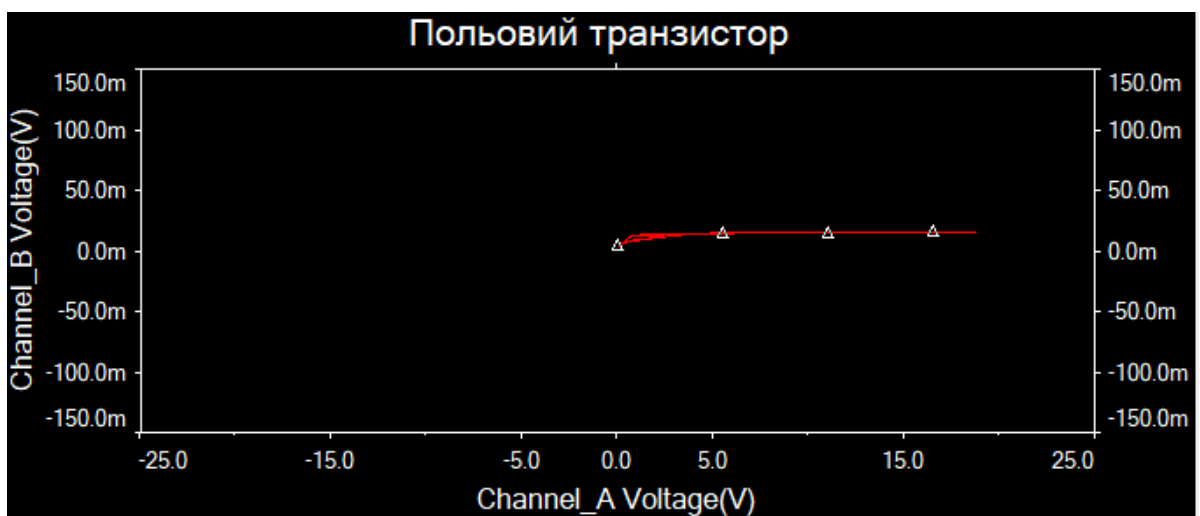
На рисунках 6, 7 та 8 наведені отримані на екрані осцилографа ВАХ транзистора за різних значень опору на потенціометрі (30, 50 та 90%)



Мал. 6. ВАХ польового транзистора при потенціометрі на 30%



Мал. 7. ВАХ польового транзистора при потенціометрі на 50%



Мал. 8. ВАХ польового транзистора при потенціометрі на 90%

ВИСНОВОК

У ході даної лабораторної роботи ми дослідити вихідні характеристики транзисторів різних типів. Ми одержали зображення ВАХ транзисторів на екрані двоканального осцилографа, який працює в режимі характеріографа, а також на екрані вольтметра, що дає уявлення про їх властивості та можливе застосування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до практикуму «Основи радіоелектроніки» для студентів фізичного факультету / Упоряд. О.В.Слободянюк,
2. Ю.О.Мягченко, В.М.Кравченко.- К.: Поліграфічний центр «Принт лайн», 2007.- 120 с.
3. Ю.О. Мягченко, Ю.М. Дулич, А.В.Хачатрян “Вивчення радіоелектронних схем методом комп’ютерного моделювання” : Методичне видання. – К.: 2006.- с.