

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
“УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ”
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА КОМП’ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ

**Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни
«Комп’ютерна електроніка»**

Рівень вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 12 – «Інформаційні технології»

Спеціальність: 123 – «Комп’ютерна інженерія»

ВСТУП

Методичні вказівки складено на основі робочої програми з дисципліни «Комп'ютерна електроніка».

Метою виконання лабораторних робіт є формування у студентів знань і практичних навиків дослідження електронних компонентів у складі окремих електронних модулів. У результаті виконання даних робіт студенти повинні засвоїти принципи дії основних компонентів (резистори, конденсатори, котушки індуктивності, діоди та транзистори) у типових електронних колах, модулях та пристроях сучасної комп'ютерної електроніки. Методика проведення лабораторних робіт базується на наявному устаткуванні, приладах та порядку організації робочих місць у лабораторії електроніки кафедри приладобудування.

Відповідно з методикою студенти повинні самостійно заздалегідь готуватися до занять у лабораторії, вивчаючи відповідні розділи теоретичного курсу за конспектом лекцій і навчальною літературою та виконуючи завдання підготовки до відповідної лабораторної роботи за даними методичними вказівками. Також заздалегідь необхідно заготовити таблиці для фіксації результатів експериментів.

Експериментальна частина лабораторних робіт виконується відповідно до методичних вказівок під керівництвом і за контролем викладача та інженера лабораторії з дотриманням правил техніки безпеки. Результати вимірів студенти у чорновому варіанті обробляють у лабораторії, аналізуючи результати кожного дослідження. За кінцевими результатами виконання кожної лабораторної роботи складається звіт. Для здачі лабораторної роботи студент повинен представити повністю оформлений звіт, уміти пояснити будь-який з проведених дослідів і відповісти на контрольні запитання викладача.

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

До виконання лабораторних робіт студенти допускаються після проведення на першому занятті інструктажу з техніки електричної та протипожежної безпеки у лабораторії електроніки, про що робиться відповідний запис до журналу реєстрації інструктажів з питань охорони праці. Напруги на доступних для дотику виводах лабораторного устаткування не перевищують допустимих значень у 42 В для змінного струму та 110 В для постійного.

Незважаючи на це, оскільки живлення устаткування та вимірювальних приладів здійснюється від мережі 220 В напруги змінного струму, при виконанні робіт не слід:

- доторкатися одночасно до двох одиниць устаткування або приладів;
- доторкатися при виконанні роботи до труб центрального опалення;
- використовувати у якості указок струмопровідні предмети.

Забороняється:

- розмішувати на робочих місцях одяг та інші особисті речі, які не використовуються для роботи;
- без дозволу викладача переміщуватись на інші робочі місця, покидати робочі місця та межі лабораторії.

При виявленні несправності устаткування та вимірювальних приладів або відхилень у їхній роботі, їх необхідно знеструмити і повідомити про це викладачеві.

У разі виникнення нещасного випадку необхідно:

- вимкнути живлення всієї лабораторії центральним вимикачем;
- надати потерпілому першу допомогу;
- негайно сповістити викладача;
- у разі виникнення загоряння загасити полум'я вогнегасником.

Після закінчення виконання роботи необхідн:

- вимкнути живлення устаткування та вимірювальних приладів;
- навести лад на робочому місці;
- отримати дозвіл викладача на оформлення результатів роботи та виходу з лабораторії;
- отримати дозвіл викладача на вихід з лабораторії.

ЗМІСТ ЗВІТУ ПРО ЛАБОРАТОРНУ РОБОТУ ТА ЙОГО ФОРМА

Звіт про лабораторну роботу – це документ, який вміщує опис проведених експериментів, отримані результати у вигляді таблиць, графіків (осцилограм) тощо, розрахункові значення та висновки з виконаної роботи. Звіт повинен бути складений чітко й акуратно. Варто приділяти увагу формулюванню висновків за виконаною роботою, у яких необхідно зіставити результати експериментальних досліджень з відомими з теоретичного курсу закономірностями. Схеми електричні принципів виконуються згідно з вимогами державних стандартів і з застосуванням креслярського знаряддя або комп'ютерних програм. У схемах, формулах і таблицях необхідно використовувати стандартні умовні позначення. Звіт може бути виконаний як вручну, так і з допомогою відповідних програм Microsoft Office.

Звіт має містити:

- заголовок у вигляді «ЗВІТ ПРО ЛАБОРАТОРНУ РОБОТУ №...» і далі номер роботи та її назва;
- підзаголовок у вигляді «Виконав студенткурсу спеціальності прізвище та ініціали студента»;
- дату виконання роботи;
- через два пусті рядки розпочинати текст звіту.

У тексті звіту обов'язково наводяться:

- схеми стендів та установок, на яких проводились дослідження;
- схеми електронних пристроїв або модулів, які досліджувались
- таблиці з експериментальними і розрахунковими даними та побудовані за ними графіки;
- додаткові дані, перелік яких наведений в методичних матеріалах до роботи;
- висновки, у яких наводяться пояснення отриманих результатів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

ОЗНАЙОМЛЕННЯ ІЗ РОБОЧИМ СТЕНДОМ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОНЕНТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ПРИЛАДАМИ ЛАБОРАТОРІЇ. ДОСЛІДЖЕННЯ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ СТЕНДУ

ПІДГОТОВКА ДО РОБОТИ

Згадати основні правила техніки безпеки при проведенні електричних вимірювань в навчальних лабораторіях.

Вивчити опис та правила користування мультиметрами.

Закріпити за собою у керівника практикуму номер лабораторного стенду. Типи всіх досліджуваних електронних компонент лабораторного практикуму будуть «прив'язані» до цього номера.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитися із розміщенням на робочому столі робочим стендом лабораторії відповідно до його структурної схеми (рис.1.1).

2. Ознайомитися із рядом виходів джерел стабілізованої ЕРС позитивної та негативної полярності, розміщеними на робочому столі (біля стінки лабораторії).

3. Засвоїти основні правила досліджень на стенді:

- вимикати джерело стабільної ЕРС перед виконанням будь-яких комутацій у схемі;
- звертати увагу на кольори провідників або контактів при комутації схеми. Зокрема, червоний колір прийнято брати для провідників, які підводять позитивний полюс джерела живлення, а чорний колір - негативний полюс джерела живлення або загальну шину;
- враховувати, що деякі мультиметри працюють лише як амперметр чи вольтметр (дивитись відмітки на звороті);

- не рухати штекери на мультиметрах - вони закріплені стаціонарно;

- правильно виставляти режим роботи і діапазон вимірювання мультиметра.

4. Ознайомитися із мультиметром для проведення досліджень. Засвоїти основні правила проведення вимірювань мультиметром. Поміряти величини ЕРС стабілізованих джерел живлення стенду.

5. Під'єднати до однієї з пар клем 1 стенду одне з джерел стабілізованої ЕРС позитивної полярності. Виміряти величину цієї ЕРС. На клемі 3 виміряти діапазон змін величини регульованої напруги. Зміну напруги здійснювати за допомогою ручки 5. Виміряні величини занести у звіт про роботу.

Номери контактів «зажиму» стенду, які підключаються до відповідних приладів:

№3 – «+Vcc»;

№4 – «+Vcc»;

№ 6 та 7 – міст опорів;

№13 та 14 – амперметр.

№ 9 та 10 вольтметр.

Примітка. Перед початком будь-яких досліджень на стенді ручки 5 мають бути у крайньому лівому положенні. Це збереже від пошкоджень та виходу з ладу компоненти досліджуваних електричних кіл.

6. Ознайомитися з макетною платою, на якій буде здійснюватися комутування досліджуваних схем. Засвоїти розміщення та принципи користування шиною живлення, шиною "землі" та вузловими точками макетної плати. Зрозуміти базове практичне правило комутування досліджуваних схем на макетній платі - 5 контактів утворюють одну вузлову точку.

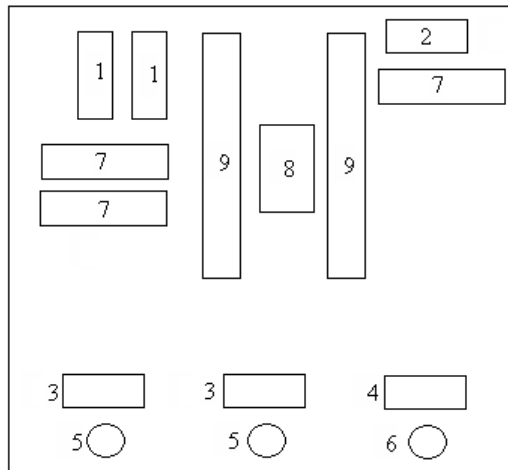


Рисунок 1.1 - Структурна схема робочого станду

1 – пари клем підключення джерел стабілізованої ЕРС позитивної (додатної) полярності; 2 – пара клем підключення джерела стабілізованої ЕРС негативної (від’ємної) полярності; 3 – пари клем джерел регульованої напруги позитивної (додатної) полярності; 4 – пара клем джерела регульованої напруги негативної (від’ємної) полярності; 5 – ручки зміни величини напруги позитивної (додатної) полярності; 6 – ручка зміни величини напруги негативної (від’ємної) полярності; 7 – вільні клеми; 8 – панель для встановлення електронних пристроїв (зокрема, мікросхем); 9 – клеми, з’єднані з відповідними ніжками панелі мікросхем

7. Ознайомитися із конструкцією трьох типів з’єднувальних провідників, які використовуються при електричних дослідженнях між стандом та макетною платою:

- тип 1 - між джерелом стабільної ЕРС і стандом та між стандом і мостом опорів;
- тип 2 - від станду до макетки;
- тип 3 - для комутування у межах макетки.

ДО ЗВІТУ ДОДАТКОВО ДОДАЮТЬСЯ

За результатами виконання лабораторної роботи звіт має додатково містити:

- опис мультиметра та правила виконання вимірів з його допомогою;
- результати вимірів величини використаної ЕРС стабілізованого джерела лабораторного станду $E = \dots$;
- діапазон зміни напруги одного з регульованих джерел живлення станду $U_{\text{ж}} = \text{від } \dots \text{ до } \dots$

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ПАРАМЕТРІВ РЕЗИСТОРІВ І СВІТЛОДІОДІВ НА ПРИКЛАДІ КІЛ ІНДИКАЦІЇ

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Світлодіоди (СД, в іноземній літературі - LED, Lighting Emitting Diodes) — найбільш «молоді» електронні компоненти для відображення інформації (індикатори, екрани) та для освітлення. **Схемне позначення** СД наведене на рис.2.1. Елемент СД, позначений трикутником, називають **анодом**, а елемент, позначений рискою — **катодом**. Генерація світлення в СД відбувається за рахунок енергії, яка виділяється при **рекомбінації вільних носіїв заряду** (електронів і дірок), які рухаються через напівпровідниковий *p-n*-перехід. Для генерації світла СД слід підключати до певного джерела живлення таким чином, щоб на *p-n*-переході формувалася **пряма напруга** (мінус – до катода, плюс до аноду). У такому режимі через *p-n*-перехід протікатиме значний струм, що забезпечить інтенсивну рекомбінацію електронів і дірок з виділенням необхідної світлової енергії з області цього переходу.

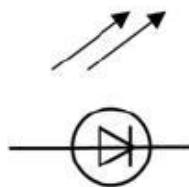


Рисунок2.1 - Схемне позначення світлодіодів

Параметри й характеристики СД розділяють на вхідні й вихідні.

До вхідних параметрів відносяться:

1. **Номінальний прямий струм** через СД $I_{пр}$. Величина цього струму для індикаторів лежить біля 10 мА. У імпульсному режимі експлуатації всі СД допускають перевищення амплітудного значення прямого струму над номінальним від 5 разів до 10 разів.

2. **Пряме спадання напруги** на СД при номінальному прямому струмі $U_{пр}$. Ця величина залежить від спектрального діапазону випромінюваних СД й змінюється від 1,5 В для діодів, що випромінюють в інфрачервоній області спектру, до 4,2 В для СД, що випромінюють синє і фіолетове світло. Зазвичай виробник вказує середню напругу $U_{пр}$ для всіх світлодіодів заданого типу при оптимальному прямому струмі.

3. **Максимально допустима зворотна напруга** $U_{зв.макс}$. Ця величина для більшості СД лежить у межах від 2 В до 10 В.

4. **Робоча вольт-амперна характеристика (ВАХ)**, яка визначає залежність прямого струму через СД від прямої напруги на ньому. Приклади робочих вольт-амперних характеристик СД різних кольорів наведено на рисунку 2.2.

До вихідних параметрів СД відносять:

1. **Інтегральний світловий потік** з віконця СД.

2. **Осьова сила світла**.

3. **Світловіддача або ККД**.

4. **Інерційність**.

5. **Люмен-амперна характеристика (ЛАХ)** як залежність світлового потоку СД від його прямого струму. Зазвичай вона приводиться у відносних одиницях для величини світлового потоку (рис.2.3).

Крім того, світлодіоди мають і певні технічні параметри: розміри, довжина ніжок, кут світлення тощо.

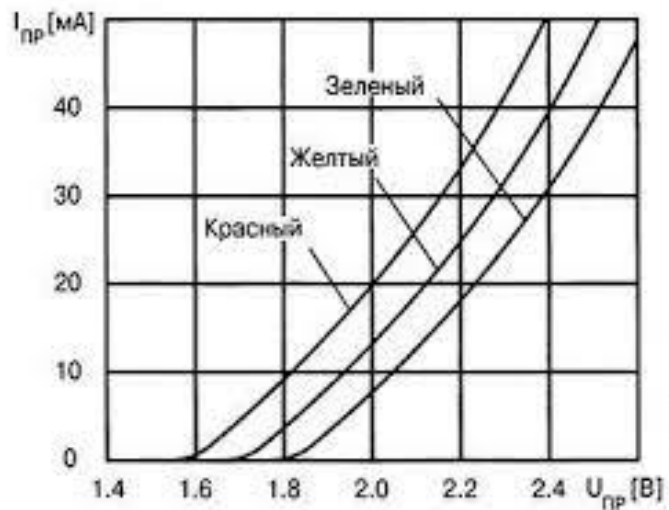


Рисунок 2.2 – Типові робочі ВАХ СД

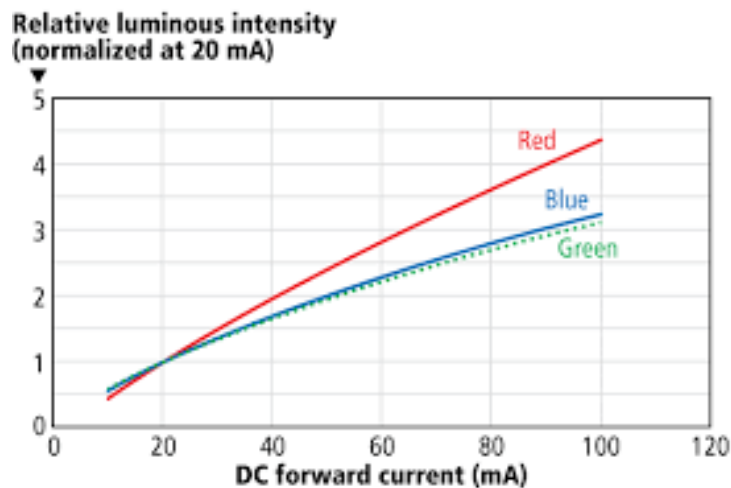


Рисунок 2.3 – Типова ЛАХ СД у відносних одиницях світлового потоку

На ЛАХ виділяються дві області: нелінійна зона малих струмів, яка характеризується малим рівнем свічення і швидким зростанням напруги на СД та практично лінійна робоча зона.

При зміні температури навколишнього середовища падіння напруги на СД змінюється. Тому для **стабілізації робочих характеристик** СД необхідно підтримувати постійну величину струму, що протікає через нього. Така стабілізація здійснюється переважно різними зовнішніми елементами, які **включаються послідовно в електричне коло** СД. Найпростішим із таких елементів є постійний резистор, який називатимемо **баластним**. Він включається в електронне коло послідовно із СД. Використання більш складних активних систем температурної стабілізації приводить до істотного дорожчання схеми, хоча і дає кращі результати стабілізації робочого режиму.

Використання баластного резистора дозволяє також **встановити робочий режим експлуатації** СД при живленні від джерел із різними ЕРС. Але такі схеми включення СД мають і суттєвий недолік: зменшується ефективність перетворення електричної енергії в світлову, оскільки частина електричної потужності джерела живлення втрачається на резисторі.

ПІДГОТОВКА ДО РОБОТИ

1. Повторити теоретичний матеріал з розділів резистори, напівпровідники, леговані напівпровідники, *p-n*-перехід, діоди.
2. Ознайомитися з матеріалом теоретичної частини роботи. Згадати основні блоки лабораторного стенду.

3. Ознайомитися з електричною схемою проведення досліджень (рис.2.4) та вияснити функції кожного її компонента: джерела стабілізованої ЕРС живлення E , джерела регульованої напруги V_{cc} , баластного резистора $R1$, вольтметра V та амперметра A .

4. Відповідно до номера свого лабораторного стенду вибрати тип СД для досліджень та величину стабілізованої ЕРС E за наведеним списком згідно табл..2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для роботи

Номер стенду	1	2	3	4	5	6	7	8
Тип СД	Жовтий	Зелений	Синій	Червоний	Білий	Жоатий	Зелений	Синій
$E, В$	6	9	12	6	9	9	12	9

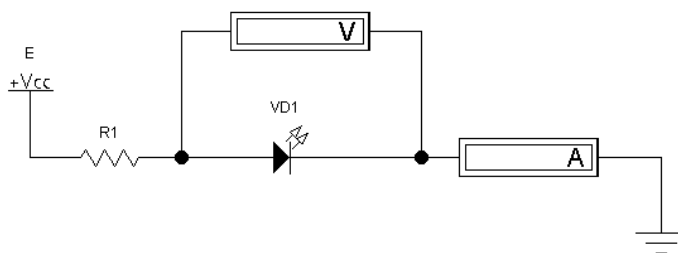


Рисунок 2.4 – Електрична схема досліджень СД

5. Для вибраного СД знайти основні параметри і характеристики:

- номінальну робочу напругу $U_{пр}$;
- номінальний прямий робочий струм $I_{пр}$;
- максимальну допустиму зворотну напругу $U_{звмах}$;
- ВАХ;
- інтегральний світловий потік;
- світловіддачу (або ККД);
- інерційність.

6. За знайденими величинами розрахувати параметри баластного резистора:

- опір $R1 = (0,7E - U_{пр})/I_{пр}$;
- потужність розсіювання $P = I_{пр} * U_{пр}$.

7. Визначити, баластний резистор якого номіналу доцільно ввести в досліджуване коло.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Зібрати електричну схему для досліджень відповідно до рис.2.5, враховуючи при цьому розміщення катода та анода СД. При комутуванні застосовувати провідники відповідних типів та врахувати таке:

- у якості баластного резистора $R1$ використати міст опорів;
- клему $+V_{cc}$ – позитивний полюс джерела регульованої напруги;
- три точки на схемі відповідають трьом вузловим точкам макетки;
- три клеми з номерами 1, 2 та 3 розміщені на робочому стенді;
- резистор $R1$ з номіналом у кілька Ом виконує роль датчика струму;
- клему $-V_{cc}$ – негативний полюс джерела регульованої напруги.

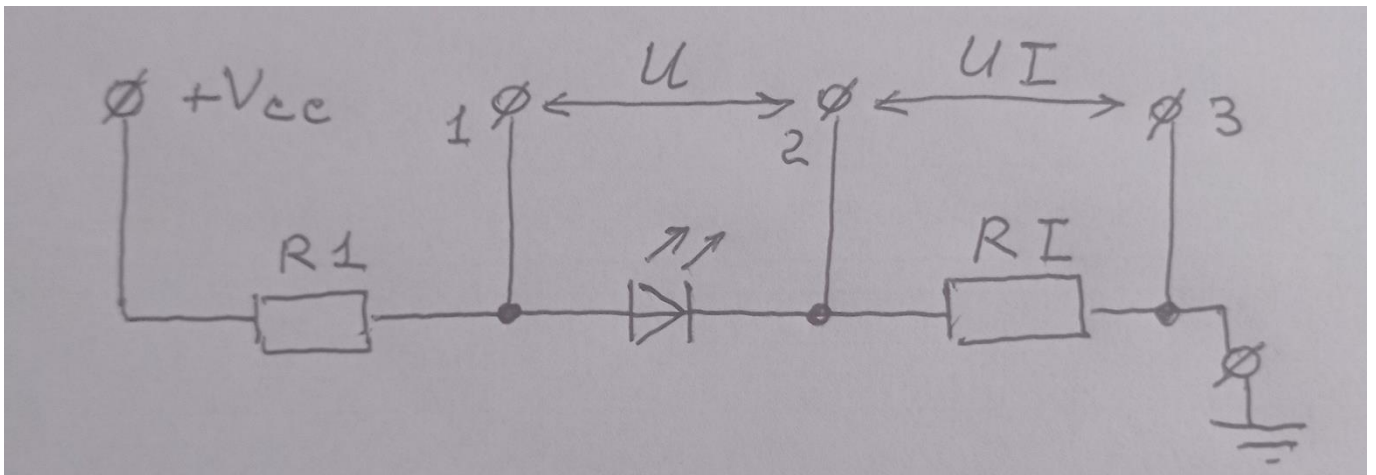


Рисунок 2.5 – Макетна схема досліджень СД

2. Підключити до стенду джерело стабілізованої ЕРС з величиною E , вказаною в табл.2.1.
3. Запитати дозвіл викладача на включення живлення стенду та проведення вимірювань.
4. Змінюючи величину V_{cc} регульованого джерела живлення, провести вимірювання точок ВАХ СД. Інтервал зміни величини напруги UI вибрати в 1 мВ. Занести результати вимірювань у таблицю 2.2 за наведеним нижче зразком. Одночасно спостерігати за змінами інтенсивності свічення СД при зміні величини прямого струму через нього та заносити суб'єктивну оцінку даної інтенсивності (слабка, середня, сильна та інше) в табл. 2.2.
5. Перерахувати покази вольметра VI на силу струму в колі СД, використовуючи номінал резистора RI .

Таблиця 2.2 – Зразок оформлення результатів вимірювань

Покази вольметра VI , мВ	Розраховані значення сили струму I , мА	Покази вольметра V , В	Інтенсивність свічення
	1		
	2		
		

ДО ЗВІТУ ДОДАТКОВО ДОДАЮТЬСЯ

Звіт за результатами виконання лабораторної роботи крім загальних вимог також має містити:

- принципову електричну схему досліджень;
- знайдені з літературних джерел параметри СД;
- таблицю з результатами дослідження ВАХ СД;
- побудований графік ВАХ СД;
- визначені з графіка ВАХ внутрішні статичний та динамічний опори СД.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ КІЛ СТАБІЛІЗАЦІЇ НАПРУГИ ЖИВЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СХЕМ НА БАЗІ СТАБІЛІТРОНІВ

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1. Повторити теоретичний матеріал з розділу напівпровідникові діоди та стабілітрони.
2. Ознайомитися з електричною схемою проведення досліджень (рис.3.1) та вияснити функції кожного її компонента.

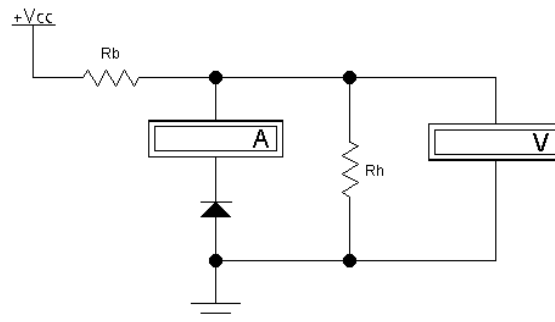


Рисунок 3.1 – Електрична схема досліджень стабілітронів

3. Відповідно до номера свого лабораторного стенду вибрати тип стабілітрона для досліджень та величину стабілізованої ЕРС стенду за наведеною табл..3.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для роботи

Номер стенду	1	2	3	4	5	6	7	8
Тип стабілітрона	2С175А	КС170А	КС162А	КС191Ф	2С168	2С175А	КС170А	КС162А
E , В	24	12	12	24	12	24	12	12

4. Із довідників познайомитися з конструкцією свого вибраного стабілітрона і розміщенням на ньому анода та катода. Визначити максимальні допустимі параметри даного стабілітрона: максимальна розсіювана потужність P ; максимальна робоча напруга U_{\max} ; максимальний робочий струм I_{\max} ; робочі діапазони змін сили струму через стабілітрон та змін напруги на стабілітроні й інші.

5. Розрахувати величину опору баластного резистора R_b , виходячи із довідникових параметрів стабілітрона. Величину опору навантаження R_h взяти рівною 1 кОм.

Для розрахунків вважатимемо, що баластний резистор вже підібраний під номінальний режим роботи схеми. Тоді через стабілітрон протікає струм I_c , а на його електродах (а відповідно і на споживачі) є спад напруги U_c . У таких умовах через споживач протікатиме струм $I_n = U_c / R_h$. Через баластний резистор протікає загальний струм I всього кола, який рівний $I = I_c + I_n$. Одночасно на цьому резисторі буде спад напруги U рівний різниці між напругою регульованого джерела живлення та стабілітрона. Візьмемо середню величину напруги регульованого джерела живлення рівною половині величини E . Тоді $U = E/2 - U_c$. Відповідно опір баластного резистора має бути $R_b = U/I$.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Зібрати на стенді схему вимірювань (рис.3.2). Досліджуване електронне коло підключити до джерела регульованої напруги. Звернути увагу на те, що стабілітрон у коло включається у зворотному напрямку до полярності джерела живлення. У якості баластного резистора взяти

магазин опорів, встановивши на ньому величину розрахованого опору. У якості навантаження R_h взяти резистор з номіналом 1 кОм.

Примітки. Перед початком будь-яких досліджень на стенді ручки регулювання напруги мають бути у крайньому лівому положенні. Це збереже від пошкоджень та виходу з ладу компоненти досліджуваних електричних кіл.

Резистор R_I , як і в попередній роботі, служить у якості датчика струму через стабілітрон.

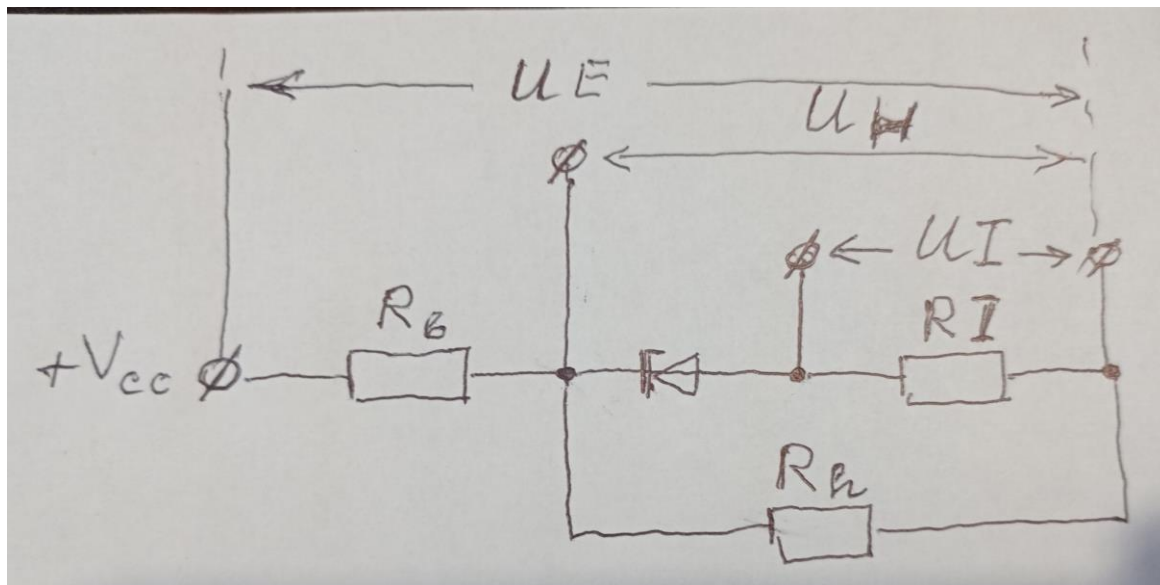


Рисунок 3.2 – Макетна схема досліджень стабілітронів

2. Підключити до стенду стабілізоване джерело живлення з величиною ЕРС E . Включити джерело живлення і перевірити відсутність коротких замикань у колах схеми. Перевірити, чи не сильно нагрівається стабілітрон. При виявленні таких ситуацій негайно вимкнути джерело живлення та звернутися до інженера чи викладача.

3. Змінюючи величину напруги V_{cc} регульованого джерела живлення, провести вимірювання точок зворотної гілки ВАХ стабілітрона та його передавальної хвртктеристики. Інтервал зміни величини напруги U_E вибрати в 1 В. Занести результати вимірювань у таблицю 3.2. При вимірюваннях покази вольтметра V_I не повинні перевищувати значення максимального біля 40 мВ. Напруги знімати з клем: стаціонарна – «- V_{cc} »; перемикачі між клемою амперметра для вимірювання U_E та клемою «+ V_{cc} » для вимірювання U_C .

Таблиця 3.2 – Зразок оформлення результатів вимірювань

Покази вольтметра V_I , мВ	Покази вольтметра V_E , В	Покази вольтметра V_h , В	Розраховані значення сили струму I_h , мА
	1		
	2		
		

ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Побудувати графік ВАХ. Із графіка ВАХ (див. рис.3.3) визначити експериментальні параметри стабілітрона: номінальну напругу стабілізації; номінальний струм стабілізації; мінімально допустимий постійний струм стабілізації; статичний опір стабілітрона; диференційний опір стабілітрона та інші.

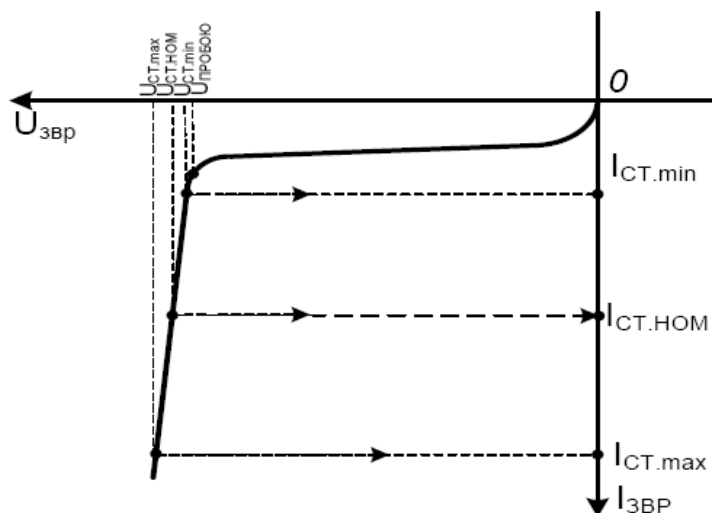


Рисунок 3.3 – Зразок зворотної гілки ВАХ стабілітрона

2. Побудувати передавальну характеристику стабілітрона $U_H = f(U_E)$.
3. Проаналізувати отримані результати та оформити звіт з роботи.

Номер стенду	1	2	3	4	5
Тип стабілітрона	2С175А	КС170А	КС162А	КС191Ф	2С168
$E, В$	24	12	12	24	12
$U_c, В$	7,5	7,0	6, 2	9,1	6,8
$I_c, В$	3 – 18	3 – 20	3 – 22	3 – 20	3 – 45
диференціальний опір $R, Ом$	16	20	35	18	28
$P, Вт$	0,15	0,15	0.15	0,2	0,3

ДО ЗВІТУ ДОДАТКОВО ДОДАЮТЬСЯ

Звіт за результатами виконання лабораторної роботи крім загальних вимог також має містити:

- вихідні дані,
- розрахунки,
- результати проведення вимірів,
- графіки відповідно із усіма завданнями роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ВХІДНИХ ВОЛЬТ-АМПЕРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БІПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА У СХЕМІ ВКЛЮЧЕННЯ ЗІ СПІЛЬНИМ ЕМІТЕРОМ

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1. Повторити теоретичний матеріал з розділу біполярні транзистори (БТ).
2. Пояснити хід вхідних ВАХ БТ на прикладі рис.4.1 та визначити ті параметри, які визначаються сімействами вхідних ВАХ.
3. Ознайомитися з електричною схемою проведення досліджень (рис.4.2) та вияснити функції кожного її компонента.

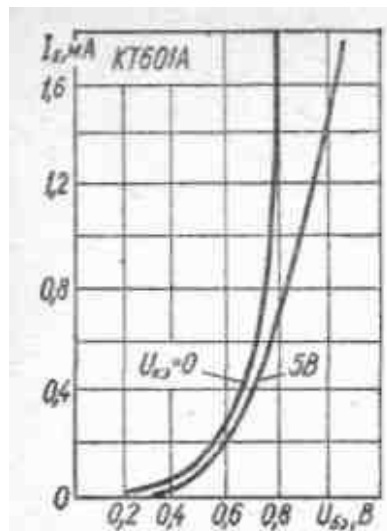


Рисунок 4.1 - Сімейство вхідних ВАХ БТ

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Отримати в інженера прилади та матеріали для досліджень. Разом із викладачем познайомитися з конструкційними особливостями транзистора. Зробити рисунок розміщення виводів бази, емітера та колектора на корпусі БТ.
2. Встановити основні експлуатаційні параметри транзистора: розсіювана потужність P , максимальна робоча частота обробки сигналів f_v ; максимальна напруга між емітером та базою $U_{еб\max}$; максимальний струм бази $I_{б\max}$; максимальна напруга між колектором та емітером $U_{ке\max}$; максимальний струм колектора $I_{к\max}$.

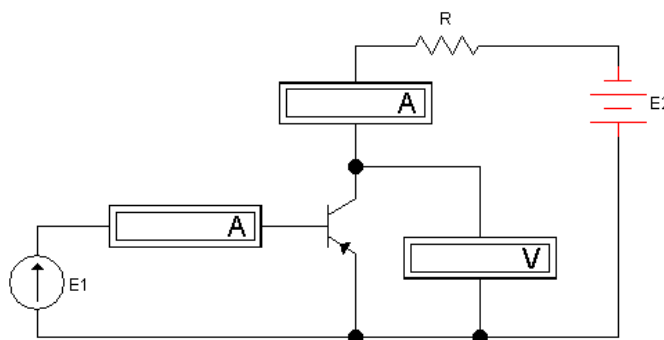


Рисунок 4.2 - Електрична схема проведення вимірювань

3. Зібрати на стенді схему вимірювань. Номінал резистора кола бази взяти біля 3 кОм, а кола колектора - біля 1 кОм. Перевести ручки потенціометрів регульованих джерел ЕРС у нульове положення.

4. Підключити до схеми регульоване джерело живлення кола бази з $E_1 = 3$ В та регульоване джерело живлення кола колектора з $E_2 = 12$ В. Перевірити, чи не сильно нагрівається транзистор. При виявленні такої ситуації негайно вимкнути джерела живлення та звернутися до інженера чи викладача.

5. При виключеній ЕРС E_2 , коли напруга $U_{ке} = 0$, змінювати величину регульованої ЕРС E_1 кола бази, починаючи від нуля. Слідкувати за змінами показів міліамперметра кола бази, які не мають виходити за межі величини $I_{б\max}$. Змінюючи величину ЕРС E_1 зняти залежність струму бази I_b від величини напруги між базою та емітером $U_{бе}$. Результати вимірів занести в таблицю за наведеним нижче зразком.

Таблиця результатів вимірювань вхідної ВАХ біполярного транзистора при $U_{ке} = 0$ В

$U_{ке} = 0$	
I_b , мА	$U_{бе}$, В
0,1	
0,2	
0,3	
0,4	
.....	

6. Установити регулятором ЕРС E_2 напругу $U_{ке} = 5$ В. Змінюючи величину ЕРС E_1 знову зняти залежність струму бази I_b від величини напруги між базою та емітером $U_{бе}$. Результати вимірів занести в таблицю, аналогічну наведеному вище зразку.

ДО ЗВІТУ ДОДАТКОВО ДОДАЮТЬСЯ

Звіт за результатами виконання лабораторної роботи крім загальних вимог також має містити:

- всі технічні дані про транзистор та його граничні параметри,
- побудовані дві гілки вхідних ВАХ транзистора у вигляді залежностей $I_b = f(U_{бе})$ за зразком рисунка на початку роботи,
- розширений аналіз отриманих результатів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИХІДНИХ ВОЛЬТ-АМПЕРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БІПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА У СХЕМІ ВКЛЮЧЕННЯ ЗІ СПІЛЬНИМ ЕМІТЕРОМ

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1. Повторити теоретичний матеріал з розділу біполярні транзистори (БТ).
2. Пояснити хід вихідних ВАХ БТ на прикладі рис.5.1 та визначити ті параметри, які визначаються сімействами вхідних ВАХ.
3. Проаналізувати, чим відрізняються дослідження даної роботи на електричній схемі рис.4.2 у порівнянні з попередньою роботою.

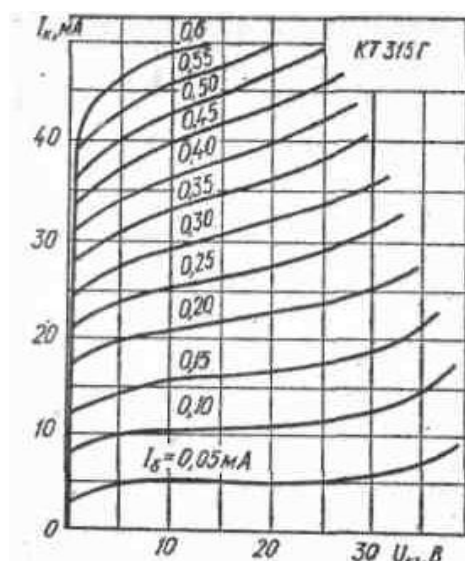


Рисунок 5.1 - Сімейство вихідних ВАХ БТ

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Установити нульову величину регульованої ЕРС кола бази Е1, якій відповідає $I_b = 0$.
2. Змінювати напругу $U_{ке}$ відповідно до таблиці та фіксувати зміни струму кола колектора при цьому. Результати досліджень занести в наведену нижче таблицю 5.1.
3. Ручкою регулювання ЕРС кола бази Е1 встановити силу струму $I_b = 0,3$ мА.
4. Змінювати напругу $U_{ке}$ відповідно до таблиці та фіксувати зміни струму кола колектора при новому значенні струму бази. Результати досліджень занести в таблицю 5.2.
5. Повторити вимірювання за пунктами 3 і 4 для значень струму кола бази $I_b = 0,6$ мА та $0,9$ мА. Результати досліджень занести в таблиці 5.3 та 5.4, відповідно.

Таблиця 5.1 - Результатів досліджень вихідних ВАХ БТ при $I_b = 0$.

$I_b = 0$	
$U_{ке}, В$	$I_k, мА$
0,2	
0,4	
0,6	
0,8	
1,0	
2,0	
4,0	
6,0	
8,0	

Таблиця 5.2 - Результатів досліджень вихідних ВАХ БТ при $I_B = 0,3 \text{ мА}$.

$I_B = 0,3 \text{ мА}$	
$U_{ке}, \text{ В}$	$I_{к}, \text{ мА}$
0,2	
0,4	
0,6	
0,8	
1,0	
2,0	
4,0	
6,0	
8,0	

Таблиця 5.3 - Результатів досліджень вихідних ВАХ БТ при $I_B = 0,6 \text{ мА}$.

$I_B = 0,6 \text{ мА}$	
$U_{ке}, \text{ В}$	$I_{к}, \text{ мА}$
0,2	
0,4	
0,6	
0,8	
1,0	
2,0	
4,0	
6,0	
8,0	

Таблиця 5.4 - Результатів досліджень вихідних ВАХ БТ при $I_B = 0,9 \text{ мА}$.

$I_B = 0,9 \text{ мА}$	
$U_{ке}, \text{ В}$	$I_{к}, \text{ мА}$
0,2	
0,4	
0,6	
0,8	
1,0	
2,0	
4,0	
6,0	
8,0	

ДО ЗВІТУ ДОДАТКОВО ДОДАЮТЬСЯ

Звіт за результатами виконання лабораторної роботи крім загальних вимог також має містити:

- всі технічні дані про транзистор та його граничні параметри,
- побудовані 4 гілки вихідних ВАХ транзистора у вигляді залежності $I_k = f(U_{ке})$ для різних значень струму бази,
- розширений аналіз отриманих результатів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6
**ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНИХ ВАХ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ
ПАРАМЕТРІВ УНІПОЛЯРНИХ МОН ТРАНЗИСТОРІВ ІЗ ВБУДОВАНИМ
КАНАЛОМ**

КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Із будовою та принципом роботи польового МОН транзистора із вбудованим каналом слід більш широко познайомитися із підручника або конспекту лекцій (тема – Уніполярні транзистори). Спрощена схема будови такого транзистора наведена також на рис.6.1. Дана схема наочно демонструє протікання тих фізичних процесів у такому транзисторі, які визначають його статичні характеристики, приклад основних із яких наведено на рис.6.2 та 6.3,

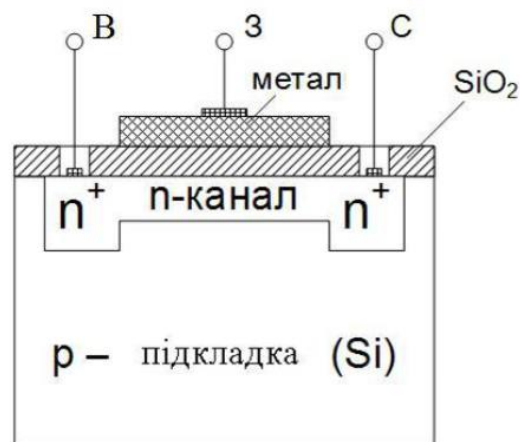


Рисунок 6..1 - Схема будови уніполярного МОН транзистора з вбудованим каналом

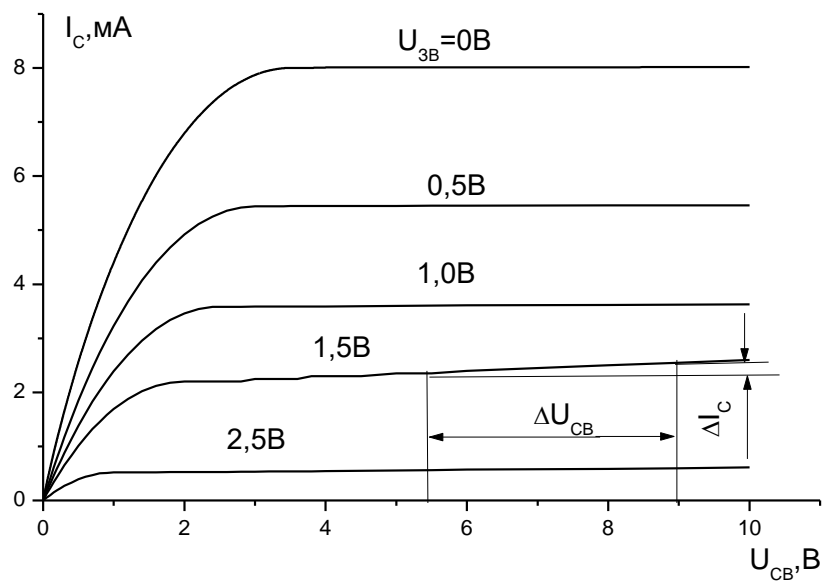


Рисунок 6.2 - Приклад вихідних ВАХ уніполярного транзистора із вбудованим каналом

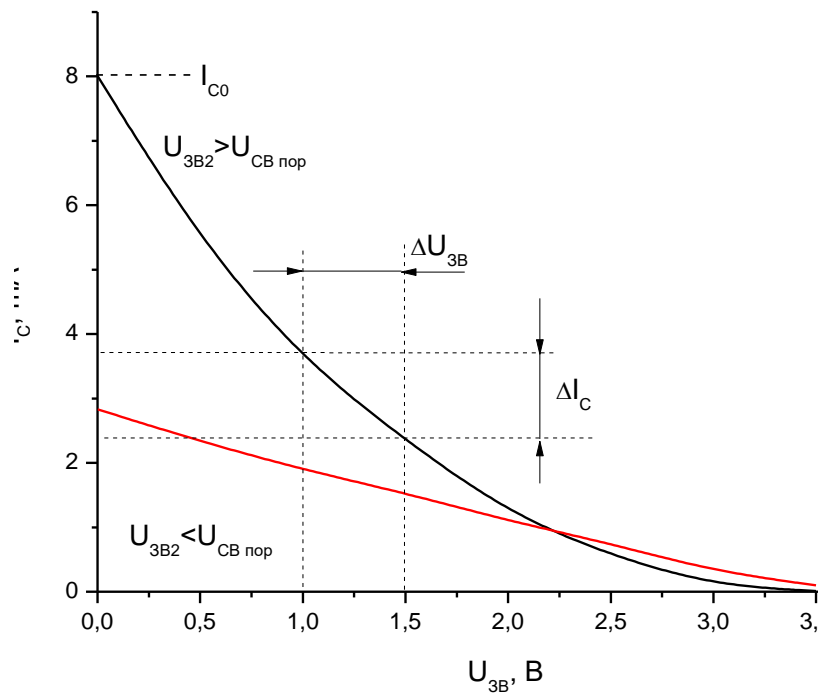


Рисунок 6.3 - Приклад статичних передавальних ВАХ уніполярного транзистора із вбудованим каналом

Передавальні характеристики (або характеристики керування) уніполярних транзисторів можна побудувати для двох режимів роботи транзистора (рис.6.2): для режиму наростання стокового струму, коли $U_{св} < U_n$, та для режиму насичення, коли $U_{св} > U_n$. Для першого режиму роботи уніполярних транзисторів передавальна характеристика є лінійною. Ця властивість дозволяє використовувати польовий транзистор як електрично керований опір.

Крім наведених вище двох видів характеристик для уніполярних транзисторів іноді розглядають ще одну - вхідну характеристику. Вона графічно виражає залежність $I_3 = f(U_{3B})$ при $U_{CB} = const$. По суті це є зворотна (запірна) ділянка ВАХ $p-n$ -переходу і зміна напруги U_{CB} практично не впливає на вхідний струм. При практичних розрахунках ця характеристика не використовується.

ПАРАМЕТРИ ПОЛЬОВИХ ТРАНЗИСТОРІВ

Основними є кілька параметрів польових транзисторів.

1. Крутість передавальної характеристики в режимі насичення

$$S = \left. \frac{dI_C}{dU_{3B}} \right|_{U_{CB}=const} = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta U_{3B}} \right|_{U_{CB}=const}.$$

Даний параметр визначається з характеристики керування в режимі насичення (рис.6.2). Фізичне значення цього параметра полягає в тому, що він показує на скільки міліамперів змінюється струм стоку при зміні напруги на затворі на 1 В, якщо $U_{CB} = const$. Крутість характеризує підсилювальні властивості транзистора. Числові значення цього параметра становлять 0,5...30 мА/В.

2. Внутрішній вихідний опір транзистора

$$R_i = \left. \frac{dU_{CB}}{dI_C} \right|_{U_{3B}=const} = \left. \frac{\Delta U_{CB}}{\Delta I_C} \right|_{U_{3B}=const}.$$

Значення цього параметра визначається за однією з гілок вихідних ВАХ в області їх насичення (рис.6.2). Так як на цій ділянці струм стоку змінюється не сильно, то цей параметр має значення від сотень кілоомів до одиниць мегаомів.

3. Статичний коефіцієнт підсилення за напругою

$$\mu = - \left. \frac{dU_{CB}}{dU_{3B}} \right|_{I_C = \text{const}} \approx - \left. \frac{\Delta U_{CB}}{\Delta U_{3B}} \right|_{I_C = \text{const}} .$$

Цей коефіцієнт показує, наскільки сильніше на зміну струму стоку впливає зміна напруги на затворі, ніж зміна напруги на стоці. Цей коефіцієнт визначає можливості уніполярного транзистора для підсилення напруги. Найпростіше його можна розрахувати за співвідношенням $\mu = R_i \cdot S$. Типові значення статичного коефіцієнта підсилення за напругою рівні кільком сотням.

ПОРЯДОК ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1. Ознайомитись із матеріалом конспекту лекцій за темою «Уніполярні транзистори».
2. Знайти в довідникових джерелах та виписати в чернетку основні експлуатаційні параметри заданого викладачем уніполярного транзистора та тип провідності його каналу.
3. Розшифрувати та записати в чернетку позначення даного транзистора.
4. Знайти та зарисувати в чернетку розміщення на корпусі приладу електродів витоку, стоку та затвору.
5. Ознайомитися із електричними схемами (рис.6.4а) для проведення досліджень, зарисувати їх в чернетку.
6. Ознайомитися із послідовністю виконання експериментальної частини роботи.
7. Ознайомитися із методами визначення та розрахунків основних параметрів уніполярних транзисторів за експериментальними результатами.

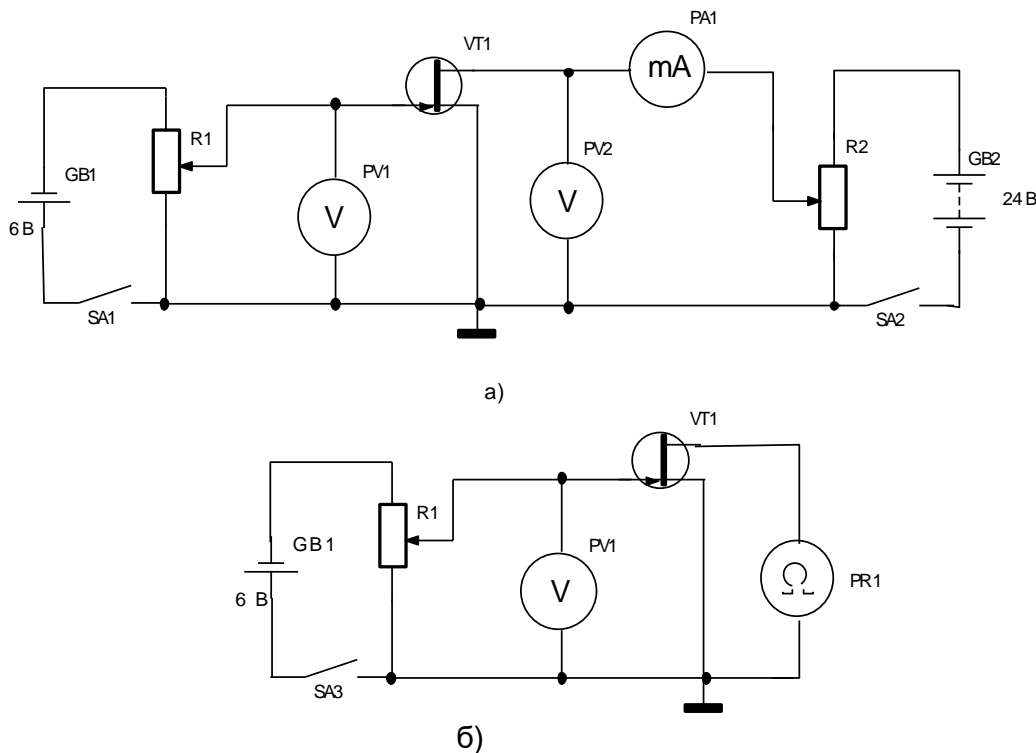


Рисунок 6.4 - Схема для дослідження статичних характеристик транзистора (а) та залежності опору каналу від керуючої напруги (б)

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

УВАГА! При проведенні досліджень значення струмів та напруг не мають перевищувати граничні величини для даного типу транзистора (знайдені у результаті виконання пункту 2 підготовки до роботи)!

1. Отримати транзистор в інженера кафедри та закріпити його в контактний рознімач. Помітити на рознімачі контакти витоку, стоку та затвору транзистора.

2. Зібрати електричну схему для експериментальних досліджень ВАХ (рис.6.4а), застосовуючи правила підключення до транзистора джерел ЕРС кола стоку та кола затвору.
3. Дослідити сімейство статичних вихідних ВАХ транзистора, записуючи результати в чернетку. У області наростання струму стоку виміри проводити через $\Delta U_{св} = 0,5 \text{ В}$, а в області насичення – через $\Delta U_{св} = 2 \text{ В}$. Різні гілки ВАХ досліджувати з інтервалом $\Delta U_{зв} = 1 \text{ В}$. Побудувати графіки ВАХ.
4. Дослідити передавальну характеристику транзистора в режимі насичення з інтервалом задання $\Delta U_{зв} = 0,5 \text{ В}$. Цю ж характеристику дослідити в режимі наростання струму. Побудувати графіки цих характеристик на одному рисунку.
5. Перекомутувати електричну схему для експериментальних досліджень опору каналу від керуючої напруги (рис.6.4б).
6. Провести дослідження залежності опору каналу від напруги $U_{зв}$ з інтервалом задання $\Delta U_{зв} = 0,5 \text{ В}$. Побудувати графік отриманої залежності та встановити область її лінійності.
7. З експериментальних графіків розрахувати основні параметри транзистора.
8. Порівняти одержані результати з довідниковими даними.

ДО ЗВІТУ ДОДАТКОВО ДОДАЮТЬСЯ

Звіт за результатами виконання лабораторної роботи крім загальних вимог також має містити:

- результати підготовки до роботи за пунктами 2 – 5;
- графіки сімейства статичних вихідних ВАХ із геометричними побудовами для визначення внутрішнього вихідного опору транзистора;
- два графіки передавальної характеристики із геометричними побудовами для визначення крутості;
- визначені графічно та розраховані параметри транзистора.

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Новацький А.О. Комп'ютерна електроніка. Підручник для студентів спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» - К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 468 с.

Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Комп'ютерна електроніка». Іваницький В.П. – Ужгород: вид-во УжНУ, 2021. – 21 с.

Колонтаєвський Ю.П., Тугай Д. В. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із навчальної дисципліни «Комп'ютерна електроніка» – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 128 с.

Колонтаєвський Ю.П., Тугай Д. В. Методичні вказівки до самостійного навчання дисципліни «Комп'ютерна електроніка» – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 26 с.