

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни
«ЕЛЕКТРОНІКА ТА МІКРОСХЕМОТЕХНІКА»
для студентів спеціальності 141
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» усіх
форм навчання

2016

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Електроніка та мікросхемотехніка» для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» усіх форм навчання. / Укл.: В.М. Снігірьов, Л.С.Скрупська – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 26с.

Укладачі: В.М. Снігірьов, доцент, к.т.н.
Л.С. Скрупська, старший викладач

Рецензент: М.О.Поляков, доцент, к.т.н.

Відповідальний
за випуск: П.Д. Андрієнко, професор

Затверджено
на засіданні кафедри
«Електричні та електронні апарати»
Протокол № 1
від «16» серпня 2016

Затверджено НМК ЕТФ
Протокол № 1
від 20 вересня 2016 р.

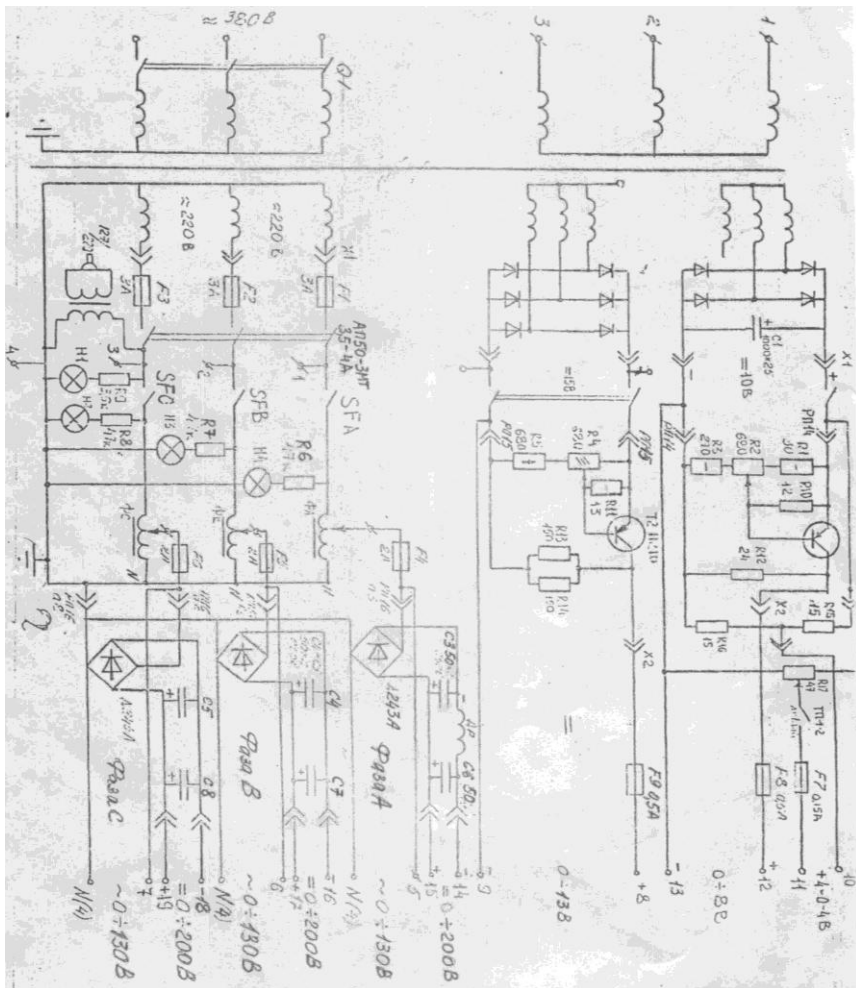
ВСТУП

У сучасній науці і техніці найважливіша роль належить галузі, що швидко розвивається, - електротехніці та мікросхемотехніці. Вони у значній мірі визначають досконалість енергоємних електротехнологічних комплексів і пристроїв, що перетворюють, обчислювальної техніки та переробки інформації, постачання пересувного транспорту і власних потреб підприємств. Вони здійснюють автоматичне керування електротехнологічними режимами, контроль за визначаючими параметрами систем, регулювання і сумісність систем різного класу напруг, керування потоками електричної енергії і своєчасні обмеження аварійних режимів.

В процесі проектування і створення різних електронних пристроїв і систем доводиться не тільки враховувати основні характеристики електронних пристроїв та їх конструкцію, але і глибоко розуміти фізичні основи роботи, технологію виготовлення, уміти порівнювати електронні пристрої за їх характеристиками і параметрами при виборі оптимальних схемотехнічних рішень.

В даних методичних вказівках дана методична основа експериментальних досліджень та вимірів, визначальних характеристик напівпровідникових пристроїв з метою більш повного засвоєння курсу «Електротехніка та мікросхемотехніка».

Лабораторні роботи виконуються на спеціальних стендах кафедри «Електричні апарати». Стенди дозволяють використовувати живлення пристроїв, що досліджуються, і синхронно знімати їх характеристики. На рисунку представлена електрична схема стенда.



Електрична схема станда

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 ДОСЛІДЖЕННЯ ВОЛЬТ – АМПЕРНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДІОДА

Мета роботи: дослідити механізм проходження струму у діоді і побудувати графік вольт – амперної характеристики.

Вольт – амперна характеристик (ВАХ) діода – це залежність струму діода від прикладеної до нього зовнішньої електричної напруги.

За графіками ВАХ у напівлогарифмічному масштабі можна встановити механізм струму через потенційний бар'єр та параметри базової області діода.

На рис. 1.1 зображена потенційна діаграма, де показаний розподіл потенціалу по ширині напівпровідника.

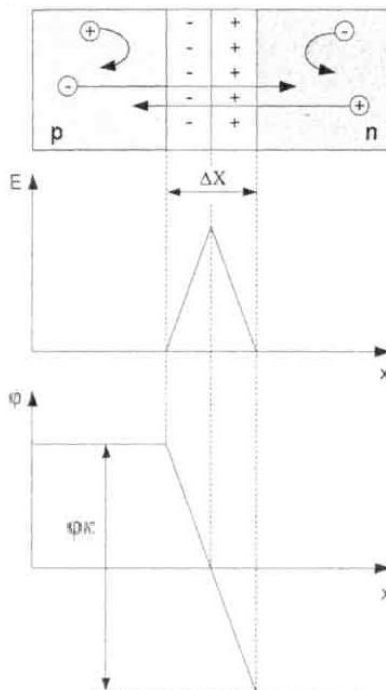


Рисунок 1.1 – Потенційна діаграма напівпровідника

Різність потенціалів на р-п переході називають контактною різницею потенціалів або потенційним бар'єром. Для того, щоб основний носій заряду зміг подолати р-п перехід, його енергія повинна бути достатньою для подолання потенційного бар'єру.

Прикладемо зовнішню напругу плюсом до р-області (рис. 1.2а). Зовнішнє електричне поле спрямоване назустріч полю р-п переходу, що призводить до зменшення потенційного бар'єру. Основні носії зарядів легко зможуть подолати потенційний бар'єр, і тому через р-п перехід буде протікати відносно великий струм, викликаний основними носіями заряду.

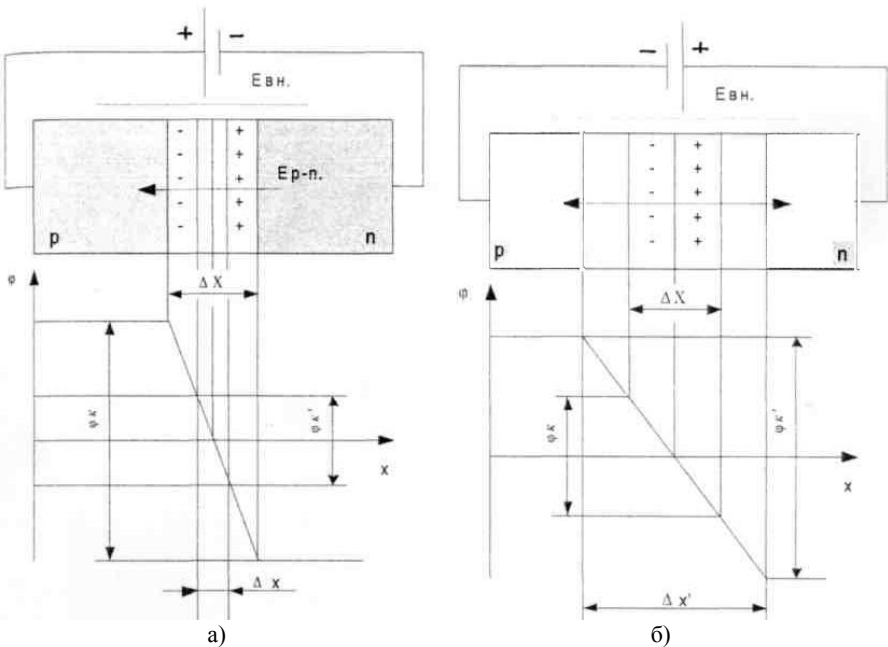


Рисунок 1.2 – Пряме (а) і зворотнє (б) включення р-п переходу

Таке включення р-п переходу називається прямим, і струм через р-п перехід, викликаний основними носіями заряду, також називається прямим струмом. Вважається, що при прямому включенні р-п перехід відкритий.

Якщо підключити зовнішню напругу мінусом на р-область (рис. 1.2б), а плюсом на п-область, то виникає зовнішнє електричне

поле, лінії напруженості якого співпадають із внутрішнім полем р-n переходу. В результаті це призведе до збільшення потенційного бар'єру і ширини р-n переходу. Основні носії заряду не зможуть подолати р-n перехід, і вважається, що р-n перехід закритий. Обидва поля – і внутрішнє і зовнішнє – являються прискорюючими для неосновних носіїв заряду, тому неосновні носії заряду будуть проходити крізь р-n перехід, утворюючи дуже малий струм, який називається зворотнім струмом. Таке включення р-n переходу також називають зворотнім.

1.1 Порядок виконання роботи:

- перед виконанням лабораторної роботи студент повинен самостійно вивчити методичні вказівки і повторити розділ курсу про діоди;

- скласти таблицю 1.1;

- зібрати схему, рисунок 1.3, з живленням від споживача постійного струму, підключити діод, послідовно з ним опір $R_n = 300 \text{ Ом}$ та необхідні універсальні багатограничні прилади;

- після перевірки схеми викладачем, увімкнути живлення і здійснити необхідні заміри I_a та U_a , дані занести в таблицю 1.1;

- побудувати графік ВАХ діода $I_a(U_a)$ в логарифмічному масштабі. Дати розрахунок тангенса кута нахилу ВАХ, зробити висновок про механізм течії струму через потенціальний бар'єр;

- на основі даних таблиці 1.1 розрахувати та побудувати залежність $R_a(U_a)$;

- скласти звіт, який має в своєму складі назву лабораторної роботи, мету роботи, схему досліду, таблицю із експериментальними та розрахунковими даними, графіки отриманих залежностей, а також висновки зроблені за цими графіками;

- при вимірах уважно слідкувати за тим, щоб прилади не перевантажувались. При перевантаженні приладів необхідно зменшити споживаючу напругу або відключити схему. Якщо в схемі все правильно, необхідно змінити межі виміру приладу;

- зворотна гілка ВАХ вимірюється при зворотній полярності споживача (наявність провідника ac і відсутність провідника av). При цьому межа $P_U = 100 \text{ В}$ (регулювати до $U_{зв} \leq 80 \text{ В}$), а межу $P_A = 0,5 \text{ мА}$.

Таблиця 1.1- Результати вимірів та розрахунків

ВАН	Пряма					Зворотна				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
$U_a, \text{В}$										
$I_a, \text{А}$										
$R_a, \text{Ом}$										

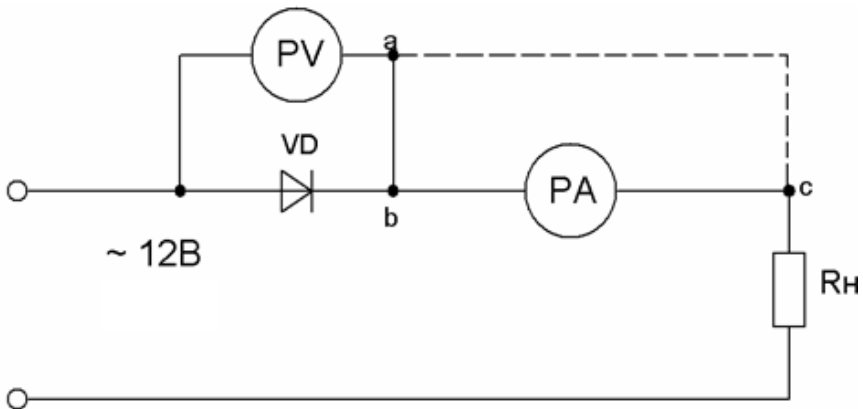


Рисунок 1.3 – Принципова електрична схема для ВАН діода

1.2 Вказівки з техніки безпеки

Усі переключення в схемі виконувати при відключеному автоматичному вимикачі QF.

Чітко дотримуватись інструкції з техніки безпеки та правил внутрішнього розпорядку.

1.3 Контрольні запитання

1. Які явища діються в p-n переході при прямому та зворотному включенні?
2. Назвіть випрямні та спеціальні діоди. їх принципові відмінності.
3. Як позначаються і маркуються діоди?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БІПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА

Мета роботи: вивчити принцип роботи і зняти характеристики біполярного транзистора.

Основою біполярного транзистора є кристал напівпровідника р-типу або n-типу провідності (рис. 2.1), який також як і вивід від нього називається базою.

Дифузією домішки або сплавленням з двох сторін від бази утворюються області з протилежним типом провідності, ніж у бази.

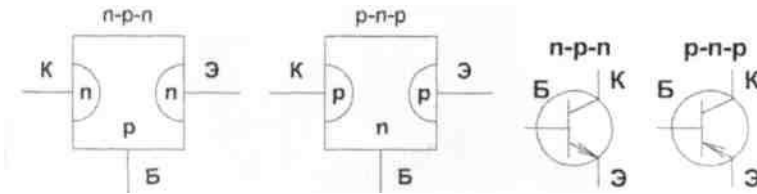


Рисунок 2.1 – Умовнографічне позначення біполярних транзисторів

Область, що має більшу площу р-п переходу, і вивід від неї називають колектором. Область, що має меншу площу р-п переходу, і вивід від неї називають емітером. Р-п перехід між колектором і базою називають колекторним переходом, а – між емітером і базою – емітерним переходом.

Напрямок стрілки у транзисторі показує напрямок струму, що протікає. Основною особливістю устрою біполярних транзисторів є нерівномірність концентрації основних носіїв зарядів в емітері, базі, колекторі. В емітері концентрація носіїв заряду максимальна. В колекторі – дещо менша, ніж в емітері. В базі – у декілька разів менша, ніж в емітері та колекторі.

2.1 Порядок виконання роботи:

– перед виконанням лабораторної роботи студенти самостійно повинні вивчити дійсні методичні вказівки і повторити розділ курсу про транзистори;

- зробити таблиці 2.1, 2.2, 2.3;
- зібрати схему, рис. 2.2, з живленням від джерела постійного струму, підключити транзистор і необхідні універсальні багатограничні прилади;
- після перевірки схеми викладачем, ввімкнути живлення і провести необхідні заміри i_k , i_b , U_{be} , U_{ke} , дані записати у в таблиці;
- категорично забороняється підключати колекторну напругу при розімкненому колі бази;
- побудувати графіки $i_k(i_b)$, $i_k(U_{ke})$ і $i_b(U_{be})$;
- зробити звіт, який містить назву лабораторної роботи, мету роботи, схему дослідження, таблицю з експериментальними даними, графіки одержаних залежностей і висновки зроблені за цими графіками;
- при вимірюванні U_{be} і U_{ke} враховувати падіння напруги на внутрішній опір амперметрів.

Таблиця 2.1- Експериментальні дані

i_b , А	0.1				0.5				1.0			
№ досліджу	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
i_k , А												
U_{ke} , В												

Таблиця 2.2- Експериментальні дані

U_{ke} , В	0.1				0.5				1.0			
№ досліджу	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
i_k , А												
i_b , А												

Таблиця 2.3- Експериментальні дані

U_{ke} , В	0.5			1.0		
№ досліджу	1	2	3	1	2	3
U_{be} , В						
i_b , А						

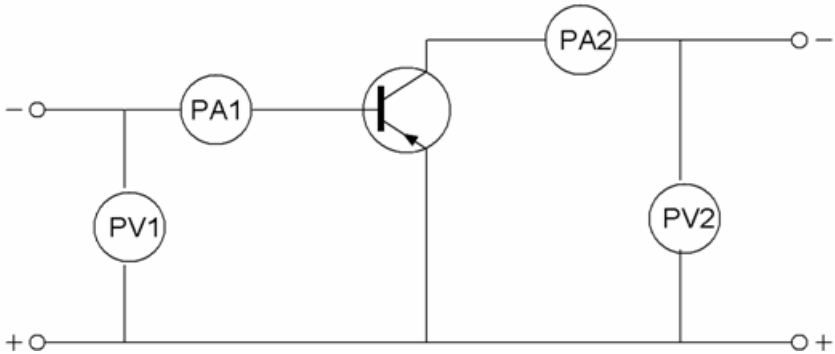


Рисунок 2.2 – Принципова електрична схема для зняття характеристик транзистора

2.2 Вказівки з техніки безпеки

Усі переключення в схемі виконувати при відключеному автоматичному вимикачі QF.

Чітко дотримуватись інструкції з техніки безпеки та правил внутрішнього розпорядку.

2.3 Контрольні питання

1. Поясніть принцип дії біполярного транзистора?
2. Яка принципова відмінність біполярного транзистора від польового?
3. Які основні схеми вмикання транзистора?
4. Які існують різновиди транзисторів?

ЛАБОРАТОРНА РАБОТА №3 ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТИРИСТОРА

Мета роботи: дослідити механізм проходження струму у тиристора і побудувати графіки вольт – амперних характеристик.

Тиристором називається чотиришаровий напівпровідниковий пристрій, що складається з областей р – і n-типів провідності, що послідовно чергуються. До них відносяться наступні:

- діністори – діодні тиристори, або переключательні діоди, що не керуються;
- триністори – переключательні діоди, що керуються;
- симістори – симетричні тиристори.

Предмет нашого дослідження – триністор (рис. 3.1), який вмикається при напрузі, меншій від напруги ввімкнення діністора.

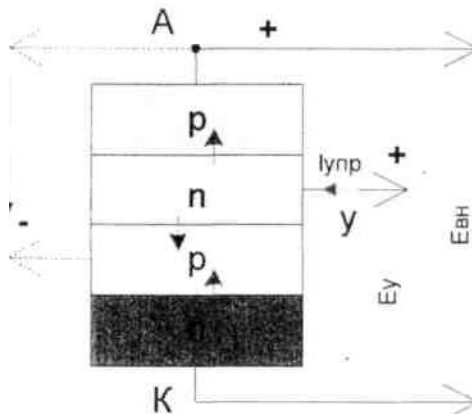
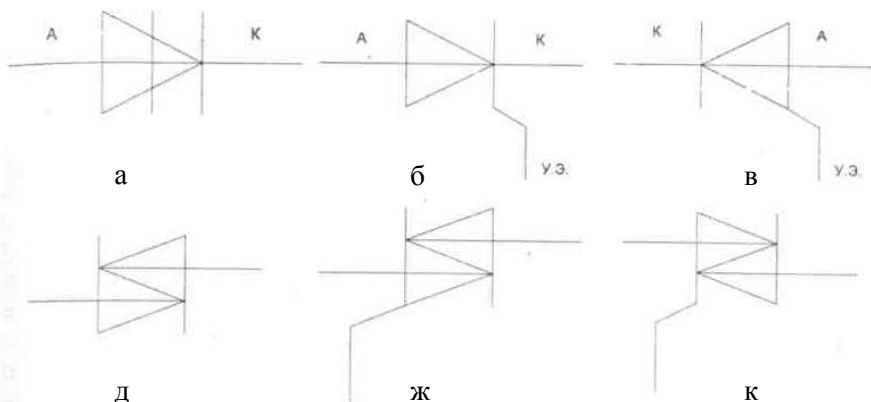


Рисунок 3.1 – Устрій триністора

Для цього достатньо на одну з баз подати додаткову напругу таким чином, щоб поле, що їм створюється, співпадало по напрямку з полем анода на колекторному переході. Можна подати струм керування на другу базу, але для цього на керуючий електрод треба подавати напругу від'ємної полярності відносно анода, і тому відрізняють триністори з керуванням по катоду та з керуванням по аноду.

На рис. 3.2 наведені умовно-графічні позначення (УГП) тиристорів.



а – діністор; б – триністор з керуванням за катодом; в – триністор з керуванням за анодом; д – симістор, що не керується; ж – симістор з керуванням за анодом; к – симістор з керуванням за катодом

Рисунок 3.2 – УГП тиристорів

У ввімкненому стані падіння напруги на триністорі складає близько 1...2 В.

3.1 Порядок виконання роботи:

- перед виконанням лабораторної роботи студенти самостійно повинні вивчити методичні вказівки і повторити розділ курсу про тиристори;
- скласти таблицю 3.1;
- зібрати схему, рис. 3.1, з живленням джерела постійного струму, підключити тиристор і необхідні універсальні багатограничні прилади;
- після перевірки схеми викладачем, ввімкнути живлення і виконати заміри I_a , U_a , I_y , U_y ;
- побудувати графіки $I_a(U_a)$ і $I_y(U_y)$, зробити висновки про механізм проходження струму через тиристор;
- зробити звіт, до якого входить назва лабораторної роботи, мета роботи, схема живлення, таблиці з експериментальними даними, графіки отриманих залежностей і висновки, зроблені за цими графіками.

Таблиця 3.1 – Експериментальні дані

I_y, A	0			$0.5 \cdot 10^{-3}$			$1.5 \cdot 10^{-3}$		
I_a, A									
U_a, B									

Таблиця 3.2 – Експериментальні дані при $U_a = 0$

U_y, B									
I_y, A									

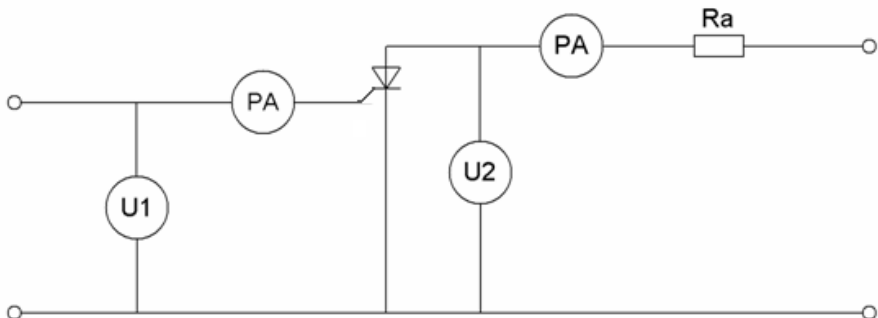


Рисунок 3.3 – Принципова електрична схема для зняття характеристик триністора

3.2 Вказівки з техніки безпеки

Усі переключення в схемі виконувати при відключеному автоматичному вимикачі QF.

Чітко дотримуватись інструкції з техніки безпеки та правил внутрішнього розпорядку.

3.3 Контрольні запитання

1. Пояснити принципову різницю між діністором, триністором та симістором.
2. Пояснити способи відключення тиристорів.
3. Що може стати причиною самостійного включення тиристора?

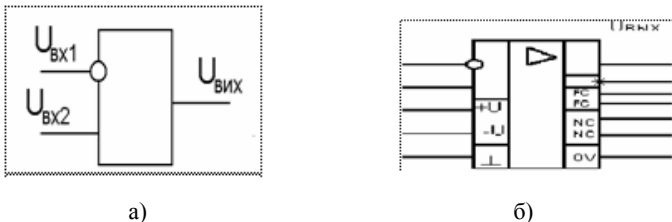
4. Як позначаються та маркуються тиристори?
5. Докладно поясніть ВАХ триністора.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4 ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙНИХ ПІДСИЛЮВАЧІВ

Мета роботи: дослідити типові схеми включення операційних підсилювачів.

Операційний підсилювач, що має канал підсилення за постійним струмом і забезпечує високу точність виконань лінійних та нелінійних перетворень або формування аналогових сигналів.

На рис. 4.1 наведено УГП операційних підсилювачів.



а) без додаткового поля; б) з додатковими полями: NC – виводи балансування; FC – виводи частотної корекції; $\pm U$ – вивід напруги живлення; * - вивід, що несе логічну інформацію; OV- загальний інформаційний вивід; \perp - корпус.

Рисунок 4.1 – УГП операційних підсилювачів (О.П.)

Ідеальний операційний підсилювач має коефіцієнт підсилення за напругою, що прямує до нескінченності (у реальних ОП він звичайно перевищує 10^5), має великий вхідний (10^6 Ом і більше) та малий вихідний (частки Ом) опори.

ОП є основними елементами електронних пристроїв, наприклад, аналогових обчислювальних машин, де виконуються алгебраїчні додавання, інтегрування, диференціювання та інші операції над аналоговими величинами.

4.1 Порядок виконання роботи:

– перед виконанням лабораторної роботи студенти повинні самостійно вивчити методичні вказівки і повторити розділ курсу про операційні підсилювачі;

– прямі включення:

4.1.1 Зібрати схему, рисунок 4.2., при $R_1=1\text{кОм}$, $R_2=2\text{ кОм}$, $R_3=1\text{ кОм}$.

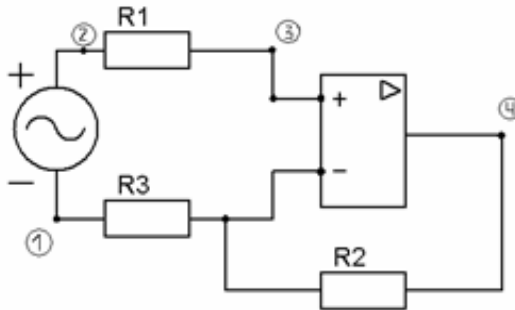


Рисунок 4.2-Принципова схема прямого включення операційного підсилювача

а) отримати осцилограму в точках 3 і 4.

б) визначити коефіцієнт підсилення $K_u=(1+R_2)/R_3$

– інвертуючі включення:

4.1.2 Зібрати схему, рисунок 4.3.

а) отримати осцилограму в точках 2 і 3.

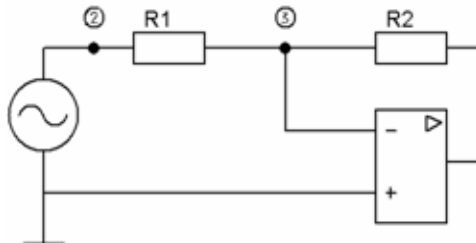


Рисунок 4.3 – Принципова схема включення операційного підсилювача, яке інвертується

б) визначити коефіцієнт підсилення $R_u=-R_2/R_1$

– суматор

4.1.3 Зібрати схему, рисунок 4.4:

– отримати осцилограму в точках 2 і 4;

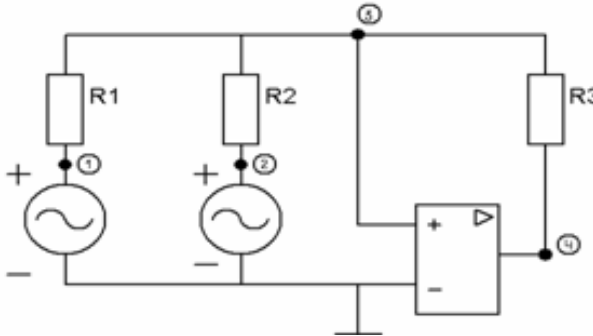


Рисунок 4.4 – Принципова схема включення суматора

– скласти звіт, що містить назву роботи, її мету, схеми випробувань, зобразити осцилограми і надати їх аналіз.

4.2 Вказівки з техніки безпеки

Усі перемикання у схемах виконувати при вимкненому автоматичному вимикачі QF.

4.3 Контрольні питання

1. Основні застосування в схемах з ОП.
2. Зобразити ОП з додатковими полями і дати пояснення усім його виводам.
3. Від яких параметрів ОП залежить коефіцієнт посилення?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5 БЕЗКОНТАКТНЕ ТРАНЗИСТОРНЕ НАПІВПРОВІДНИКОВЕ РЕЛЕ

Мета роботи: досліджування статичних характеристик напівпровідникового реле на транзисторах.

Реле – пристрій для автоматичного переключення електричних кіл. Безконтактні електронні реле, виконуються у вигляді електронної схеми з двома станами стійкої рівноваги. Прохідний опір котрих змінюється при впливі керуючого сигналу від часток Ом, до сотень кОм. Як активні елементи у таких схемах звичайно використовують транзистори або тиристри. Володіють високою чутливістю, мало інерційні (їх швидкість дії досягає декількох нс) і гарною надійністю у роботі.

5.1 Порядок виконання роботи:

– перед виконанням лабораторної роботи студенти повинні самостійно вивчити методичні вказівки і повторити розділ курсу про електронні реле;

– зібрати схему підсилювача з колекторним зворотнім зв'язком і, змінюючи величину опору $R_{кос}$, досягнути релейного режиму роботи даної схеми, рис. 5.1;

– експериментально визначити і показати у вигляді графіків залежність $E_{у ср}$ та $E_{у отп}$ від наступних параметрів:

1) опір зворотного зв'язку $R_{кос}$;

2) опір навантаження R_n ;

3) напруга живлення E_k ;

– результати вимір і розрахунків занести у таблиці 5.1,5.2,5.3;

– скласти звіт, що містить назву лабораторної роботи, мету роботи, схеми випробувань, таблиці з експериментальними даними. Написати, як отримати з транзисторного підсилювача транзисторне напівпровідникове реле. Побудувати графіки залежності $E_{у ср}$ від $f(R_{кос})$; $E_{у отп}$ від $f(R_{кос})$; $E_{у ср}$ від $f(R_n)$; $E_{у отп}$ від $f(R_n)$; $E_{у ср}$ від $f(E_k)$; $E_{у отп}$ від $f(E_k)$ і надати їх аналіз.

Таблиця 5.3 – Результати вимірювань та розрахунків

Результати вимірювань			Результати розрахунків							
E_k , В	$E_{усп}$, В	$E_{уотп}$, В	$I_{к1}$ (H2) mA	β_1 (H2)	$I_{к1}$ (O2) mA	β_1 (O2)	$U^0_{e\delta 1}$, В	$U^0_{e\delta 2}$, В	$E_{у сп}$, В	$E_{у отп}$, В

5.2 Вказівки з техніки безпеки

Усі переключення у схемах виконувати при відключеному автоматичному вимикачі QF.

5.3 Контрольні питання

1. Як отримати зі схеми транзисторного підсилювача транзисторне напівпровідникове реле?
2. Дайте аналіз залежностей $E_{у сп} f(R_n)$ і $E_{у отп} f(R_n)$.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6 ВИПРОБУВАННЯ ДВОКАСКАДНОГО ТРАНЗИСТОРНОГО ПІДСИЛЮВАЧА

Мета роботи: дослідження статичних характеристик двокаскадного транзисторного підсилювача.

Пристрій, призначений для підсилення електричних сигналів, називається електронним підсилювачем. Основною класифікацією підсилювачів є класифікація за діапазоном частот, що підсилюються:

1. Підсилювачі низької частоти (ПНЧ) – діапазон частот, що підсилюються від 10 кГц до 100 кГц.
2. Підсилювачі високої частоти (ПВЧ) – діапазон частот, що підсилюються від 100 кГц до 100 МГц.
3. Підсилювачі постійного струму (ППС) – можуть підсилювати постійний струм з діапазоном частот від 0 Гц до 100 кГц.
4. Імпульсні підсилювачі (ІП) – широкосмугові імпульсні – та

відео підсилювачі. Діапазон частот – від 1 кГц до 100 кГц.

5. Вибіркові або резонансні підсилювачі – працюють у вузькому діапазоні частот.

Напівпровідниковий підсилювач має виконуватися на транзисторах типу р-п-р і п-р-п. У залежності від того, що електрод транзистора є загальним при підключенні керуючої напруги і напруги живлення, розрізняються схеми з загальним емітером, загальною базою і загальним колектором. Схема з загальним емітером (СІЕ) володіє дуже великим підсиленням потужності і тому має домінуюче застосування у безконтактних електричних апаратах.

6.1 Порядок виконання роботи:

– зібрати схему двокаскадного транзисторного підсилювача з відсічкою другого каскаду і узгодити її з викладачем, рис. 6.1;

– експериментально зняти залежність струму навантаження $I_n f(E_y)$ і струму першого каскаду $I_k f(I_y)$, результати занести у таблицю 6.1;

– скласти звіт, що містить назву лабораторної роботи, мету роботи, схеми випробувань, таблиці з опитними даними. Побудувати залежність $I_n f(E_y)$, $I_k f(I_y)$ для обох схем і надати їх аналіз;

Таблиця 6.1 – Результати вимірювань без зворотного зв'язку

№ вимірювання	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
E_y, B												
I_y, A												
I_n, A												

– зібрати схему двокаскадного транзистора підсилювача з відсічкою другого каскаду за допомогою діода з колекторним зворотнім зв'язком, рис 6.2 ($R_y=1$ кОм більший за опір навантаження $R_n=80$ Ом);

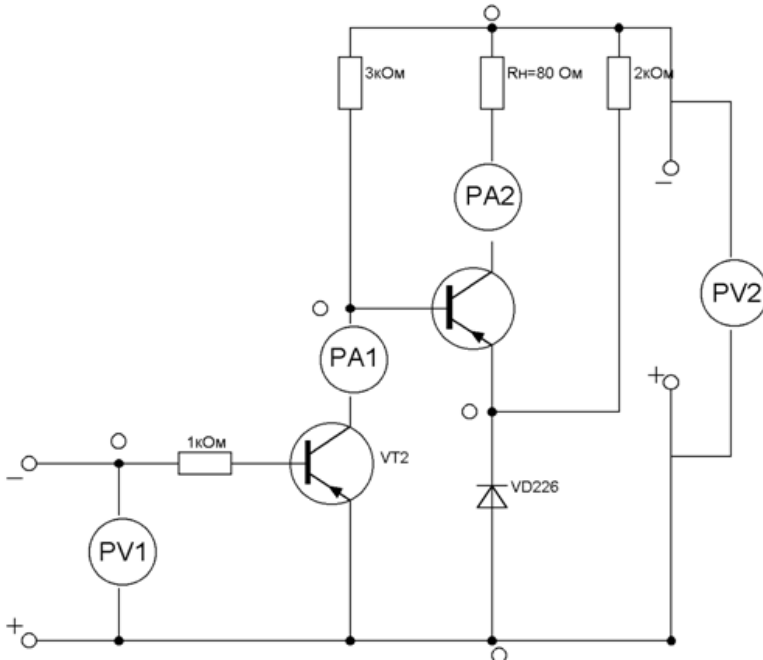


Рисунок 6.1 – Схема двокаскадного транзисторного підсилювача з зворотним зв'язком

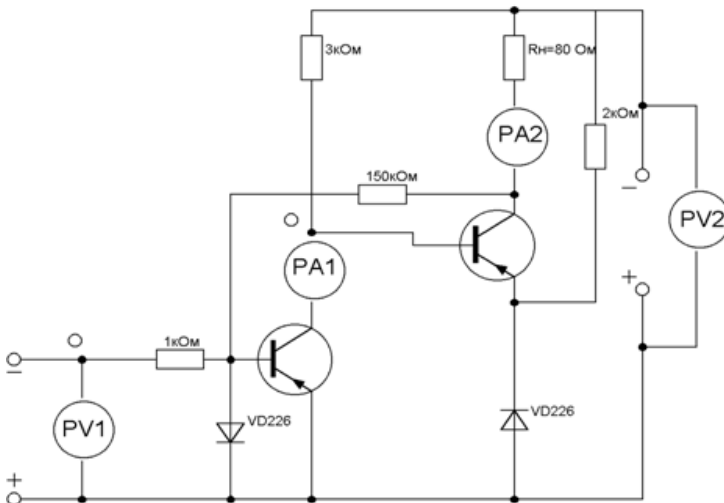


Рисунок 6.2 – Схема двокаскадного транзисторного підсилювача відсічкою другого каскаду за допомогою діода

– експериментально зняти залежність $I_y f(E_y)$ і $I_n f(I_y)$, результати занести у таблицю 6.2;

Таблиця 6.2-Результати вимірювань зі зворотнім зв'язком

№ вимірювання	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
E_y, B												
I_y, A												
I_n, A												

– зробити звіт, який містить: назву лабораторної роботи, мету роботи, схеми досліджень, таблиці з експериментальними даними. Побудувати залежність $I_{nf}(E_y)$ і $I_{kf}(I_y)$, для обох схем та дати їх аналіз.

6.2 Вказівки з техніки безпеки

Чітко дотримуватися інструкції з техніки безпеки та правил внутрішнього розпорядку у лабораторії.

6.3 Контрольні запитання

1. Як класифікуються підсилювачі?
2. Що таке частотна характеристика підсилювача?
3. Що таке ширина смуги пропускання підсилювача?
4. Що таке лінійне та нелінійне фазове викривлення підсилювача?
5. Що означає каскадне з'єднання підсилювачів?
6. Якими параметрами характеризуються підсилювачі потужності?
7. Які переваги має двотактний підсилювач?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ПРОБІОЮ В ДІОДАХ

Мета роботи: дослідження статичних характеристик пробією в діодах.

При значному зворотному зміщенні на р-n переході перехід може «пробиватися» і через нього буде протікати дуже великий струм. Відомо три основних види механізму пробією: тепловий, тунельний, лавинний. Для кожного з цих механізмів значення напруги пробією U_{np} характеризується залежністю від ширини забороненої зони напівпровідникового матеріалу діоду, а також специфікою температурної залежності.

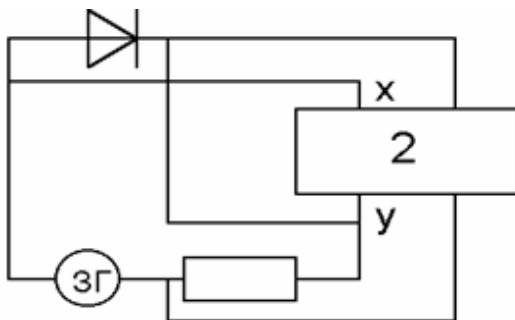
Лавинний пробій є характерним для діодів, виготовлених з напівпровідників з великою шириною забороненої зони. Чим більше питомий опір вихідного напівпровідника, тим більше пробивна напруга діодів.

В діодах на основі сильно легованого напівпровідника відбувається тунельний пробій, при цьому $U_{np} < 6В$.

Тепловий пробій – пробій, розвиток якого обумовлено виділенням теплоти при протіканні струму. Зворотна ВАХ діоду при цьому набуває вигляд S – образної кривої

7.1 Порядок виконання роботи:

- скласти схему згідно рис. 7.1;
- прокалібрувати шкалу екрану осцилографа шляхом надання на зажим X-Y відомого сигналу звукового генератору ЗГ;
- змінюючи величину сигналу ЗГ, спостерігати вид зворотної ВАХ і виміряти U_{np} ;
- скласти звіт, що містить назву роботи, мету роботи, схему випробувань, аналіз показань осцилографа.



1- звуковий генератор; 2 – осцилограф; x – вивід до горизонтальних пластин осцилографа; y – вивід до вертикальних пластин.
Рисунок 7.2- Схема вимірювання пробивної напруги

7.2 Вказівки з техніки безпеки

Усі підключення в схемі ретельно перевірити за допомогою викладача. Додержуватись інструкції з техніки безпеки.

7.3 Контрольні запитання

1. Що означає пробій в напівпровідниках?
2. Який вид пробою є оборотним, а який – необоротним?
3. Який вид пробою використовується в стабілітронах?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Панфілов Д.І., Чепурін М.М. та ін. Електротехніка та електро- ніка в експериментах та вправах. Практикум на Electronics Workbench: В 2т. – т.2: Електроніка. М.: ДОДЕКА, 2000 – 325 с.
2. Джонс М.Х. Електроніка – практичний курс. Пост. Маркет., М.: 1990 - 528 с.
3. Електроніка. Енциклопедичний словник. / Під ред. Колеснікова В.Г., Афанасьєва В.А. та ін. / М.: Енциклопедія, 1991 – 688 с.
4. Методичні вказівки до вивчення курсу „Електроніка та мікросхемотехніка” для студентів спеціальності «Електричні апарати» усіх форм навчання. Снігірьов В.М. Запоріжжя: ЗНТУ, 2005 – 26 с.