

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ КОЛЕДЖ

для студентів спеціальності 151
«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
спеціалізації 5.151.2
«Обслуговування пристроїв електрозв'язку»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

До виконання лабораторних робіт з дисципліни
„Електронні прилади та підсилювачі”

Харків
2018

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни „Електронні прилади та підсилювачі” спеціальності 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології», спеціалізації 5.151.2 «Обслуговування пристроїв електрозв’язку»

Укладач: Слобожанюк Р.І. - Харків: ХДПК, 2018, 64 с.

Розглянуто цикловою комісією «Транспорту та електрозв’язку»

Протокол № _____ від «_____» _____ 2018 року

Голова циклової комісії _____ (А.І. Руденко)

Схвалено методичною радою

Харківського державного політехнічного коледжу

Протокол від _____ 20_____ р. № _____

Голова методичної ради _____ (В.О.Величко)

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Для успішного виконання лабораторних робіт студент повинен дотримуватись наступних основних положень:

1. Точно виконувати «Правила техніки безпеки та поведінки в лабораторії».

2. Лабораторна робота повинна виконуватись у складі бригади з 3-4 чоловік на закріпленому за бригадою робочому місці. Обов'язки між членами бригади розподіляються перед виконанням кожної лабораторної роботи. Кожний член бригади повинен мати чернетку для записів та розрахунків і підготовлену завчасно форму звіту.

3. Засвоїти та суворо дотримуватись послідовності виконання лабораторної роботи:

- вивчити інструкційну картку з метою з'ясування об'єму і змісту майбутньої роботи;

- ознайомитись з обладнанням та вимірювальними приладами. Їх розташування на робочому місці повинне бути раціональним, забезпечувати наглядність, зручність зібрання схеми та роботи (прилади та обладнання на робочому місці, як правило, розташовуються викладачем до прибуття студентів). Необхідні технічні характеристики приладів записуються у відповідні форми;

- зібрати схему;

- після складання схеми і перевірки її викладачем на робочому місці не повинно залишатись нічого зайвого (тільки обладнання, прилади та зошит для записів);

- в суворій послідовності, викладеній в інструкційній картці, пункт за пунктом провести вимірювання та обчислювання, записуючи результати у відповідні форми;

- зразковий порядок на робочому місці повинен підтримуватися протягом всієї роботи;

- робота повинна виконуватися самостійно. Звертатись до викладача в процесі роботи слід тільки в тому випадку, коли всі спроби самостійно знайти відповідь на поставлені запитання вичерпані;

- розбирати схему дозволяється тільки після доповіді викладачу про результати виконаних вимірювань та обчислювань.

4. Висновок по результатах роботи і відповіді на контрольні запитання є завершальним етапом виконання лабораторної роботи.

Зміст і глибина висновків та відповідей на контрольні запитання характеризують ступінь повноти рішення студентами поставлених завдань, і в значній мірі, є основою для оцінювання виконаної студентами роботи.

5. Охайно оформлений, на окремих листах звіт про виконання роботи подається студентами викладачу до початку наступної роботи.

Без звіту за попередню роботу студент до виконання наступної лабораторної роботи не допускається.

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Проведення лабораторних робіт пов'язане з використанням обладнання, яке знаходиться під небезпечною напругою. Тому, щоб запобігти ураженню електричним струмом, перед виконанням лабораторних робіт викладач повинен провести інструктаж з техніки безпеки, про що робиться відмітка в спеціальному журналі інструктажу.

При виконанні роботи забороняється використання обладнання, в якому порушена ізоляція струмопровідних частин.

Слід працювати тільки з тими приладами, які передбачені технологією даної роботи.

Забороняється торкатися руками клем, що знаходяться під напругою. Наявність напруги слід перевіряти тільки вимірювальними приладами.

Подачу напруги в зібрану схему може дозволити тільки викладач після перевірки схеми.

Якщо в ході роботи помічена несправність приладів, їх треба негайно вимкнути і доповісти про це викладачу.

СТЕНД ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Всі лабораторні роботи виконуються на спеціальному універсальному стенді), розрахованому на дослідження 20 різноманітних електронних приладів та пристроїв. До стенда додається комплект змінних плат для кожної лабораторної роботи. Ці плати вмикаються в спеціальний блок на стенді. Стенд має ряд функціональних складових частин.

1. Звуковий генератор. Він призначений для генерування синусоїдального сигналу в діапазоні частот від 20Гц до 20КГц напругою до 1В. Регулювання частоти та вихідної напруги генератора здійснюється плавними регуляторами або ступінчато за допомогою кнопочних перемикачів „Делитель” та „Частота”. Генератор має вольтметр мВ1 для встановлення його вихідної напруги.

2. Осцилограф. Призначений для відображення форми електричного сигналу, який формується на виходах генераторів або досліджуваних схем. Осцилограф має входи „Х” та „У”, плавний та ступінчатий регулятори частоти, кнопочних перемикач масштабу зображення, інші регулятори.

3. Генератор імпульсів. Він дає змогу отримувати імпульси прямокутної та трикутної форми і подавати їх на вхід досліджуваної схеми.

4. Електронний вольтметр мВ2. Використовується для вимірювання напруги в діапазоні частот до 20 КГц. Має кнопочний перемикач межі вимірювання „Делитель” (на 1В, 0,1В, 0,01В).

5. Секундомір на основі цифрових індикаторів. Використовується для вимірювання інтервалів часу при дослідженні цифрових електронних пристроїв. Має кнопки для вмикання, пуску та зупинки.

6. Підсилювач низької частоти. Призначений для звукового відтворення сигналів працюючих генераторів.

7. Комплект міліамперметрів і вольтметрів з різними межами вимірювання. Використовуються для вимірювань струмів і напруг в потрібних колах схем, які досліджуються.

ПЕРЕЛІК ТЕМ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	№ 1 Дослідження напівпровідникових діодів	2
2	№ 2 Дослідження транзистора у схемі з загальним емітером	2
3	№ 3 Дослідження транзистора у схемі з загальною базою	2
4	№ 4 Дослідження польового транзистора.	2
5	№ 5 Дослідження роботи тиристорів.	2
6	№ 6 Дослідження цифрового індикатора	2
7	№ 7 Дослідження люмінесцентного індикатора	2
8	№ 8 Дослідження електровакуумної лампи - „тріода”	2
9	№ 9 Дослідження тиратрона	2
10	№ 10 Дослідження газорозрядного індикатора	2
11	№ 11 Дослідження роботи електронно-променевої трубки	2
12	№12 Дослідження підсилювача напруги	2
13	№13 Дослідження підсилювача потужності	2
14	№14 Дослідження автогенератора	2
15	№15 Дослідження операційного підсилювача	2
	Усього годин	30

Лабораторна робота № 1

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ДІОДІВ

Мета: Практичне вивчення властивостей напівпровідникових діодів, дослідження їх роботи в схемах випрямлячів.

Обладнання: – лабораторний стенд.

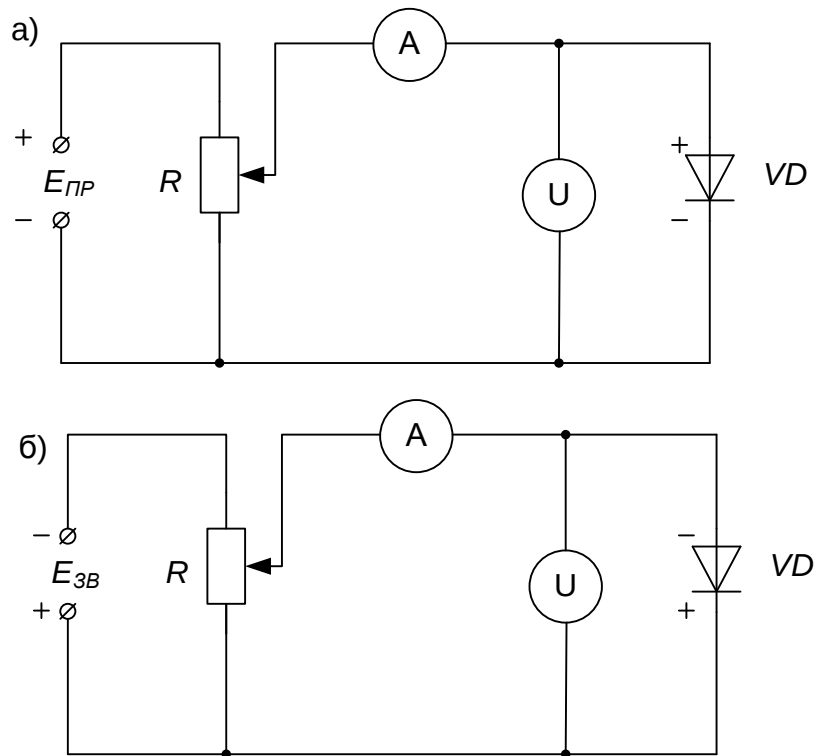


Рисунок 1.1 – Схеми вмикання випрямного діода

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

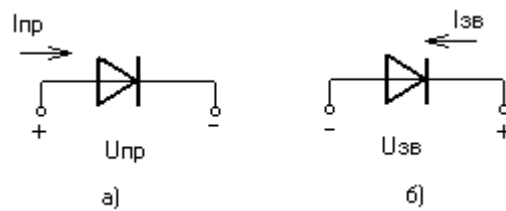


Рисунок 1. 2 – Пряме (а) і зворотне (б) вмикання діода.

Діодом називається напівпровідниковий прилад на основі одного p - n -переходу. Як і сам p - n -перехід, діод може вмикатися в *прямому* і *зворотному* напрямку. Принцип роботи діода базується на основній властивості p - n -переходу – його здатності пропускати струм тільки в одному напрямку.

Електронно-дірковим переходом (p - n -переходом) називається місце контакту двох напівпровідників з різним типом провідності. Процес утворення p - n -переходу починається з дифузії носіїв струму до сусідніх областей напівпровідникового кристалу, де вони рекомбінують з основними носіями. При цьому у приконтактному шарі напівпровідника значно зменшується концентрація основних носіїв (збіднений шар) і збільшується концентрація неосновних (збагачений шар). В результаті цього в місці контакту виникають дві заряджених зони: позитивного заряду і від'ємного заряду, електричне поле яких перешкоджає подальшій дифузії носіїв струму. Подвійний електричний шар в області p - n -переходу зумовлює контактну різницю потенціалів і називається *потенціальним бар'єром*. Найважливіша властивість p - n -переходу виявляється при підключенні його до зовнішнього джерела живлення. При прямому вмиканні („+” до p -області, „-“ до n -області) під дією електричного поля джерела основні носіїв наближаються до p - n -переходу, рекомбінують з неосновними носіями, внаслідок чого p - n -перехід звужується, його потенціальний бар'єр знижується і при певній напрузі він відкривається для проходження струму (прямий струм $I_{пр}$). При зворотному вмиканні („-” до p -області, „+“ до n -області) під дією електричного поля джерела p - n -перехід навпаки, розширюється, його потенціальний бар'єр підвищується і він закривається для руху основних носіїв струму. Таким чином, основна властивість p - n -переходу – його *одностороння провідність*.

При зворотному вмиканні через p - n -перехід протікає так званий *зворотний струм* $I_{зв}$, зумовлений рухом неосновних носіїв. Оскільки кількість неосновних носіїв значно менша, ніж основних, зворотний струм має незначну величину порівняно з прямим: $I_{пр} \gg I_{зв}$.

Таким чином, діод має односторонню провідність.

Вольт-амперна характеристика діода – це графік залежності між струмом і напругою діода в прямому і зворотному напрямках. Прямі і зворотні вітки характеристики відображають властивість односторонньої провідності діода. Як свідчить характеристика, діод є нелінійним елементом. По характеристиці визначаються важливі параметри діодів:

– опір постійному струму прямий $R_{пр} = U_{пр} / I_{пр}$ та зворотний $R_{зв} = U_{зв} / I_{зв}$

– диференціальний опір прямий $R_{пр(д)} = \Delta U_{пр} / \Delta I_{пр}$ та зворотний $R_{зв(д)} = \Delta U_{зв} / \Delta I_{зв}$.

Очевидно, що $R_{пр} \ll R_{зв}$ і $R_{пр(д)} \ll R_{зв(д)}$.

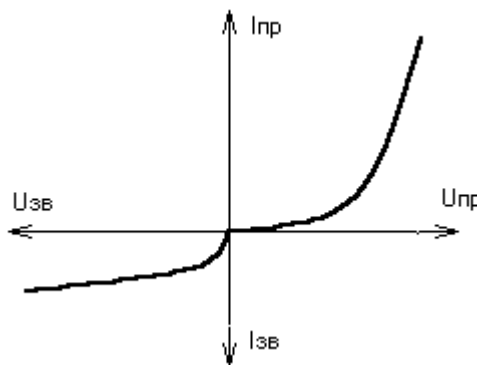


Рисунок 1.3 Вольт-амперна характеристика діода

Пробоєм називається швидкопротікаючий процес значного збільшення зворотного струму р-п-переходу при перевищенні зворотною напругою певної величини (*пробивна напруга*).

При цьому значно зростає енергія носіїв струму, що приводить до *електричного пробою*. Короткочасний електричний пробій може не руйнувати структуру р-п-переходу. Електричний пробій може супроводжуватись *тепловим пробоєм*, при якому р-п-перехід перегрівається і руйнується.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Порядок виконання роботи

1 Ознайомитись зі схемою лабораторного стенду (рисунок 1.1), призначення тумблерів, приладів.

2 Подати напругу 220В до схеми лабораторного стенда. Ручкою, виведеною на лицьову панель стенда від регулятора, змінювати пряму напругу на діоді через рівні проміжки. Контроль напруги на діоді вести за допомогою вольтметра V, вся шкала якого в даному випадку проградуйована у вольтах. Вимірювання прямого струму, який проходить через діод здійснювати амперметром, шкала якого проградуйована в мА. Результати вимірювання занести в таблицю 1.1. Після проведення вимірювань вимкнути тумблер, зняти напругу 220В.

4 Подати напругу 220В до схеми, зображеної на рис. 1.2. Провести аналогічні до п.3 вимірювання зворотного струму при подачі зворотної напруги. Вимірювання зворотного струму, який проходить через діод здійснювати амперметром, шкала якого проградуйована в мкА. Результати вимірювання занести також в таблицю 1.1. Після проведення вимірювань вимкнути тумблер, зняти напругу 220В.

Таблиця 1.1

<i>Пряма гілка</i>			<i>Зворотна гілка</i>		
U_{np}, B	I_{np}, mA	R_{np}, kOm	$U_{зв}, B$	$I_{зв}, \mu kA$	$R_{зв}, MOm$

5 За результатами вимірювань побудувати вольт-амперну характеристику досліджуваного діода та графіки залежності прямого та зворотного опорів від прикладеної до діода відповідної напруги. Зробити висновки по проведеній роботі.

6 За результатами роботи потрібно скласти звіт згідно з діючими стандартами.

Контрольні запитання:

- 1 Назвіть основні типи напівпровідникових діодів і поясніть їх призначення.
- 2 Поясніть вольт-амперну характеристику випрямного діода.

- 3 Як розраховується опір діода постійному струму та диференційний опір в прямому та зворотному напрямку?
- 4 В чому полягає сутність пробою діодів? Які існують види пробою?
- 5 Що означає пряме і зворотне вмикання діода?

Лабораторна робота № 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНЗИСТОРА У СХЕМІ З ЗАГАЛЬНИМ ЕМІТЕРОМ (ЗЕ)

Мета роботи: зняти статичні вхідні та вихідні характеристики транзистора в схемі з загальним емітером і розрахувати його h -параметри.

Обладнання: стенд для дослідження транзистора.

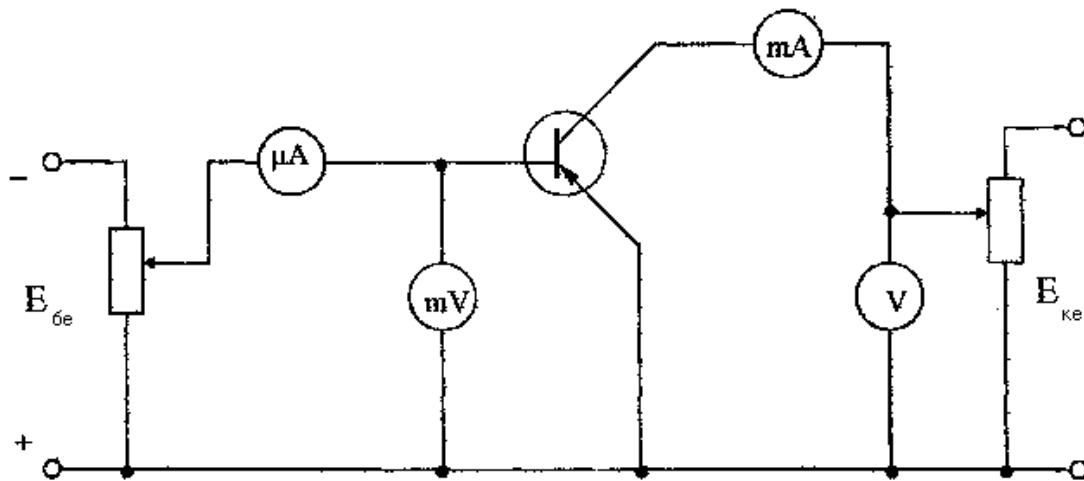


Рисунок 2.1

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Біполярним транзистором називається напівпровідниковий прилад на основі двох близько розташованих p - n -переходів.

Для його виготовлення в кристалі германію або кремнію методами вплавлення або дифузії формується три області з різним типом провідності: база, емітер, колектор.

Дифузія – явище проникнення (поширення) часточок однієї речовини між часточками іншої.

Від кожної з областей є зовнішній вивід. Отже, транзистор має три зовнішніх виводи, які мають таку ж назву, як і самі області. *P-n*-переходи транзистора мають назви: емітерний та колекторний.

Існує дві структури біполярних транзисторів: *p-n-p* та *n-p-n*.

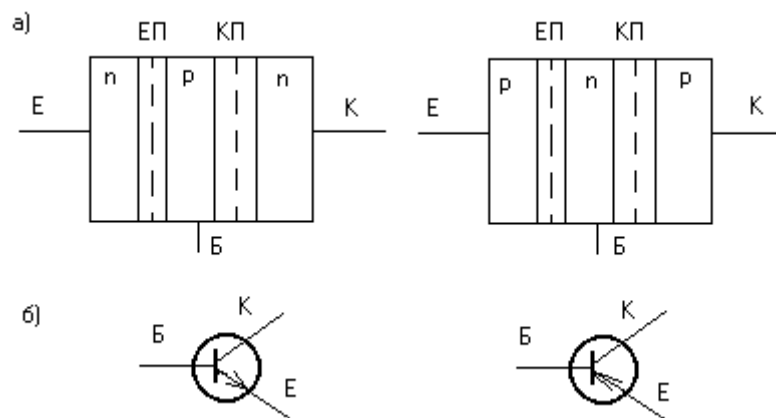


Рисунок 2.2. Структури біполярних транзисторів та їх умовні позначення

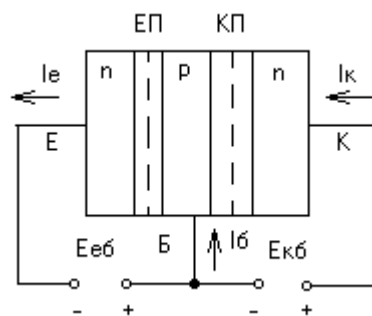


Рисунок 2.3 Струми в транзисторі

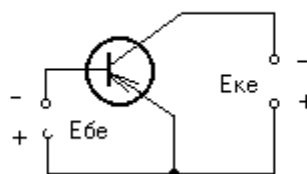


Рисунок 2.4 Схема вмикання транзистора з спільним емітером (СЕ)

Характеристики графічно відображають залежність між величинами струмів транзистора і напругами на $p-n$ переходах в різних схемах вмикання.

Для схеми зі спільним емітером:

- вхідні характеристики – $I_{\delta} = f(U_{\delta e})$ при $U_{ке} = \text{const}$;
- вихідні характеристики – $I_{к} = f(U_{ке})$ при $I_{\delta} = \text{const}$.

Характеристики використовуються для розрахунку параметрів транзисторів, визначення режимів їх роботи.

Наведені характеристики називають *статичними*, оскільки вони описують залежність між двома змінними величинами за умови постійності деякої третьої.

Система h -параметрів має чотири h -параметри. Для схеми зі СЕ вони визначаються так:

$h_{11} = \Delta U_{\delta e} / \Delta I_{\delta}$ при $U_{ке} = \text{const}$ – вхідний опір транзистора;

$h_{21} = \Delta I_{к} / \Delta I_{\delta}$ при $U_{ке} = \text{const}$ – коефіцієнт передачі струму;

$h_{12} = \Delta U_{\delta e} / \Delta U_{ке}$ при $I_{\delta} = \text{const}$ – коефіцієнт зворотного зв'язку за напругою;

$h_{22} = \Delta I_{к} / \Delta U_{ке}$ при $I_{\delta} = \text{const}$ – вихідна провідність.

Дані параметри розраховуються по статичним характеристикам транзисторів і є статичними параметрами.

Вмикання транзистора з загальним емітером дозволяє отримувати підсилення як струму, так і напруги сигналу. Коефіцієнт підсилення по напрузі при такому вмиканні найбільший, але значно змінюється при зміні режиму роботи транзистора, температури та заміні екземпляру транзисторів. Вхідний опір транзистора при вмиканні з СЕ значно вищий за вмикання з СБ та знаходиться в межах від декількох Ом (для транзисторів великої потужності) до тисяч Ом (для транзисторів малої потужності). При збільшенні опору навантаження вхідний опір зменшується.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Порядок виконання роботи

1 Ввімкнути стенд тумблером «СЕТЬ».

2 Зняти вхідні характеристики транзистора $I_{\bar{6}}=f(U_{\bar{6}e})$ для двох значень колекторної напруги: 0В і 0,5В. Для цього ручкою „РЕГ. 10 В” встановити на колекторі напругу 0В. Контроль напруги вести вольтметром V_2 . Ручкою „РЕГ. 1,5 В” змінювати напругу на базі транзистора від 0 до 1 В через 0,25 В. Контроль напруги на базі вести вольтметром V_1 , вся шкала якого в даному випадку становить 1,5В. Вимірювання струму бази здійснювати міліамперметром mA_1 (вся шкала 2 мА). Результати вимірювання занести в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1

$U_{\bar{6}e}, \text{В}$	при $U_{\text{ке}} = 0$	при $U_{\text{ке}} = 5 \text{ В}$
	$I_{\bar{6}}, \text{мА}$	$I_{\bar{6}}, \text{мА}$

і

3 Аналогічно зняти другу вхідну характеристику, встановивши на колекторі напругу 5 В ручкою „РЕГ. 10 В”.

4 Зняти вихідні характеристики транзистора $I_{\text{к}} = f(U_{\text{ке}})$ для трьох значень струму бази, які вказані в таблиці 2.2.

Для цього ручкою „РЕГ. 1,5В” встановити і в подальшому підтримувати незмінним струм бази 0,4мА. Контроль струму бази вести міліамперметром mA_1 (шкала 2 мА).

Ручкою „РЕГ. 10В” змінювати напругу колектора від 0 до 10 В через 2 В. Контроль напруги колектора вести вольтметром V_2 , а колекторного струму міліамперметром mA_2 . Результати вимірювань занести до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

$U_{ке}, В$	$I_6 = 0,4 \text{ мА}$	$I_6 = 0,6 \text{ мА}$	$I_6 = 0,8 \text{ мА}$
	$I_{к}, \text{ мА}$	$I_{к}, \text{ мА}$	$I_{к}, \text{ мА}$

5 Аналогічно зняти дві інші вихідні характеристики для значень струму бази, що вказані в таблиці 2.2, після чого стенд вимкнути.

6 За результатами вимірювань побудувати вхідні і вихідні характеристики транзистора.

7 По характеристикам розрахувати вхідний опір транзистора h_{11e} і коефіцієнт передачі струму h_{21e} , порівнявши ці параметри з паспортними (з довідника).

8 Зробити висновок про відповідність розрахованих параметрів транзистора паспортним ($h_{11e} = 600 \div 1600 \text{ Ом}$; $h_{21e} = 20 \div 50$).

Контрольні запитання:

- 1 Назвіть і приведіть три схеми вмикання біполярних транзисторів.
- 2 Що означає активний режим вмикання біполярного транзистора?
- 3 Поясніть струмопроходження в транзисторі.
- 4 Що являють собою вхідні і вихідні характеристики біполярного транзистора?
- 5 Як розраховуються параметри h_{22} та h_{12} ?
- 6 Дайте характеристику транзистора, який ви досліджували в лабораторній роботі, за технологією виготовлення, потужністю, частотному діапазону.
- 7 Чим відрізняється схема з ЗЕ від інших схем вмикання?
- 8 Що називається вхідними і вихідними характеристиками транзистора в схемі з ЗЕ?
- 9 Чим статичний режим роботи транзистора відрізняється від динамічного?

Лабораторна робота № 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНЗИСТОРА У СХЕМІ З ЗАГАЛЬНОЮ БАЗОЮ (ЗБ)

Мета роботи: зняти статичні вхідні та вихідні характеристики транзистора в схемі з загальною базою і визначити його h - параметри.

Обладнання: стенд для дослідження транзистора.

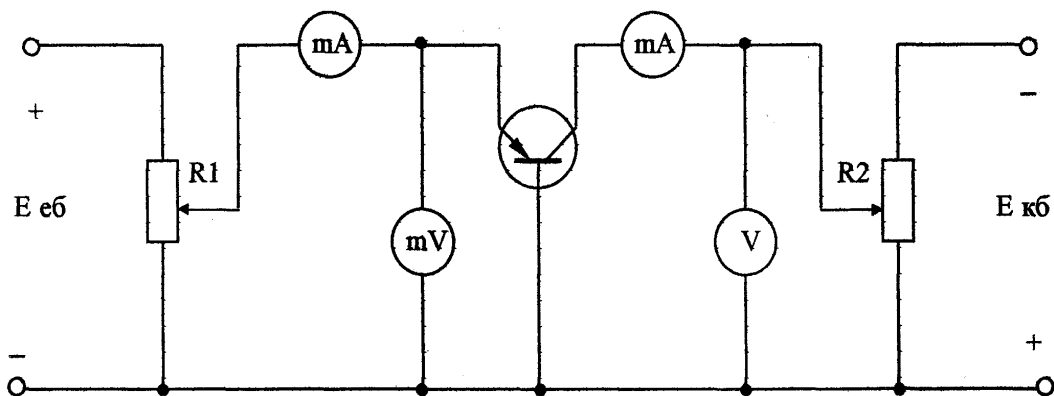
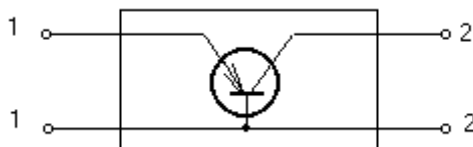


Рисунок 3.1

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Ввімкнення транзистора з загальною базою забезпечує підсилення тільки по напрузі. Коефіцієнт підсилення струму при такому вмиканні



менше одиниці та мало змінюється при зміні режиму роботи, температури та заміні екземплярів транзистора. Коефіцієнт підсилення по потужності порівняно невеликий, але при заміні екземплярів транзисторів, їх старіння та

при зміні температури змінюється значно менше, чим при інших ввімкненнях транзистора.

Для схеми зі ЗБ вони визначаються так:

$h_{11} = \Delta U_{be} / \Delta I_b$ при $U_{be} = \text{const}$ – вхідний опір транзистора;

$h_{21} = \Delta I_c / \Delta I_b$ при $U_{ce} = \text{const}$ – коефіцієнт передачі струму;

$h_{12} = \Delta U_{be} / \Delta U_{ce}$ при $I_b = \text{const}$ – коефіцієнт зворотного зв'язку за напругою;

$h_{22} = \Delta I_c / \Delta U_{ce}$ при $I_b = \text{const}$ – вихідна провідність.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Порядок виконання роботи.

1 Зняти вхідні характеристики транзистора $I_e = f(U_{be})$. Для цього ввімкнути стенд тумблером «СЕТЬ». Першу характеристику треба зняти при напрузі на колекторі $U_{cb} = 0$. Потенціометром R2 встановити $U_{cb} = 0$. Потенціометром R1 змінювати значення струму емітера від 0 до 30 мА, вимірювати при цьому напругу емітер-база. Дані вимірювань заносити до табл. 2.1, напругу на колекторі підтримуйте постійною.

Аналогічно знімають другу характеристику при $U_{cb} = 25\text{В}$.

2 Зняти вихідні характеристики транзистора $I_c = f(U_{cb})$ при трьох значеннях струму емітера, зазначених в табл. 3.2. Щоб зняти першу характеристику, встановити потенціометром R₁ струм емітера 5 мА. Потенціометром R₂ змінювати колекторну напругу від 10 до 50 В через 10В, вимірюючи струм колектора. При цьому струм емітера підтримуйте постійним. Дані вимірювань заносити до табл. 3.2.

Аналогічно знімають вихідні характеристики при $I_e = 10\text{ мА}$ та $I_e = 15\text{ мА}$.

3 Після перевірки результатів викладачем вимкніть стенд.

Таблиця 3.1.

I_e (мА)	$U_{кб} = 0$	$U_{кб} = 25В$
	$U_{еб}$ (мВ)	$U_{еб}$ (мВ)

Таблиця 3.2.

$U_{кб}$, В	$I_e = 5$ мА	$I_e = 10$ мА	$I_e = 15$ мА
	$I_{к}$, мА	$I_{к}$, мА	$I_{к}$, мА

4 За результатами вимірювань побудувати вхідні і вихідні характеристики транзистора.

5 По характеристикам розрахувати вхідний опір транзистора h_{116} і коефіцієнт передачі струму h_{216} , порівнявши ці параметри з паспортними (з довідника).

6 Зробити висновок про відповідність розрахованих параметрів транзистора паспортним ($h_{116} = 5 \div 15$ Ом; $h_{216} = 0,97 \div 0,98$).

Контрольні запитання:

- 1 Назвіть h -параметри транзистора, поясніть їх фізичну суть.
- 2 Що називається динамічним режимом роботи біполярного транзистора?
- 3 Як будується вихідна динамічна характеристика транзистора (навантажувальна)?
- 4 Поясніть підсилювальні властивості біполярного транзистора.
- 5 В чому полягає фізичний смисл h - параметрів, які ви визначили?
- 6 Які існують структури біполярних транзисторів?
- 7 Порівняйте h -параметри транзистора в схемі з ЗБ з відповідними параметрами в схемі з ЗЕ з попередньої роботи і зробіть висновок.

Лабораторна робота № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЛЬОВОГО ТРАНЗИСТОРА

Мета роботи : зняти основні характеристики і визначити параметри польового транзистора.

Обладнання : лабораторний стенд.

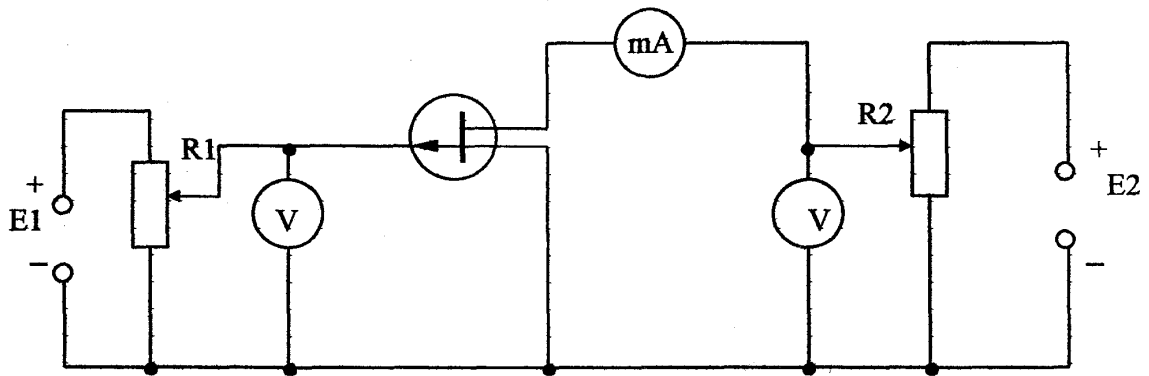


Рисунок 4.1

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Польовим (уніполярним) називається транзистор, струм в якому зумовлений рухом в так званому каналі носіїв заряду лише одного типу (електронів (n) або дірок (p)).

Польовий транзистор має напівпровідниковий кристал, наприклад n -типу, в якому утворено два зовнішніх виводи – *витік* і *стік*. Третій вивід утворюється від з'єднаних між собою областей з протилежним типом провідності, які утворюють так званий *затвор*. Рух носіїв струму відбувається в тій частині кристалу, що називається *каналом*. Між областями затвору і каналом утворюються p - n -переходи. Вихідним колом транзистора є коло витік – стік з джерелом живлення $E_{св}$ і опором навантаження R_c . Керуючою є напруга на затворі, тобто на p - n переходах, які джерелом напруги $E_{зв}$ увімкнуті в зворотному напрямку. Струм в колі стоку залежить від ширини каналу. При збільшенні зворотної напруги на затворі p - n -переходи розширюються і звужують канал, що приводить до зменшення

струму стоку і навпаки. Таким чином здійснюється керування струмом в польовому транзисторі. Подібно до біполярних транзисторів, існує три схеми вмикання польових транзисторів: зі спільним витоком (СВ), спільним стоком (СС) і спільним затвором (СЗ). Польові транзистори можуть бути двох структур: з n -каналом та p -каналом.

Основні характеристики польових транзисторів:

- вихідні (стокові) $I_c = f(U_{св})$ при $U_{зв} = \text{const}$;
- перехідні (стокзатворні) $I_c = f(U_{зв})$ при $U_{св} = \text{const}$.

Основні параметри польових транзисторів:

- крутість характеристики $S = \Delta I_c / \Delta U_{зв}$ при $U_{св} = \text{const}$;
- коефіцієнт підсилення напруги $\mu = \Delta U_{св} / \Delta U_{зв}$ при $I_c = \text{const}$;
- вхідний опір $R_{вх} = \Delta U_{зв} / \Delta I_з$ при $U_{св} = \text{const}$.

Порівняно з біполярними польові транзистори мають більший вхідний опір, який досягає в транзисторах з p - n – переходами величини $(10^6 \div 10^9)$ Ом, а транзисторах з ізолюваним затвором $(10^{13} \div 10^{15})$. Таке високе значення вхідного опору пояснюється тим, що в транзисторах з p - n – переходами електронно-дірковий перехід між затвором та витоком ввімкнений в зворотному напрямку, а в транзисторах з ізолюваним затвором вхідний опір визначається дуже великим опором витоку діелектричного шару. Польові транзистори мають малий рівень власних шумів, так як в них на відміну від біполярних в перенесенні струму беруть участь заряди тільки одного знака, що виключає появу рекомбінаційного шуму. В широкому діапазоні частот коефіцієнт шуму польових транзисторів не перевищує $(0,5 \dots 3)$ дБ. До переваг польових транзисторів слід віднести також високу стійкість проти температурних та радіоактивних впливів, а також високу щільність розташування елементів при використанні приладів і інтегральних мікросхемах.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Порядок виконання роботи.

1 Ввімкнути стенд тумблером «СЕТЬ».

2 Зняти вихідні характеристики польового транзистора $I_c=f(U_{cb})$ для значень напруги на затворі, які вказані в табл. 4.1. Для зняття першої характеристики регулятором R_2 встановити і підтримувати незмінною напругу на затворі, що дорівнює 0. Змінювати напругу на стокові від 0 до 5В через 1В, вимірюючи струм стоку міліамперметром. Результати вимірювань занести до табл. 4.1.

3 Аналогічно зняти вихідні характеристики для інших значень напруги затвору.

Таблиця 4.1.

$U_{cb}, \text{В}$	Напруга затвору $U_{zb}, \text{В}$				
	0	0,5	1,0	1,5	2,0
	$I_c, \text{мА}$	$I_c, \text{мА}$	$I_c, \text{мА}$	$I_c, \text{мА}$	$I_c, \text{мА}$

4 Зняти перехідні характеристики польового транзистора $I_c= f(U_{zb})$ для двох значень напруги стоку, що вказані в табл. 4.2. Регулятором R_2 встановити і підтримувати незмінною напругу на стокові 10 В. Регулятором R_1 змінювати напругу на затворі від 0 до 3 В через 0,5 В, вимірюючи струм стоку. Результати вимірювань занести до табл.4.2.

5 По закінченню вимірювань вимкнути стенд.

6 За результатами вимірювань побудувати вихідні і перехідні характеристики транзистора.

7 Користуючись характеристиками, розрахувати крутість характеристики транзистора S і коефіцієнт підсилення μ , вихідний опір транзистора $R_{вих}$, порівнявши визначені параметри з паспортними, що вказані в довіднику.

8 Зробити висновок про відповідність визначених параметрів транзистора паспортним.

Таблиця 4.2

$U_{зв}, В$	При $U_{св} = 10В$	При $U_{св} = 3В$
	$I_c, мА$	$I_c, мА$

9 За результатами роботи потрібно скласти звіт згідно з діючими стандартами.

Контрольні запитання:

- 1 Чим польові транзистори відрізняються від біполярних?
- 2 Поясніть будову і принцип роботи польового транзистора з керуючим *p-n* переходом.
- 3 Поясніть особливості будови польових транзисторів з ізольованим затвором. Чому їх називають МОН-транзисторами?
- 4 Назвіть основні схеми вмикання польових транзисторів.
- 5 Як польові транзистори позначаються в схемах?
- 6 Дайте пояснення характеристикам, знятим у роботі;
- 7 В чому полягає фізичний смисл параметрів, які розраховані у роботі?

Лабораторна робота № 5

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТИРИСТОРІВ

Мета роботи: практично вивчити основні властивості тиристора, зняти характеристику керування, дослідити роботу тиристора в схемі керованого випрямляча.

Обладнання : лабораторний стенд.

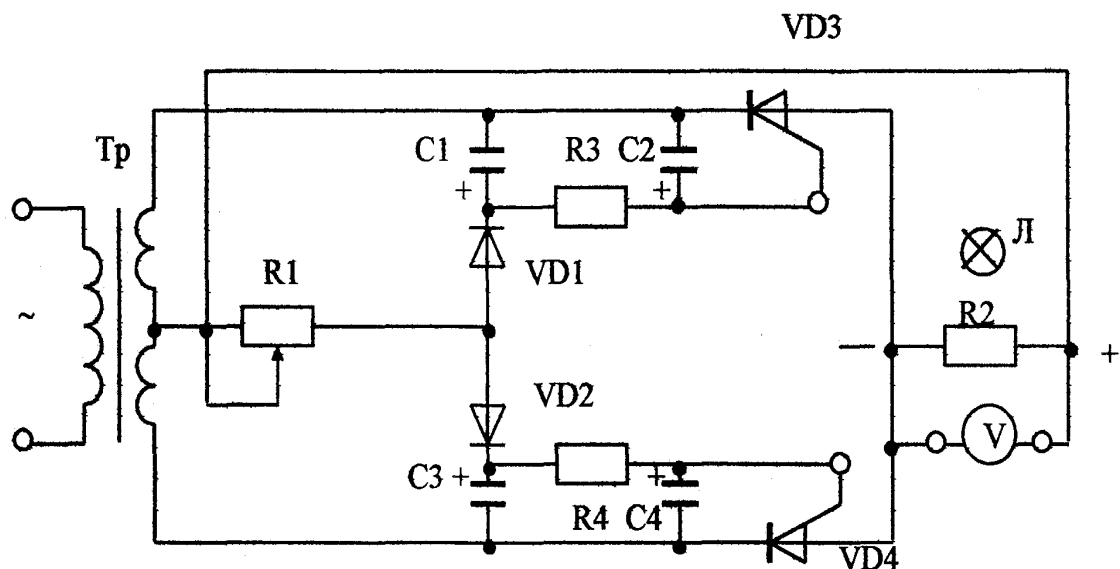


Рисунок 5.1

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Тиристорами називаються напівпровідникові прилади з трьома р-п переходами.

Існує декілька різновидностей тиристорів. Найчастіше використовуються так звані некеровані тиристири (*диністори*) та керовані тиристири (*триністори*).

Триністор, на відміну від диністора, крім анода і катода, має третій, так званий *керуючий електрод*. Він приєднується до однієї з баз, тому існує два типи триністорів: керовані по аноду і керовані по катоду. Через керуючий електрод на емітерний перехід в прямому напрямку подається керуюча напруга, під дією якої відбувається вмикання триністора. Оскільки керуюча напруга подається на емітерний перехід в прямому напрямку, її величина є незначною. При цьому сила струму в кристалі може сягати десятків і навіть сотень ампер. Таким чином, триністор дає змогу керувати колами значних струмів шляхом подачі порівняно невеликої напруги на керуючий електрод.

Тиристри використовуються в схемах випрямлячів, перетворювачів, електроприводі та інших пристроях силової електроніки.

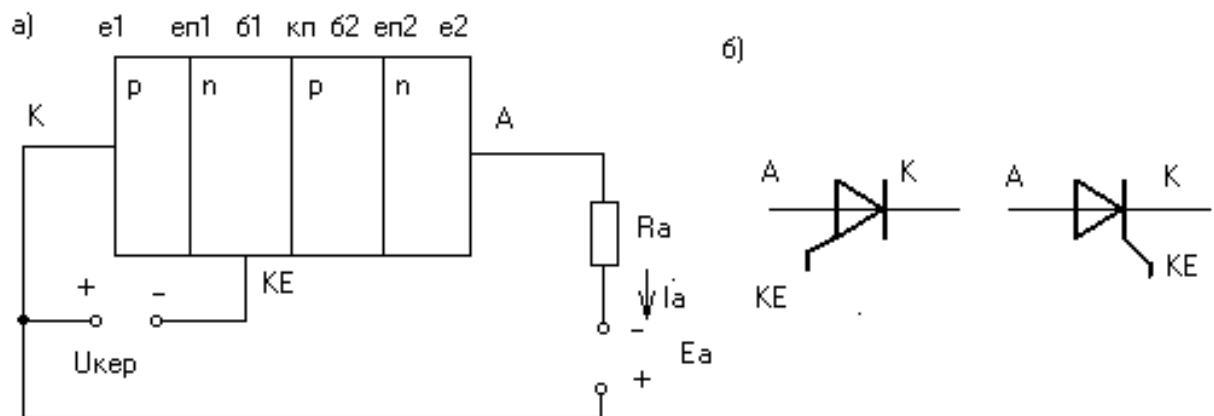


Рисунок 5.2 – Структура (а) та умовні позначення триністорів (б – керований по аноду, в – керований по катоду).

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Порядок виконання роботи

1. Ввімкнути стенд тумблером «СЕТЬ».
2. Перевірити межі регулювання випрямленої напруги. Для цього, обертаючи ручку змінного резистора R1, по розжаренню лампи, що є навантаженням випрямляча, і вольтметра (прилад mA_1 , шкала 4В), спостерігати зміну вихідної напруги. Занести до табл. 5.1 значення випрямленої напруги для декількох значень кута керування α° , які вказані в табл. 5.1. Кут керування визначити, користуючись масштабною сіткою осцилографа.

Таблица 5.1

Кут керування α , град.	0	60	80	120	180
Випрямлена напруга $U_{\text{вих}}, \text{В}$					

3. Зняти осцилограми напруги на вході випрямляча, а також на виході для вказаних в табл. 5.1 значень кута керування. Для цього під'єднати вхід „У” осцилографа до відповідних точок схеми.

Зняті осцилограми навести у звіті з лабораторної роботи, причому їх потрібно сумістити за часом.

4 По закінченню вимірювань вимкніть стенд.

5 За даними табл. 5.1 побудувати характеристику керування

$$U_{\text{вих}} = f(\alpha)$$

6 Зробити висновок про залежність вихідної напруги від кута керування.

Контрольні запитання:

- 1 Поясніть структуру тиристора;
- 2 Поясніть принцип роботи тиристора за його вольт-амперною характеристикою;
- 3 Що називається кутом керування ?
- 4 Якими елементами в схемі змінюється кут керування ?
- 5 Як вимірювався кут керування у проведеній лабораторній роботі ?

Лабораторна робота № 6

ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТЛОВОГО ІНДИКАТОРА

Мета роботи: практичне вивчення конструкції і роботи світлодіодного індикатора, визначення його основних

параметрів.

Обладнання: лабораторний стенд, плата для дослідження світлодіодного індикатора.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Світловипромінюючий діод (світлодіод) перетворює електричну енергію в енергію світлового випромінювання. Має р-п-перехід, виготовлений на основі таких напівпровідників, як арсенід галію, карбід кремнію, фосфід кремнію. Під дією зовнішньої напруги в р-п-переході відбувається інтенсивний перехід носіїв струму до сусідніх областей, де вони рекомбінують з основними носіями. При цьому вивільняється енергія електромагнітних коливань, яка випромінюється в тому числі у видимому спектрі. Світловипромінюючі діоди використовуються як елементи індикації.

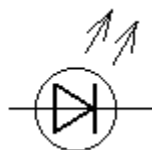


Рисунок 6.1 Умовне позначення світлодіода

На основі світловипромінюючих діодів будуються напівпровідникові індикатори (НПІ). Вони бувають *семисегментними* та *матричними*. Семисегментні НПІ можуть відображувати десять цифр та декілька літер, матричні мають 36 світлодіодних точок ($7 \times 5 + 1$) і є універсальними для зображення всіх цифр, літер, знаків. НПІ порівняно з іншими типами індикаторів є більш економічними.

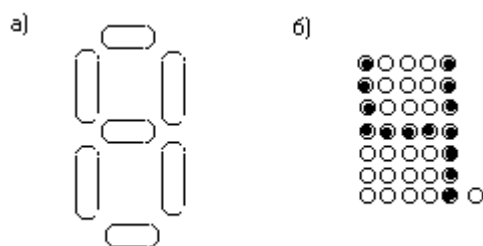


Рисунок 6. 2 Семисегментний (а) та матричний (б) світлодіодні індикатори.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Порядок виконання роботи

- 1 Встановити на стенд плату „Світлодіодний індикатор” і тумблером „СЕТЬ” увімкнути живлення.
- 2 По вольтметру V_1 визначити напругу живлення і записати в таблицю 6.1.
- 3 Визначити положення тумблерів для одержання на індикаторі цифр від 0 до 9. Вмикаючи по черзі відповідні цифри, міліамперметром mA_1 за шкалою 0–2 мА визначити струм кожної цифри і записати до таблиці 6.1. Після вимірювань вимкнути стенд.
- 4 Розрахувати потужність, яку споживає кожна цифра індикаторів ($P=I \cdot U$ [мВт]) і занести до таблиці 6.1.
- 5 Проаналізувати отримані параметри дослідженого індикатора і результати відобразити у висновках до роботи.
- 6 Накреслити у звіті з лабораторної роботи умовні позначення дослідженого індикатора.

Таблиця 6.1

Напруга живлення U_B	Струм цифр, I, мА										Потужність, що споживається цифрами, P, мВт									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

Контрольні запитання:

- 1 Поясніть будову і принцип дії світловипромінюючого діода.
- 2 Порівняти між собою потужність, яку споживають досліджений тип індикаторів. Чи є він найбільш економічним в порівнянні з іншими?
- 3 Вкажіть сферу використання зазначених типів індикаторів.

Лабораторна робота № 7

ДОСЛІДЖЕННЯ ЛЮМІНЕСЦЕНТНОГО ІНДИКАТОРА

Мета роботи: практичне вивчення конструкції і роботи люмінесцентного індикатора, визначення його основних параметрів.

Обладнання: лабораторний стенд, плата для дослідження люмінесцентного індикатора.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Вакуумний люмінесцентний індикатор (ВЛІ) – це електронна лампа з оксидним катодом прямого розжарювання з декількома ізольованими один від одного елементами, покритими шаром люмінофора, який світиться під дією потоку емітованих катодом електронів. Оскільки світяться ті елементи, на які подано анодну напругу, можна дістати зображення цифр, літер, інших знаків.

Основні елементи ВЛІ: анод, катод, сітка, скляний вакуумний балон, зовнішні виводи. Принцип роботи ВЛІ полягає в тому, що потік електронів від катоду засвічує покриті люмінофором елементи аноду, на які подано анодну напругу. Таким чином, комутуючи виводи елементів аноду, можна дістати зображення цифр, літер, знаків тощо.

В техніці використовуються різні типи ВЛІ: цифрові, літерно-цифрові, шкальні, графічні та інші в залежності від інформації, яку вони відтворюють. Розрізняють також однорозрядні і багаторозрядні ВЛІ. Багаторозрядні ВЛІ дають змогу відображувати більш складну інформацію.

Порядок виконання роботи

- 1 Встановити на стенд плату “Вакуумний люмінесцентний індикатор” і тумблером „СЕТЬ” увімкнути живлення.
- 2 Ручкою „РЕГ.150В” встановити напругу на аноді індикатора 20В по вольтметру V_1 .
- 3 Визначити положення тумблерів для одержання на індикаторі цифр від 0 до 9.
- 4 Вмикаючи по черзі відповідні цифри, міліамперметром $mA1$ за шкалою 0–2 мА визначити струм кожної цифри і записати до таблиці 7.1. Після вимірювань вимкнути стенд.
- 5 Розрахувати потужність, яку споживає кожна цифра індикатора ($P=I \cdot U$ [мВт]) і занести до таблиці 7.1. Проаналізувати параметри люмінесцентного індикатора і результат відобразити у висновку до роботи.

Таблиця 7.1

Напруга	Струм цифр, I, мА	Потужність, що споживається цифрами, P, мВт
---------	-------------------	---

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

6 Накреслити у звіті з лабораторної роботи умовне позначення дослідженого індикатора.

Контрольні запитання:

- 1 Назвати основні елементи вакуумного люмінесцентного індикатора і пояснити їх призначення.
- 2 Вкажіть сферу використання зазначеного типу індикаторів.

Лабораторна робота № 8

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОВАКУУМНОЇ ЛАМПИ –ТРИОДА

Мета роботи: ознайомитися з принципом дії тріода, зняти його характеристики і визначити статичні параметри тріода.

Обладнання: лабораторний макет

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Тріодом називається електронна лампа, яка має катод, анод та керуючий електрод – сітку. Матеріалом аноду можуть служити нікель, молібден та тантал, які допускають високу температуру нагрівання. Анод виготовляють у вигляді циліндричної форми. Сітку зазвичай виготовляють із молібденової чи вольфрамової проволочки у вигляді спіралі, що охоплює катод по всій його довжині. Витки спіралі приварюються до сіткових траверс із нікелю, закріплених в просторі між анодом та катодом. Якщо до затискачів сітка - катод підвести змінну

напругу, то між сіткою та катодом створюється змінне електричне поле, яке або прискорює (при «+» на сітці), або гальмує (при «-» на сітці) рух електронів до аноду. В результаті число електронів, які проходять крізь сітку до аноду, змінюється, тобто змінюється анодний струм. Ця властивість керувати анодним струмом дала право називати сітку тріода керуючою. Тріод є підсилювальним елементом, який управляється вхідною напругою.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Порядок виконання роботи

1 Ознайомитися з лабораторною установкою

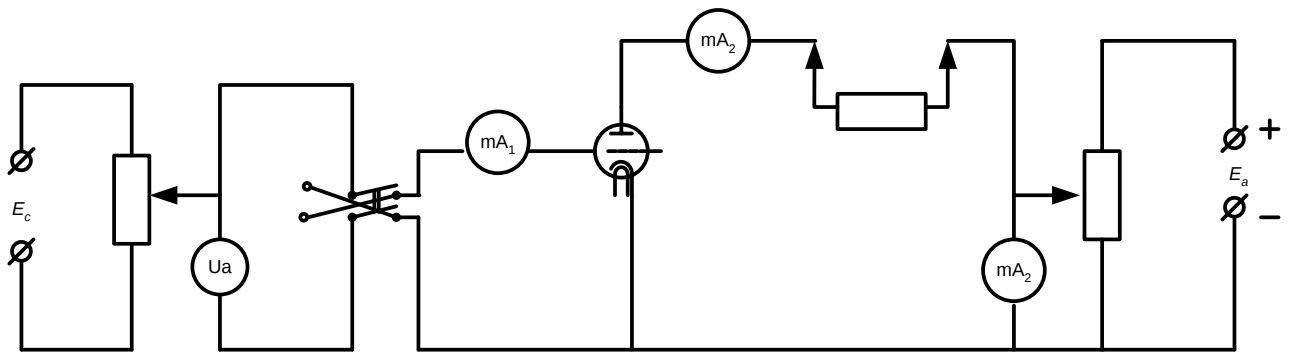


Рисунок 8.1

Прилади для вимірювання анодного струму I_a , анодної напруги U_a , струму на сітці I_c і напруги U_c на панелі макета встановлено таким чином

mA_1	U_1	U_2	mA_2
I_c	U_a	U_c	I_a
2 mA	150V	10V	30 mA

2 Зняти анодно-сіточні характеристики $I_a = f(U_c)$ при $U_a = const$.

2.1 Встановити анодну напругу U_a вибране із довідникових даних для досліджуємого типу тріода.

2.2 Змінювати напругу на сітці U_c і заміряти відповідну зміну анодного струму I_a .

2.3 Результати вимірювань занести в таблицю 8. 1.

Таблиця 8.1

$U_{a1}(B)$		$U_{a2}(B)$		$U_{a3}(B)$	
U_c, B	I_a, mA	U_c, B	I_a, mA	U_c, B	I_a, mA

2.4 За даними таблиці 1 побудувати анодно-сіточні характеристики, визначити статичні параметри S , R , μ у робочій точки, вибраної у відповідності з параметрами досліджуємого триода, які запропоновані в довідниковій літературі, порівняти ці параметри.

3 Зняти анодні характеристики $I_a = f(U_a)$ при $U_c = const$.

3.1 Встановити напругу на сітці U_c , вибране з таблиці 1.

3.2 Змінювати напругу U_a і заміряти відповідні зміни анодного струму I_a .

Результати вимірювань занести в таблицю 8. 2.

Таблиця 8.2

$U_{c1}(B)$		$U_{c2}(B)$		$U_{c3}(B)$	
U_a, B	I_a, mA	U_a, B	I_a, mA	U_a, B	I_a, mA

3.3 За даними таблиці 2 побудувати анодні характеристики. Побудувати

навантажувальну пряму для значень E_a , R_H , які вкаже викладач.

4 Скласти звіт.

Контрольні запитання:

- 1 Яке призначення тріодів?
- 2 В чому полягає принцип дії тріода?
- 3 Дати визначення основних статичних параметрів тріода і пояснити їх фізичний зміст.
- 4 Як зв'язані між собою статичні параметри тріода?

Лабораторна робота №9

ДОСЛІДЖЕННЯ ТИРАТРОНА

Мета роботи: ознайомитися з принципом дії тиратрона, зняти анодно-сіточну та пускову характеристику для тиратрона з розжареним катодом, визначити напругу запалювання тиратрона.

Обладнання: лабораторний макет.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Газорозрядні індикатори відносяться до низьковакуумних або іонних приладів, струм в яких зумовлений рухом як електронів, так і іонів, які виникають в процесі газового розряду. Газорозрядний індикатор має скляний балон, наповнений інертним газом або їх сумішами, всередині якого розміщується електродна система (катод, анод, одна чи декілька керуючих сіток). При певному значенні напруги між електродами відбувається ударна іонізація газу, при якій його атоми розщеплюються на електрони і іони. Цей

процес супроводжується світінням, що й використовується в приладах індикації.

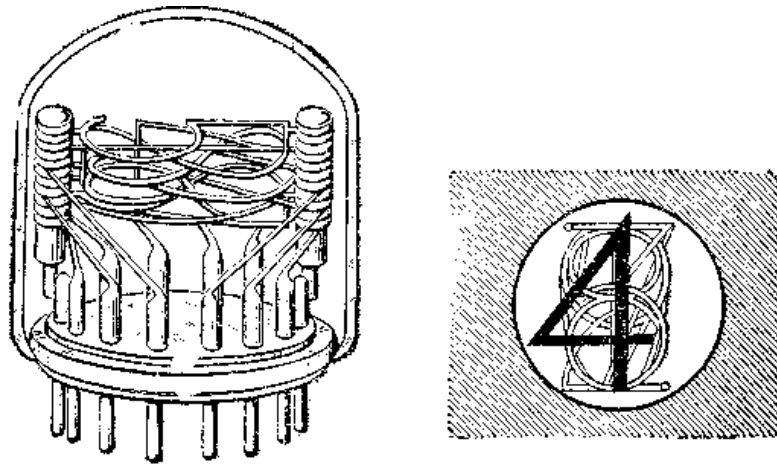


Рисунок 9.1 Будова індикаторної лампи

Основним різновидом газорозрядного індикатора є - *тиратрон*. Окрім анода і катода має керуючий електрод (сітку). Сітка керує моментом виникнення розряду. Емісія електронів відбувається під дією бомбардування катода позитивними іонами. Світіння інертного газу відбувається після подачі імпульсу напруги на керуючий електрод.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Порядок виконання роботи

1 Ознайомитися з лабораторним макетом.

Прилади для вимірювання анодного струму, анодної напруги, напруги на сітці, на макеті розташовані таким чином.

$$U_2$$

$$U_a$$

$$150V$$

$$U_1$$

$$-U_c$$

$$10V$$

$$mA_2$$

$$I_a$$

$$30 mA$$

Схема:

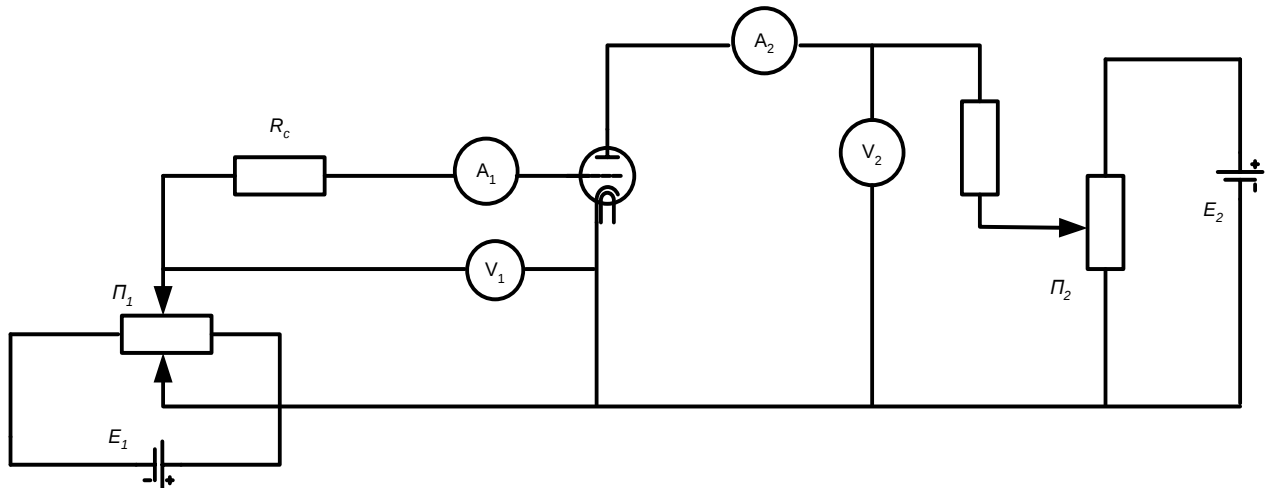


Рисунок 9.1

2 Зняти дві анодно-сіточні характеристики.

2.1 Встановити анодну напругу, вбрану з довідкових даних для досліджуемого тиратрона.

2.2 Встановити найбільшу негативну напругу на сітці тиратрона. Результати вимірювань занести в таблицю 9.1.

3 Складіть пускову характеристику тиратрона.

3.1 Встановити найбільшу негативну напругу на сітці тиратрона.

3.2 Результати вимірювань занести в таблицю 9.1.

Таблиця 9.1

Анодно-сіточні характеристики				Пускова характеристика	
$U_a = 50 \text{ В}$		$U_a = 100 \text{ В}$		$U_a, \text{ В}$	$U_c, \text{ В}$
$U_c, \text{ В}$	$I_a, \text{ мА}$	$U_c, \text{ В}$	$I_a, \text{ мА}$		

--	--	--	--	--	--

4 За даними таблиці 1 побудувати анодно-сіточну і пускову характеристики.

5 Скласти звіт.

Контрольні запитання:

- 1 В чому полягає принцип дії тиратрона?
- 2 Будова тиратрона з холодним катодом.
- 3 Будова тиратрона з розжареним катодом.
- 4 Область використання тиратронів.

Лабораторна робота № 10

ДОСЛІДЖЕННЯ ГАЗОРОЗРЯДНОГО ІНДИКАТОРА

Мета роботи: практичне вивчення конструкції і роботи газорозрядного індикатора, визначення його основних параметрів.

Обладнання: лабораторний стенд, плата для дослідження газорозрядного індикатора.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Газорозрядні індикатори відносяться до низьковакуумних електронних приладів, струм в яких зумовлений рухом в міжелектродному просторі як електронів, так і іонів, які утворюються в результаті газового розряду (до речі, ці процеси вивчались в курсі фізики в темі „Електричний струм в газах”).

Основні елементи конструкцій газорозрядних індикаторів: скляний балон, наповнений інертним газом або сумішами інертних газів (гелій, аргон, неон,

криптон, ксенон), катоди, аноди, керуючі електроди (сітки) різних форм і конфігурацій в залежності від призначення приладу.

Під дією напруги певної величини між анодом і катодом виникає іонізація газу, яка супроводжується світінням, колір якого залежить від виду газу.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Порядок виконання роботи

- 1 Встановити на стенд плату „Газорозрядний індикатор” і тумблером „СЕТЬ” увімкнути живлення.
- 2 Ручкою „РЕГ.150В” встановити напругу на аноді індикатора в межах 120 – 150 В по вольтметру V_1 .
- 3 Вмикаючи по черзі кнопками S_0 – S_9 відповідні цифри, міліамперметром mA_1 за шкалою 0–2 мА визначити струм кожної цифри і записати до таблиці 10.1. Після вимірювань вимкнути стенд.
- 4 Після проведення вимірювань розрахувати потужність, яку споживає кожна цифра газорозрядного індикатора ($P=I \cdot U$ [мВт]) і занести до таблиці 10.1. Проаналізувати параметри дослідженого індикатора і результат відобразити у висновках.
- 4 Накреслити у звіті з лабораторної роботи умовні позначення досліджених індикаторів.

Таблиця 10.1

Напруга живлення U, V	Струм цифр, I , мА										Потужність, що споживається цифрами, P , мВт									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

Контрольні запитання:

- 1 Назвати основні елементи газорозрядного індикатора і пояснити їх призначення.
- 2 Які фізичні процеси відбуваються у газорозрядному індикаторі?
- 3 Пояснити будову і принцип роботи світлодіодного індикатора;
- 4 порівняти між собою потужність, яку споживають досліджені раніше типи індикаторів. Які з них найбільш економічні?
- 5 Вкажіть сферу використання зазначених типів індикаторів.

Лабораторна робота № 11

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОЇ ТРУБКИ

Мета роботи: практичне вивчення роботи електронно-променевої трубки осцилографа.

Обладнання: лабораторний стенд.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Електронно-променева трубка (ЕПТ) слугує для перетворення напруги, яка досліджується, в видиме зображення – осцилограму.

Електронно-променева трубка (ЕПТ) являє собою високовакуумний прилад, в якому сфокусований електронний промінь, падаючи на люмінесцентний екран, викликає його світіння.

Основні різновидності ЕПТ:

- з електростатичним керування та фокусуванням;
- з електромагнітним керування та фокусуванням.

Основні елементи ЕПТ з електростатичним керування та фокусуванням:

- електронний прожектор;
- відхильна система;
- люмінесцентний екран.

Електронний прожектор призначений для утворення потужного сфокусованого електронного променя. Має термокатод для емісії електронів, керуючий електрод для регулювання струму променя і яскравості його зображення на екрані, систему анодів для створення прискорюючого електричного поля, фокусування променя на екрані (електростатична лінза) і відведення вторинних електронів, вибитих з екрану.

Відхильна система призначена для переміщення електронного променя по екрану по горизонталі (X) та вертикалі (Y). Складається з двох пар пластин: горизонтально-відхильних та вертикально-відхильних. На горизонтально-відхильні подаються пилоподібні імпульси (імпульси горизонтального розгортання), на вертикально-відхильні – сигнал, який має спостерігатися на екрані.

Екрани більшості осцилографічних ЕПТ виготовляють з люмінофором на основі сульфіду цинку та кадмію, що має зеленуватий колір світіння. У трубках з тривалим післясвітінням використовуються екрани з кількома шарами люмінофору різного складу.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Порядок виконання роботи

1 Ознайомитись з призначенням регуляторів і кнопок на передній панелі осцилографа. Накреслити у звіті ескіз передньої панелі і вказати призначення регуляторів і кнопок.

2 Встановити на стенді плату „Панель осциллографа” і тумблером „СЕТЬ” увімкнути живлення.

3 З'єднати за допомогою шнура гнізда =1В плати з гніздами „У” осцилографа. Добитися ручками керування появи на екрані одного, двох, трьох періодів зображення синусоїдального коливання.

4 Користуючись відповідними регуляторами і кнопками осцилографа,

виконати регулювання яскравості, фокусності, частоти, амплітуди зображення, пояснюючи в кожному випадку, яким чином здійснюються такі регулювання.

5 Дослідити роботу електронно-променевої трубки за фігурами Лісажу. Для цього відключити кнопкою „РАЗВ.” Генератор пілкоподібних імпульсів. При цьому на екрані повинна з'явитися яскрава точка. З'єднати шнуром вхід „Х” осцилографа з гніздами =1В плати. Вхід „У” з'єднати шнуром з гніздами „ВЫХ.ЗГ” стенду.

6 Тумблером „ВКЛ.ЗГ” увімкнути звуковий генератор. Натиснути кнопки „ДЕЛИТЕЛЬ 1:1”, „ЧАСТОТА×1”.

7 Змінюючи амплітуду напруги ручкою „РЕГ.ВЫХ” і частоту ручкою „ЧАСТОТА ПЛАВНО”, одержати на екрані осцилографа зображення кола.

8 Вважаючи частоту сигналу на вході „Х” 50 Гц, встановити на екрані фігури Лісажу для частот звукового генератора 25 Гц, 75 Гц, 100 Гц, 125 Гц. Одержані фігури зі значеннями відповідних частот (осцилограми) навести у звіті. Пояснити роботу відхильної системи електронно-променевої трубки у кожному випадку.

9 По закінченні вимірювань стенд вимкнути.

Контрольні запитання:

1 Назвати основні елементи електронно-променевої трубки і пояснити їх призначення.

2 Пояснити, як здійснюється регулювання яскравості, фокусності, частоти зображення коливань.

3 Яку конструкцію має відхильна система електронно-променевої трубки даного осцилографа?

4 Як позначаються електронно-променеві трубки в електронних схемах?

Лабораторна робота № 12

ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДСИЛЮВАЧА НАПРУГИ

Мета роботи : практично вивчити роботу каскаду попереднього підсилення, зняти його амплітудно - частотні характеристики (АЧХ), дослідити вплив елементів схеми на роботу підсилювача.

Обладнання : стенд для дослідження підсилювача.

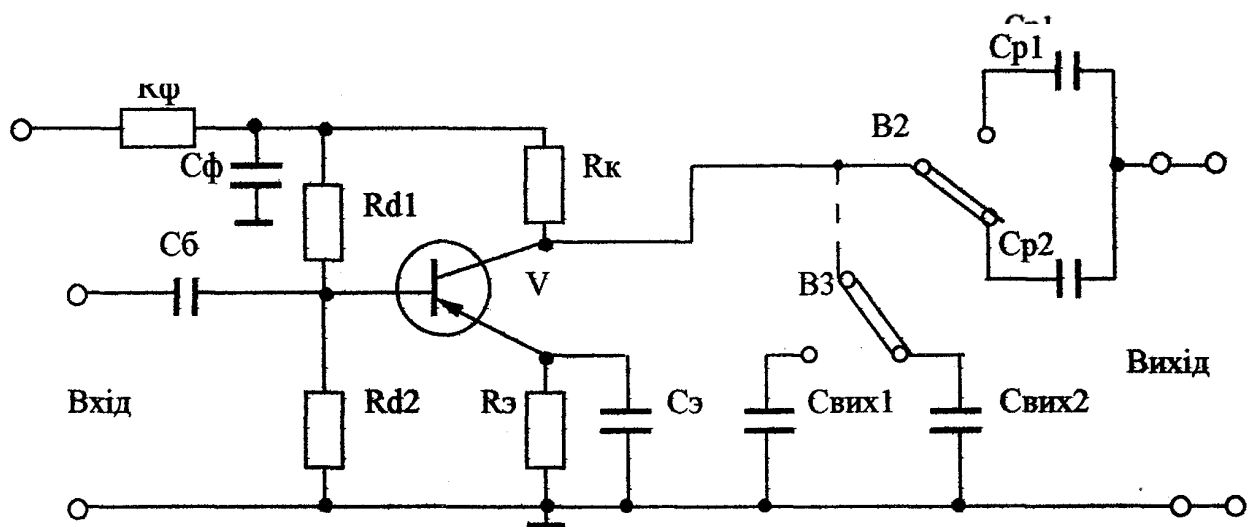


Рисунок 12.1 – Каскад попереднього підсилення

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Підсилювач напруги призначений для підсилення сигналів за напругою до рівня, який забезпечує нормальну роботу вихідного каскаду підсилювача. Каскади попереднього підсилення будуються на дискретних біполярних або польових транзисторах, а також в інтегральному виконанні. При цьому як правило застосовується схема вмикання транзистора з загальним емітером (загальним витоком). Транзистори попереднього підсилювача працюють в режимі А. Попередній підсилювач може бути одно- або багатокаскадним, в залежності від необхідного коефіцієнту підсилення. Для зменшення числа каскадів в них застосовують транзистори з високим коефіцієнтом підсилення.

В багатокаскадних підсилювачах використовуються такі види міжкаскадного зв'язку: безпосередній (гальванічний); ємнісний (через розділюючий конденсатор); трансформаторний. Безпосередній зв'язок використовується найчастіше, особливо в інтегральних підсилювачах. Ємнісний використовується в основному в підсилювачах низької частоти на дискретних елементах. Трансформаторний зв'язок використовується обмежено, лише при необхідності узгодження опорів каскадів, оскільки трансформатор вносить значні амплітудно-частотні спотворення.

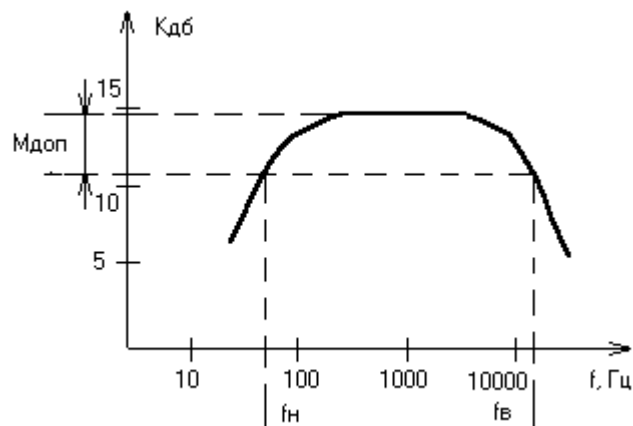


Рисунок 12.2. Амплітудно-частотна характеристика підсилювача

АЧХ попереднього підсилювача (рис.12.2) рівномірна в області середніх частот. В області нижніх частот коефіцієнт підсилення знижується в основному через вплив розділюючих конденсаторів. В області верхніх частот коефіцієнт підсилення також знижується через вплив так званих паразитних ємностей схеми, які складаються з вхідних і вихідних ємностей транзисторів та ємностей монтажу.

Коефіцієнти підсилення за напругою однокаскадного підсилювача виражають в логарифмічних одиницях – *децибелах*:

$$K_{(н)дБ} = 20 \lg K_n ;$$

Для зворотного переходу від децибел до абстрактних чисел користуються виразом:

$$K_n = 10^{K_{(н)дБ} / 20} .$$

Коефіцієнт підсилення багатокаскадного підсилювача.

Багатокаскадним називається підсилювач, який має декілька ступенів підсилення. Загальний коефіцієнт підсилення такого підсилювача в абстрактних числах визначається як добуток, а в децибелах – як сума коефіцієнтів підсилення окремих каскадів:

$$K_{\text{заг}} = K_1 K_2 K_3 \dots$$

$$K_{(\text{заг})\text{дБ}} = K_{(1)\text{дБ}} + K_{(2)\text{дБ}} + K_{(3)\text{дБ}} + \dots$$

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Порядок виконання роботи

- 1 Ознайомитись із схемою підсилювача, лабораторним стендом, з приладами, які використовуються в роботі.
- 2 Ввімкнути стенд тумблером «СЕТЬ».
- 3 Ввімкнути звуковий генератор кнопкою «ВКЛ.ЗГ.». Встановити кнопкою «ДЕЛИТЕЛЬ І:І» границю вихідної напруги звукового генератора 1В.
- 4 Кнопкою «Частота × 10В» ввімкнути 2-й піддіапазон частот звукового генератора.
- 5 Кнопкою «ВКЛ.мВІ» ввімкнути мілівольтметр для контролю вихідної напруги звукового генератора. Регулювання цієї напруги здійснюється ручкою «РЕГ.ВЫХ.»
6. Ручкою «РЕГ. 10 В» встановити напругу живлення підсилювача 5÷8В.
7. Подати вхідний сигнал від звукового генератора на вхід підсилювача, для чого з'єднати шнурами гнізда «ВЫХ.ЗГ.» з гніздами входу на платі ПНЧ. Вихід ПНЧ з'єднати шнурами з гніздами «У» осцилографа, а також з мілівольтметром мВ2.

8. Кнопкою «ВКЛ.мВ2» ввімкнути мілівольтметр мВ2. Встановити границю вимірювання мВ2 1 В кнопкою «1В».

9. В даній роботі передбачається зняття АЧХ підсилювача при різних ємностях розділюючих конденсаторів і різних паразитних шунтуючих ємностях, які імітуються конденсаторами $C_{\text{вих1}}$ і $C_{\text{вих2}}$.

Підключення цих конденсаторів здійснюється тумблерами В2 і В3 на платі підсилювача. Положення тумблерів і ємність конденсаторів вказані в табл. 4.1, куди записуються також результати вимірювань, розрахунків. Для зняття першої АЧХ необхідно тумблери В2 і В3 встановити в положення згідно з табл. 4.1. Ручкою «РЕГ.ВЫХ» звукового генератора встановити вхідну напругу підсилювача в межах 10÷20 мВ. Послідовно встановлювати значення частот вхідного сигналу, як зазначено в табл.4.1 і для кожного значення частоти мілівольтметром мВ2 вимірювати вихідну напругу. Результати записувати до таблиці 12.1.

10 Аналогічно зняти другу і третю АЧХ для інших значень ємностей.

11 За результатами вимірювань розрахувати коефіцієнти підсилення в децибелах :

$$K_{\text{дб}} = 20 \lg (U_{\text{вих}} / U_{\text{вх}})$$

12 За даними розрахунків побудувати на одному графіку три АЧХ, де вказати, яким ємностям C_p і $C_{\text{вих}}$ вони відповідають. АЧХ будується в логарифмічному масштабі.

13 Зробити висновки про вплив ємності розділюючих конденсаторів і паразитних шунтуючих ємностей на АЧХ і амплітудно-частотні спотворення на нижніх і верхніх частотах.

Таблиця 12.1

$U_{\text{вх}} = \underline{\hspace{2cm}}$ В

Частота, Гц	Ср=10 нФ С вих = 10 нФ		Ср=10 мкФ С вих = 10 нФ		С р = 10 мкФ С вих = 0,3 нФ	
	В2 ↓ В3 →		В2 ↑ В3 →		В2 ↑ В3 ←	
	U вих, В	K1, дБ	U вих, В	K2, дБ	U вих, В	K3, дБ
30						
60						
100						
180						
300						
600						
1000						
1800						
3000						
6000						
10000						
18000						

Контрольні запитання:

- 1 Які основні вимоги до каскадів попереднього підсилення?
- 2 Що таке АЧХ підсилювача, чому вона будується у логарифмічному масштабі?
- 3 У чому полягає суть амплітудно-частотних спотворень?
- 4 Поясніть причини амплітудно-частотних спотворень в підсилювачах на нижніх і верхніх частотах низькочастотного діапазону;
- 5 Як впливають ємності розділюючих конденсаторів та паразитні ємності схеми на АЧХ підсилювача?

Лабораторна робота №13

ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДСИЛЮВАЧА ПОТУЖНОСТІ

Мета роботи: практичне вивчення роботи підсилювача потужності, зняття його навантажувальної та амплітудної характеристики, дослідження впливу негативного зворотного зв'язку на роботу підсилювача.

Обладнання: – підсилювач потужності;
– звуковий генератор;

- осцилограф;
- магазин опорів;
- електронний вольтметр.

Електрична схема:

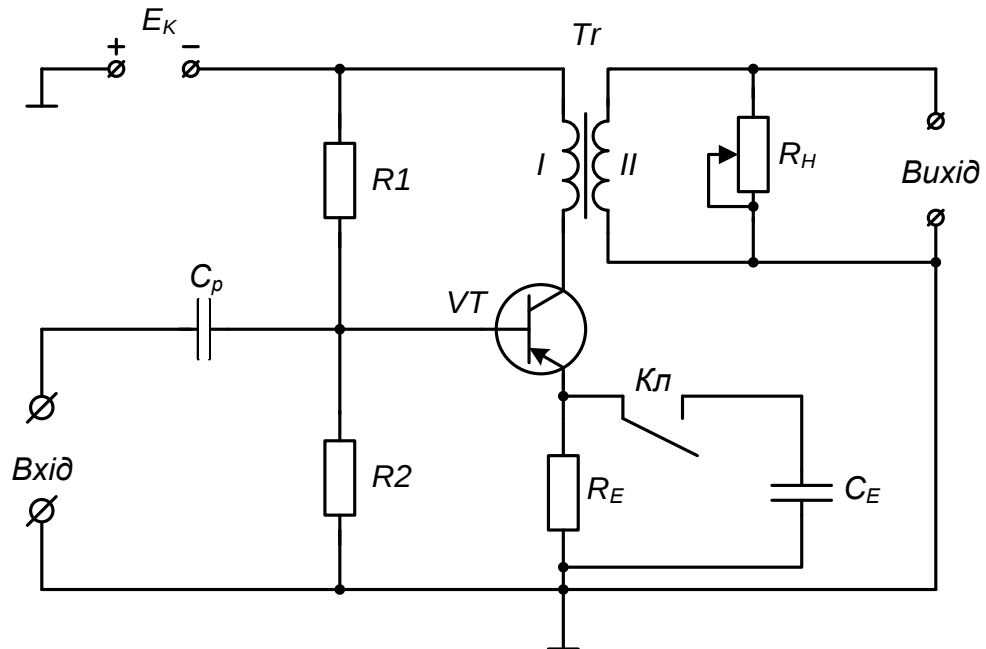


Рисунок 13.1 – Підсилювач потужності

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Вихідні підсилювачі (підсилювачі потужності) призначені для підсилення сигналів за потужністю. Основні вимоги до них:

- віддача навантаженню потрібної потужності сигналу;
- мінімальні нелінійні і амплітудно-частотні спотворення;
- висока економічність;
- узгодженість вихідного опору підсилювача з опором навантаження..

Необхідна вихідна потужність забезпечується застосуванням відповідних типів транзисторів (середньої або великої потужності). Зменшення рівня нелінійних спотворень забезпечується правильним вибором режимів роботи транзисторів, а амплітудно-частотних – побудовою схем на елементах з незначними реактивними складовими, а також

застосуванням негативного зворотного зв'язку. Для високої економічності в вихідних каскадах доцільно використовувати режим “В”. Узгодженість вихідного каскаду з навантаженням забезпечується використанням спеціальних узгоджувальних пристроїв.

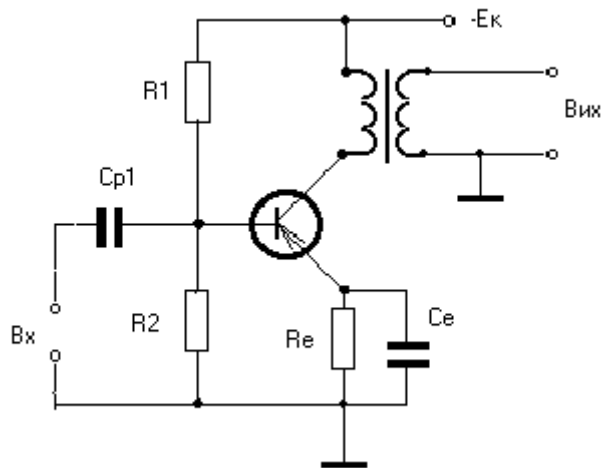


Рисунок 13.2 - Однотактний вихідний каскад

Однотактним називається вихідний каскад, який будується на одному підсилювальному елементі, що працює в режимі “А” (рис.13.1). Для узгодження вихідного опору каскаду з опором низькоомного навантаження призначений вихідний трансформатор. Найчастіше каскад будується за схемою з ЗЕ, яка має високий коефіцієнт підсилення потужності. Використовується також схема з загальною базою, яка забезпечує менший рівень нелінійних спотворень. Оскільки однотактний каскад працює в режимі “А”, він має невисокий ККД і є малоекономічним.

Двотактним називається вихідний каскад, який побудований на двох підсилювальних елементах, які можуть працювати як в режимі „А”, так і в режимі “В” (рис.13.3 а).

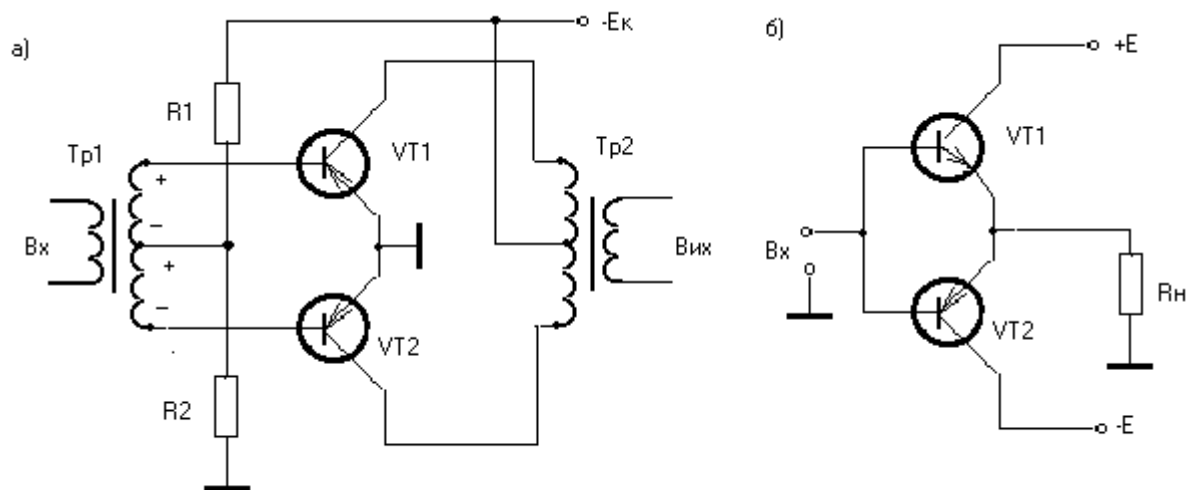


Рис.13.3 - Схеми двотактних вихідних каскадів

Схема двотактного вихідного каскаду симетрична, оскільки має два однакових підсилювальних плеча, які працюють на спільне навантаження. Двотактні каскади можуть бути з трансформаторним (рис.13.3а) і безтрансформаторним (рис.13.3 б) виходом. Схема з безтрансформаторним виходом простіша і, крім того, дає значно менші спотворення, тому використовується у високоякісних підсилювачах. Важливою перевагою двотактних схем є більш високий ККД при використанні режиму “В”. Разом з тим двотактні каскади потребують ідентичності плеч, особливо стосовно параметрів транзисторів.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

ПОРЯДОК РОБОТИ:

1 Перед початком роботи слід ознайомитись із схемою підсилювача, приладами, які використовуються в роботі.

До входу підсилювача необхідно підключити звуковий генератор, до виходу – осцилограф і вольтметр. Ввімкнути прилади, подати до входу підсилювача сигнал частотою 1000 Гц і напругою 0,3В. Встановити опір

навантаження 10 Ом і по осцилографу переконатися в працездатності підсилювача.

2 Зняти навантажувальну характеристику – залежність вихідної потужності від опору навантаження: $P_{\text{вих}} = f(R_{\text{наб}})$. Для цього необхідно подати до входу підсилювача сигнал частотою 1000 Гц і напругою 0,3В. І, змінюючи за допомогою магазину опорів опір навантаження від 1Ом до 20 Ом через кожні 2 Ом, виміряти вихідну напругу. Дані вимірювань заносяться до таблиці 13.1.

Таблиці результатів вимірювання:

Таблиця 13.1 – Таблиця для побудови навантажувальної характеристики

R_n , Ом	$U_{\text{вих}}$, В	$P_{\text{вих}}$, Вт
1		
3		
5		
7		
9		
11		
13		
15		
17		
19		
20		

Разом з цим необхідно слідкувати по осцилографу за формою вихідного сигналу. Відзначити, при якому значенні опору навантаження з'являються нелінійні спотворення сигналу.

2 Зняти амплітудні характеристики сигналу $U_{\text{вих}} = f(U_{\text{вх}})$. Для цього необхідно подати до входу підсилювача сигнал частотою 1000 Гц, опір навантаження встановити 10 Ом. Змінюючи вхідну напругу від 0, 1В через 0,1В, виміряти вихідну напругу. Результати занести до таблиці 13.2. Потім ввести до схеми негативний зворотний зв'язок (НЗЗ), для чого відключити конденсатор C_E , який шунтує R_E .

Таблиця 13.2 – Таблиця для побудови амплітудної характеристики

$U_{BX}, В$	$U_{ВИХ}, В$	
	без НЗЗ	з НЗЗ

4. За результатами вимірювань розрахувати вихідну потужність підсилювача для кожного значення опору навантаження :

$$P_{вих} = U_{вих}^2 / R_{нав}$$

Після цього побудувати навантажувальну характеристику і зробити висновок, записавши, при якому значенні опору навантаження підсилювач віддає максимальну потужність.

5. За даними табл. 13.2. побудувати амплітудні характеристики підсилювача. Проаналізувати їх і зробити висновок: як негативний зворотній зв'язок (НЗЗ) впливає на нелінійні спотворення.

Контрольні запитання:

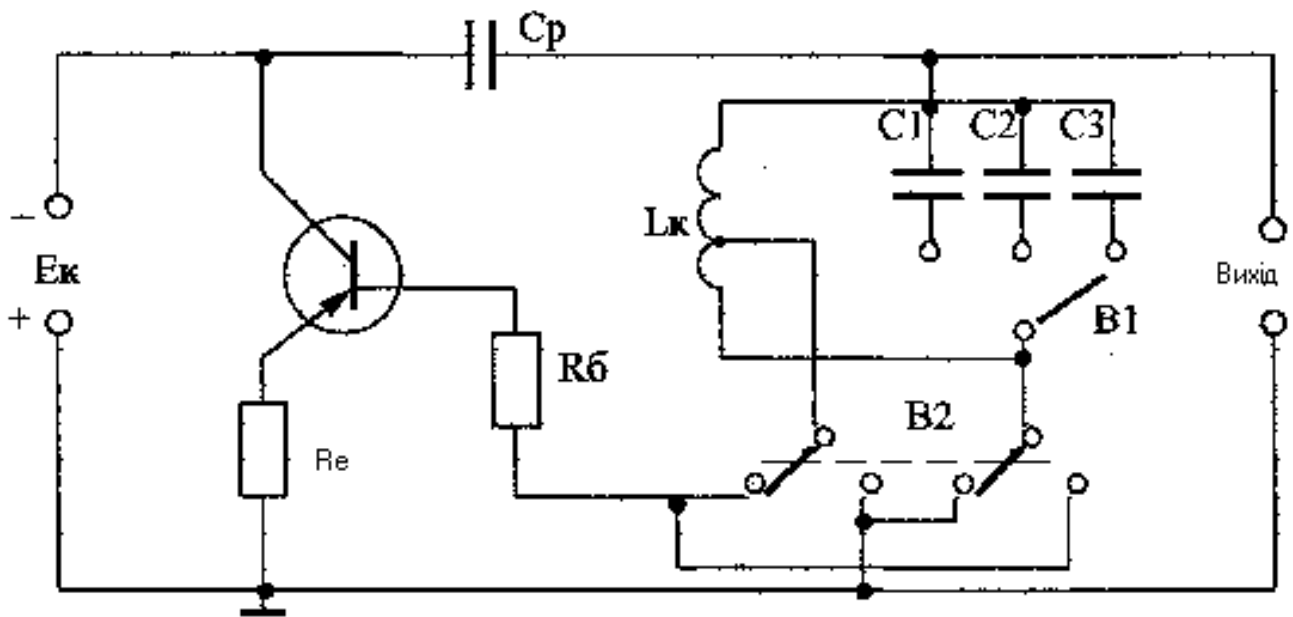
- 1 Які функції в підсилювачі виконують вихідні каскади ?
- 2 Які існують способи підключення навантаження до виходу підсилювача?
- 3 Яке призначення має вихідний трансформатор, в яких випадках використовують трансформаторний вихід в підсилювачах?
- 4 В чому полягають суть та причини нелінійних спотворень в підсилювачах?
- 5 Поясніть амплітудну та навантажувальну характеристики вихідного каскаду

Лабораторна робота № 14

ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОГЕНЕРАТОРА

Мета роботи : практично вивчити роботу автогенератора, дослідити вплив його елементів на параметри коливань.

Обладнання: лабораторний стенд, електронний вольтметр, частотомір



.Рисунок 15.1

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Автогенератор (автономний генератор) призначений для перетворення енергії джерела живлення в незатухаючі синусоїдальні коливання.

Найбільш розповсюджені схеми генераторів містять підсилювальний елемент та коливальну систему, зв'язані між собою зворотним зв'язком. Для побудови генераторів зазвичай використовують два типи підсилювальних схем – резонансні підсилювачі та підсилювачі на резисторах. Генератори, виконані на основі схеми резонансного підсилювача, часто називають генераторами типу *LC*, а генератори, побудовані на основі схеми підсилювача на резисторах, - генераторами типу *RC*.

Принцип роботи автогенератора полягає в його самозбудженні. При вмиканні джерела живлення в контурі виникають коливання, оскільки конденсатор заряджається і розряджається на котушку індуктивності. Напруга коливань від контуру колом зворотного зв'язку подається на базу транзистора, від чого його колекторний струм пульсує і підтримує коливання в контурі незатухаючими.

Частота коливань, які генеруються, визначається параметрами контуру:

$$f \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

Умови самозбудження автогенератора:

- *фазова умова*. Потребує для самозбудження автогенератора позитивного зворотного зв'язку;
- *амплітудна умова*. Потребує для самозбудження автогенератора достатнього коефіцієнта зворотного зв'язку.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Порядок виконання роботи

1 Ввімкнути стенд тумблером «СЕТЬ». До виходу автогенератора підключити зовнішні частотомір та вольтметр, а також вхід „Y” осцилографа стенда.

2 Дослідити вплив ємності контура на частоту і напругу коливань автогенератора. Для цього в коливальний контур вмикати конденсатори С1, С2, С3, ємність яких вказано в табл. 14.1. Для кожного з конденсаторів виміряти частоту і напругу коливань і записати в табл. 14.1.

3 Перевірити фазову умову самозбудження автогенератора. Для цього тумблер В2 на платі автогенератора перемкнути в положення „НЗЗ”. Переконавшись, що коливань автогенератор не дає. Повернути тумблер В2 в положення „ПЗЗ”. Коливання відновлюються. Зробити і записати в звіт висновок по цьому дослідженню.

Таблиця 14.1

Ск,пФ	F,кГц	U _{вих} ,В
C ₃ = 3300		

$C_2 = 7400$		
$C_1 = 10300$		

4 За даними табл. 14.1 побудувати графіки залежності частоти і напруги коливань автогенератора від ємності контура. Зробити висновки, які встановлюють залежність між частотою і напругою коливань з одного боку і ємністю контура з другого.

5 Виконати розрахунок індуктивності контура.

Контрольні запитання:

- 1 Назвіть основні складові частини автогенератора і вкажіть їх призначення.
- 2 В чому полягають умови самозбудження автогенератора?
- 3 Поясніть процес самозбудження автогенератора.
- 4 Як налаштовується частота коливань автогенератора?
- 5 Як забезпечується стабільність частоти коливань автогенератора?
- 6 Яке призначення має автогенератор?

Лабораторна робота № 15

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОГО ПІДСИЛЮВАЧА

Мета роботи: практичне вивчення найпростіших схем операційних підсилювачів, які здійснюють операції суми (додавання), віднімання (різниця), диференціювання і інтегрування.

Обладнання: універсальний стенд;

– операційний підсилювач.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Операційним підсилювачем (ОП) називається високоякісний інтегральний підсилювач постійного струму з диференціальним входом і однотактним виходом (рис.15.1).

Зазвичай ОП будують як ППС з безпосередніми зв'язками між каскадами, з диференціальним входом і біполярним відносно амплітуди

підсилюваного сигналу виходом. Це забезпечує нульові потенціали на вході і виході ОП за відсутності вхідного сигналу. Тому такі підсилювачі легко з'єднувати послідовно, а також охоплювати зворотними зв'язками.

За своєю структурою ОП бувають три- або двокаскадні.

За трикаскадною схемою будувались ОП у інтегральному виконанні першого покоління. Перший диференційний каскад у них працює в режимі мікрострумів, забезпечуючи тим самим високий вхідний опір. Другий диференційний каскад забезпечує підсилення напруги. Третій каскад, вихідний, виконується як двотактний з СК і забезпечує підсилення потужності, а також низький вихідний опір. ОП другого покоління будуються за двокаскадною схемою. Це стало можливим із зростанням рівня інтегральної технології. При цьому, перший каскад забезпечує і високий вхідний опір, і великий коефіцієнт підсилення за напругою. Другий каскад є підсилювачем потужності.

Свою назву ці підсилювачі одержали у зв'язку з тим, що спочатку вони використовувались для моделювання математичних операцій (додавання, віднімання, диференціювання, інтегрування та ін.) в аналогових обчислювальних машинах (АОМ).

Нині вони використовуються в основному як високоякісні підсилювачі напруги при побудові будь-яких електронних пристроїв.

Поширеному застосуванню ОП сприяють їхні високі параметри. Це великий коефіцієнт підсилення за напругою, що становить $K_u = (10^4-10^9)$; високий вхідний опір по кожному з входів – $R_{вх} > 400 \text{ кОм}$; низький вихідний опір $R_{вих} < 100 \text{ Ом}$; досить широкий частотний діапазон - від нуля до одиниць мегагерц.

Найважливішими характеристиками ОП є вихідні амплітудні (передатні) характеристики - $U_{вих} = f(U_{вх})$. Знімають ці характеристики, подаючи сигнал на один із входів і з'єднуючи інший з нульовою точкою.

Кожна вихідна характеристика має горизонтальні та скісну ділянки. Горизонтальні ділянки відповідають режимам повністю відкритого чи

закритого транзистора вихідного каскаду (режимам насичення). При зміні напруги вхідного сигналу на цих ділянках вихідна напруга підсилювача залишається незмінною і визначається напругами, близькими до напруги джерел живлення.

Коефіцієнт підсилення визначається по скісних ділянках:

$$K_{\text{воп}} = \frac{\Delta U_{\text{вих}}}{\Delta U_{\text{вх}}}.$$

Основні вимоги до ОП: максимально можливий вхідний опір; мінімально можливий вихідний опір; максимально можливий коефіцієнт підсилення напруги.

Ідеальний операційний підсилювач можна визначити як схему підсилювача напруги, який має великий коефіцієнт підсилення по напрузі, має нескінченно великий вхідний опір та нульовий вихідний опір

Основні складові частини ОП:

- диференційний каскад. Він забезпечує наявність двох входів ОП – інвертуючого і неінвертуючого. Диференційний каскад визначає високий вхідний опір ОП;
- підсилювач напруги. Повинен мати високий коефіцієнт підсилення напруги. Може бути одокаскадним чи двокаскадним.
- емітерний повторювач. Забезпечує низькоомний вихід підсилювача.

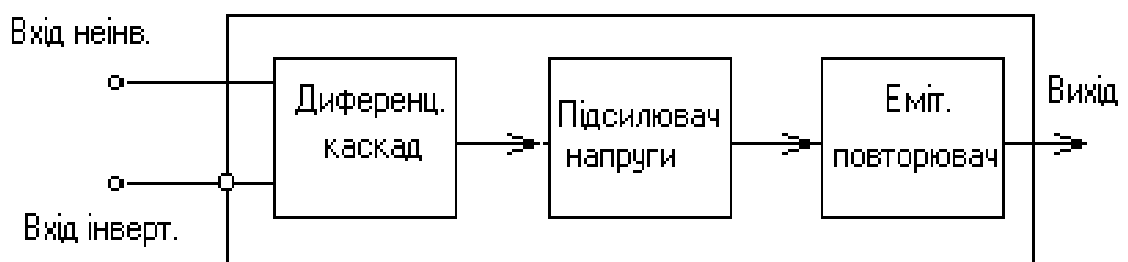


Рисунок 15.1 – Структурна схема операційного підсилювача

Операційні підсилювачі мають високі якісні показники і використовуються як універсальні багатофункціональні пристрої (в схемах підсилювачів, генераторів, тощо).

Схема, яка представлена на рис. 15.2 є підсилювачем суми, вихідний сигнал якого дорівнює сумі окремих вхідних сигналів:

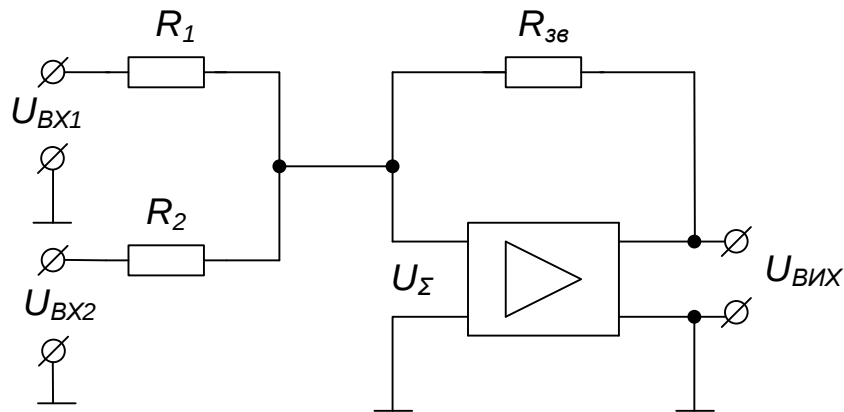


Рисунок 15.2 – Функція додавання операційного підсилювача

$$U_{\Sigma} = K_{01} \cdot U_{BX1} + K_{02} \cdot U_{BX2} + K_{зв} \cdot U_{ВИХ}$$

де U_{BX1}, U_{BX2} – напруга U на вході схеми, яку необхідно додавати;

$U_{ВИХ}$ – U на виході підсилювача;

$K_{01}, K_{02}, K_{зв}$ – коефіцієнти передачі, які залежать від $R_1, R_2, R_{зв}$

відповідно.

$$U = -\left(\frac{K_{01}}{R_{зв}} \cdot U_{BX1} + \frac{K_{02}}{R_{зв}} \cdot U_{BX2}\right).$$

Шляхом ввімкнення реактивних елементів в ланцюг зворотного зв'язку операційний підсилювач можна налаштувати для виконання операції інтегрування та диференціювання. Відповідно схеми показані на рис. 15.3.

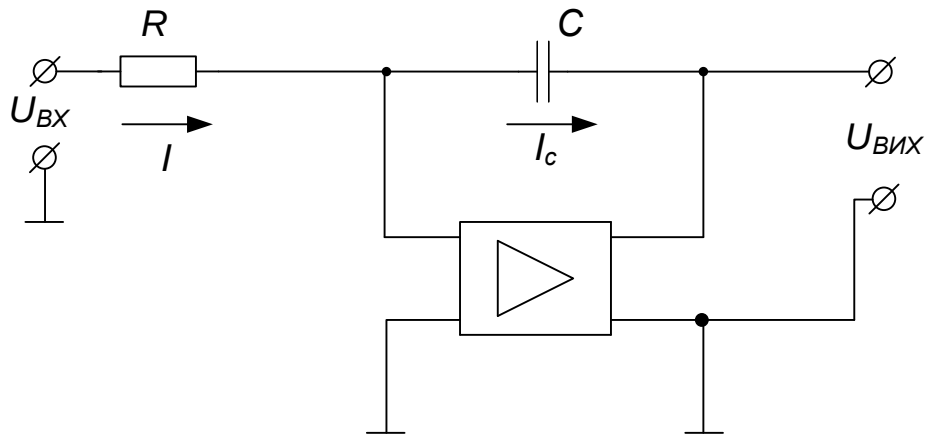


Рисунок 15.3 – Функція інтегрування операційного підсилювача

$$I_C \approx -C \frac{dU_{ВИХ}}{dt},$$

де I_C – струм через конденсатор C ;

$$I \approx -\frac{U_{ВХ}}{R}.$$

так як R і C з'єднані послідовно, маємо $C \frac{dU}{dt} = \frac{U_{ВХ}}{R}$;

$$U_{ВИХ} - U_{ВИХ0} = -\frac{1}{RC} \int_0^1 U_{ВХ} dt,$$

де $U_{ВИХ0}$ – напруга на виході схеми при $t = 0$;

$U_{ВИХ}$ – пропорційно інтегралу $U_{ВХ}$.

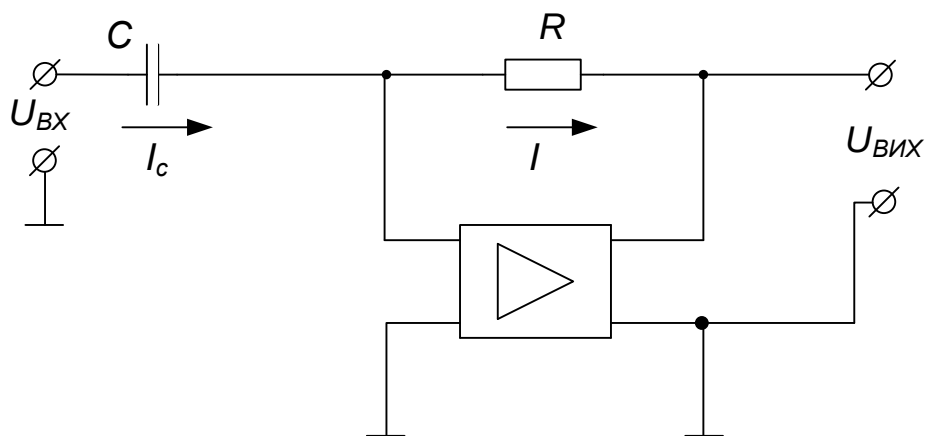


Рисунок 15.4 - Функція диференціювання операційного підсилювача

так як $I_{BX} = I$ в зворотному колі, то $C \frac{dU_{BX}}{dt} = -\frac{U_{BHX}}{R}$

$$U_{BHX} = -RC \frac{dU_{BX}}{dt}.$$

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися зі схемою операційного підсилювача К1УТ401А.
2. Використовуючи схему електричних з'єднань, визначити положення кнопок S_3 і S_2 , при яких пристрій буде здійснювати операції, переліковані в таблиці 15.1. Відмітити входи, на які слід подавати сигнали. Результати занести в таблицю 15.1.

Таблиця 15.1

Операція	S_3	S_2
Додавання		
Віднімання		
Диференціювання		
Інтегрування		

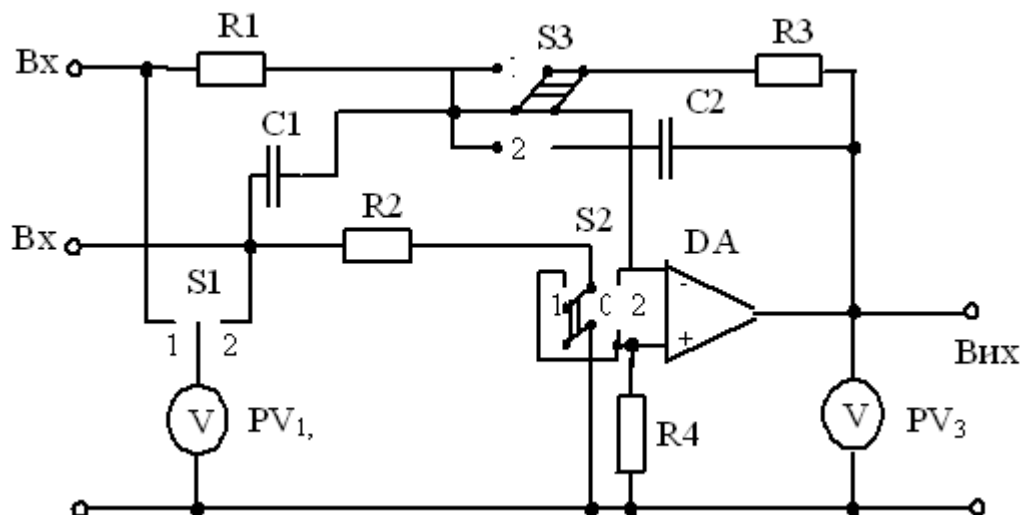


Рисунок 15.1 – Схема операційного підсилювача

3. Вставити плату лабораторної роботи в роз'єм стенда.

4. Включити стенд. Переконатися, що операційний підсилювач обнулений, тобто за відсутності вхідного сигналу напруги на виході напруга також дорівнює нулю. Контроль виконувати по вольтметру (mA 1 V) за шкалою 0 – 4 в.

5. Встановити кнопки S_2 і S_3 в положення, при якому буде виконуватися операція додавання.

6. Подати напруги на V_{x1} і V_{x2} та виміряти напругу на виході. Результати занести в таблицю 15.2.

Таблиця 15.2

	Операція додавання	Операція віднімання
U_{Vx1}		
U_{Vx2}		
$U_{V_{их1}}$		
$U_{V_{их2}}$		

7. Встановити кнопки S_2 і S_3 в положення, при якому буде виконуватися операція віднімання. Повторити вимірювання за п.6. Результати занести в таблицю 15.2.

8. По закінченні вимірювань встановити всі ручки на стенді в початковий стан. Виключити тумблер “Сеть”.

Обробка результатів вимірювань і обчислень

Провірити точність результату додавання та віднімання вхідних сигналів, що подаються на вхід операційного підсилювача:

$$U_{V_{их}} = U_{V_{x1}} + U_{V_{x2}} \text{ та } U_{V_{их}} = U_{V_{x1}} - U_{V_{x2}} \text{ відповідно.}$$

Зробити висновки по роботі операційного підсилювача.

Контрольні питання

1. Що називається операційним підсилювачем?
2. Де застосовують операційні підсилювачі?
3. Які якості має операційний підсилювач?
4. Як позначається операційний підсилювач на схемах?

5. Охарактеризуйте амплітудні та частотні характеристики операційного підсилювача.
6. Що таке напруга зміщення нуля?
7. Які пристрої на основі операційних підсилювачів Ви знаєте?
8. Чим відрізняється схема інтегруючого підсилювача від диференціюючого?
9. Що таке компаратор?
10. Як отримують інвертуючі підсилювачі?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Бодиловский В. Г. Полупроводниковые и электровакуумные приборы в устройствах автоматики электромеханики и связи. - М.: Транспорт, 1986.
2. Виноградов Ю.В. Электронные приборы.- М: Связь, 1977.– 288 с.
3. Гершунський Б.С. Основы электроники. - К.: «Вища школа», 1977. – 344с.
4. Гершунский Б.С. Расчет основных электронных и полупроводниковых схем в примерах. - К.: «Вища школа»,1980.
5. Колонтаєвський Ю. П., Сосков А.Г. Промислова електроніка та мікросхемотехніка. Теорія і практикум. Навчальний посібник. - К.: Каравела, 2003.– 368с.

ІНСТРУКЦІЯ

з охорони життєдіяльності під час проведення лабораторних робіт

Чинна інструкція розроблена згідно з вимогами “Правил улаштування електроустаткування” ДНА ОП 0,00-1.21-98 “Правил безпеки електроексплуатації електроустаткувань і споживача”.

I Загальна частина

1.1. Нагляд за робочим станом і безпечною експлуатацією електрообладнання стендів, лабораторних столів покладається наказом по технікуму на завідувача лабораторією, провідного спеціаліста, лаборанта, які мають відповідну кваліфікацію, досвід, атестовані з “Правил безпеки експлуатації електроустаткування споживача”.

1.2. До виконання лабораторних робіт допускаються студенти, які пройшли медичний огляд, вхідний інструктаж з техніки безпеки і позначкою у спеціальному журналі з техніки безпеки і особистим підписом викладача та студента за проведений інструктаж. Інструктаж проводиться один раз на семестр.

1.3. Студент. Який отримав допуск до лабораторної роботи, повинен:

1.3.1. Знати чинну інструкцію і дотримуватися її.

1.3.2. Знати загальний устрій механізму, на якому проводиться робота.

1.3.3. Знати правила технічної експлуатації.

1.3.4. Знати призначення приборів лабораторної роботи.

1.3.5. Знати правила першої допомоги особі, яка потрапила під дію струму, та спосіб надати їй першу допомогу.

1.3.6. Знати місце розташування аварійної кнопки вимкнення стендів.

1.4. Нагляд за виконанням чинної інструкції покладається на особу, відповідальну за безпеку робіт-викладача.

II Вимоги безпеки перед початком проведення лабораторних робіт

2.1 Перед кожною лабораторною роботою студент повинен прослухати інструктаж з техніки безпеки і підписатися у журналі інструктажів.

2.2 Перевірити освітлення робочого місця, провести зовнішній огляд роботи з метою безпеки його експлуатації. Огляд проводити при непрацюючих стендах з вимкненою напругою.

2.3 Перевірити цілісність захисного заземлення корпусів електрообладнання.

2.4 Перевірити, щоб на робочому місці не було сторонніх речей, а також сторонніх осіб.

2.5 При виявленні пошкодження обладнання, пристроїв, пристосувань, засобів захисту, повідомити викладача.

2.6 При виявленні будь-якого зауваження повідомити викладача.

III Обов'язки студента під час виконання лабораторних робіт

3.1 Уважно прочитати та вивчити інструкцію лабораторних робіт.

3.2 Пам'ятати, що в лабораторії існує небезпечна для людини висока напруга.

3.3 Зібрати схему згідно з інструкцією до лабораторної роботи, уникнути перехрещення проводів і надати викладачу для перевірки.

3.4 Вивчити значення кожного вимірювального приладу, шкалу відмітку, тощо..

3.5 Вмикати напругу на лабораторну роботу тільки після дозволу викладача і особистій його присутності.

3.6 Перед тим, як зробити будь-які зміни у схемі, її необхідно

вимкнути з джерела електромережі.

3.7 Після зроблених у схемі змін, вона повинна бути перевірена керівником лабораторних занять і тільки після дозволу керівника підключити до електромережі.

3.8 У разі нещасного випадку негайно вимкнути напругу мережі, а потерпілому надати першу допомогу і викликати швидку медичну допомогу за телефоном 103.

IV При проведенні лабораторних робіт студенту

ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ

4.1 Пустощі, грубощі.

4.2 Брати з інших лабораторних столів прилади, реостати, інше обладнання без дозволу викладача.

4.3 Самовільно залишати виконання лабораторної роботи, переходити до іншого столу.

4.4 Вмикати напругу на схему лабораторної роботи без попередньої перевірки і дозволу викладача.

4.5 Розмикати вторинні обмотки трансформатора струму, коли по первинним йде струм. Не можна розмикати кола з котушками, які мають велику кількість витків.

4.6 Залишати під напругою навчальну схему і прилади.

V Обов'язки студента після закінчення проведення лабораторної роботи

5.1 Після закінчення роботи студент зобов'язаний:

5.1.1. вимкнути електричну напругу схеми.

5.1.2. розібрати схему і привести в порядок робоче місце.

5.1.3. дані лабораторної роботи показати викладачу і здати робоче місце.

VI Вимоги безпеки при аварійних ситуаціях

6.1 При виникненні пожежі наданні сигналу про евакуацію персоналу з приміщення навчального корпусу, а також при виникненні механічних вражень, або вражень електричним струмом необхідно діяти у такій послідовності:

6.1.1 При виникненні пожежі необхідно прийняти заходи по евакуації студентів, подзвонити 201 та приступити до гасіння засобами, які є в аудиторії, кабінеті, а також з використанням пожежних гідрантів, і т.п.

6.1.2 При поданні і звукових сигналів необхідно забезпечити евакуацію студентів відповідно до плану, який знаходиться у кабінеті і у коридорі.

При враженні електричним струмом, механічних травм необхідно надати першу медичну допомогу, особливо при зупинці дихання і послабленні серцевої діяльності, визволити від дії електричного струму, подзвонити 103.

Додаток А

Множники та приставки для утворення десятичних кратних і дільових одиниць

<i>Множник</i>	<i>Приставка</i>	<i>Позначення приставки</i>
10^{18}	екса	Е
10^{15}	пета	П
10^{12}	тера	Т
10^9	гіга	Г
10^6	мега	М
10^3	кіло	к
10^2	гекто	г
10^1	дека	да
10^{-1}	деци	д
10^{-2}	санти	с
10^{-3}	мілі	м
10^{-6}	мікро	мк
10^{-9}	нано	н
10^{-12}	піко	п
10^{-15}	фемто	ф
10^{-18}	атто	а

ЗМІСТ

Порядок виконання та оформлення лабораторних робіт	3
Техніка безпеки при виконанні лабораторних робіт	4
Стенд для виконання лабораторних робіт	5
Перелік тем лабораторних занять	7
Лабораторна робота № 1 Дослідження напівпровідникових діодів	8
Лабораторна робота № 2 Дослідження транзистора у схемі з загальним емітером	12
Лабораторна робота № 3 Дослідження транзистора у схемі з загальною базою	17
Лабораторна робота № 4 Дослідження польового транзистора.	19
Лабораторна робота № 5 Дослідження роботи тиристорів.	22
Лабораторна робота № 6 Дослідження цифрового індикатора	26
Лабораторна робота № 7 Дослідження люмінесцентного індикатора	28
Лабораторна робота № 8 Дослідження електровакуумної лампи - „тріода”	30
Лабораторна робота № 9 Дослідження тиратрона	33
Лабораторна робота № 10 Дослідження газорозрядного індикатора	36
Лабораторна робота № 11 Дослідження роботи електронно-променевої трубки	38
Лабораторна робота №12 Дослідження підсилювача напруги	40
Лабораторна робота №13 Дослідження підсилювача потужності	45
№14 Дослідження автогенератора	51
№15 Дослідження операційного підсилювача	54
Рекомендована література	62
Інструкція з охорони життєдіяльності під час проведення лабораторних робіт	63

