

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ КОЛЕДЖ

Для спеціальності
5.141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
спеціалізації
5.141.3 Обслуговування та ремонт
електроустаткування автомобілів і тракторів

Методичний посібник
для виконання лабораторних робіт
з навчальної дисципліни
ОСНОВИ ЕЛЕКТРОНІКИ І МІКРОЕЛЕКТРОНІКИ

2017р.

Методичний посібник для виконання лабораторних робіт з дисципліни
“Основи електроніки і мікроелектроніки” студентів
спеціальності 5.141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
спеціалізації 5.141.3 Обслуговування та ремонт електроустаткування автомобілів і
тракторів / Укладач: Кононенко Н.В. – ХДПК, 2017. – 34с.
(шифр і назва спеціальності) (прізвище та ініціали)

Методичний посібник розглянутий та рекомендований цикловою комісією
з електромеханіки
(назва циклової комісії)

Протокол № _____ від “ _____ ” _____ 20____ р.

Голова циклової комісії _____ (П.В.Багач)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено методичною радою Харківського державного політехнічного
коледжу

Протокол № _____ від “ _____ ” _____ 20____ р.

Голова методичної ради _____ (_____
(Підпис) (прізвище та ініціали)

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.

Всі лабораторні роботи виконуються на спеціалізованому лабораторному стенді. Позначення приладів, перемикачів та регуляторів в тексті відповідають написам на лабораторному стенді.

СТЕНД ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Всі лабораторні роботи виконуються на спеціальному універсальному стенді (рис.1), 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 „X” та „Y”, плавний та ступінчатий регулятори частоти, кнопочний 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).

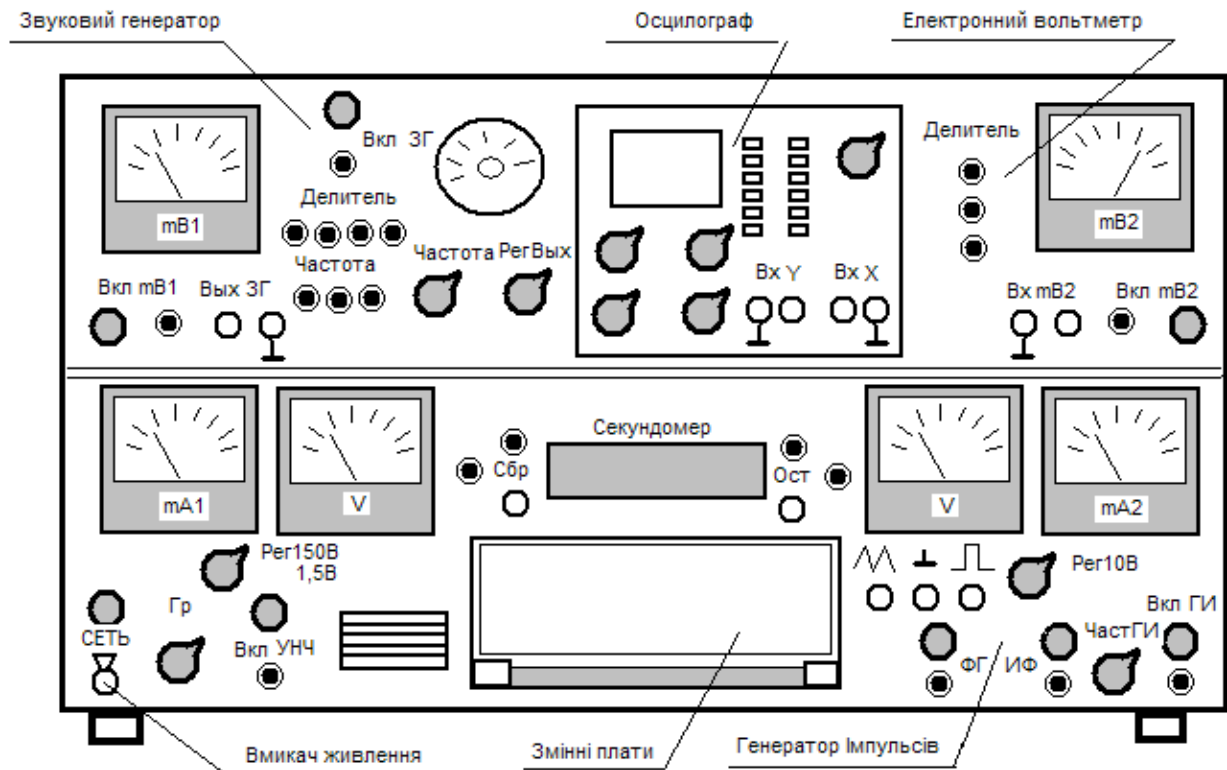


Рисунок 1 Лабораторний стенд

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.

Всі складові частини стенду мають необхідні входні та вихідні гнізда. Для їх з'єднання з відповідними гніздами змінних плат стенд комплектується набором провідників зі штекерами.

Живлення стенду здійснюється від мережі змінної напруги 220В / 50Гц. Живлення вмикається тумблером „СЕТЬ”, що контролюється сигнальною лампою.

Лабораторна робота № 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНЗИСТОРА У СХЕМІ З ЗАГАЛЬНИМ ЕМІТЕРОМ

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

Обладнання: стенд для дослідження транзистора.

Теоретична частина

Біполярним транзистором називається напівпровідниковий прилад на основі двох близько розташованих р-п-переходів. Як елемент електричного кола транзистор використовують таким чином, що один з його електродів є вхідним, другий вихідним, а третій – загальним для входу і виходу. В залежності від того, який з виводів є загальним, існує три схеми вмикання транзисторів: з загальним емітером (ЗЕ), загальним колектором (ЗК), загальною базою (ЗБ). Електронні пристрої, побудовані на різних схемах вмикання, мають різні параметри роботи та якісні показники.

Характеристики графічно відображають залежність між величинами струмів транзистора і напругами на р-п переходах в різних схемах вмикання.

Для схеми з загальним емітером:

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

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

Властивості транзисторів характеризуються багатьма різноманітними параметрами, які, як правило, містяться в спеціальних довідниках з напівпровідникових приладів і використовуються при проектуванні електронних пристроїв, їх обслуговуванні і ремонті.

В практиці широко використовується так звана змішана, або гібридна (hybrid) система параметрів – h -параметрів.

При цьому транзистор в будь-якій схемі вмикання представляється як чотириполюсник, який має два вхідних виводи (1-1) та два вихідних (2-2).

Система має чотири h -параметри. Для схеми з ЗЕ вони визначаються так:

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

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

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

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

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

Розрахунок виконується в такій послідовності.

1. На вхідних і вихідних характеристиках позначається за даними координатами розрахункова точка О.
2. Вхідний опір h_{11e} визначається по вхідним характеристикам:

$$h_{11} = \Delta U_{be} / \Delta I_b \quad (\text{при } U_{ce} = \text{const}),$$

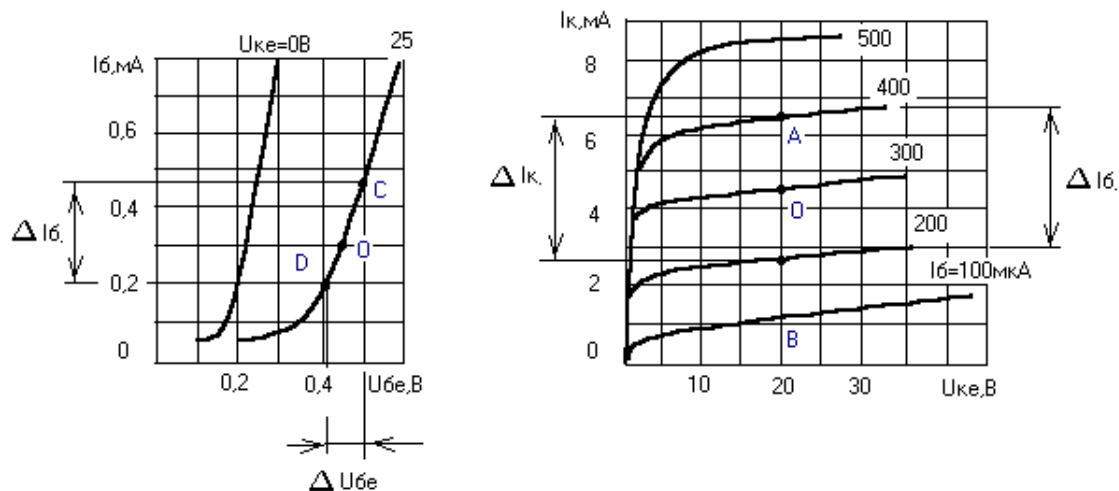


Рисунок 2 Визначення h-параметрів транзистора з ЗЕ

де ΔU_{be} – приріст напруги база-емітер,

ΔI_b – приріст струму бази,

При цьому використовується усереднена вхідна характеристика.

3. Коефіцієнт передачі струму визначається по вихідним характеристикам. Для цього на вертикалі, яка відповідає $U_{ce} = \text{const}$, для даного прикладу 20В, помічають точки А і В на сусідніх з розрахунковою точкою характеристиках.

$$h_{21e} = \Delta I_c / \Delta I_b \quad (\text{при } U_{ce} = \text{const}),$$

де ΔI_b – приріст струму бази,

де ΔI_c – відповідний приріст струму колектора,

Порядок виконання роботи

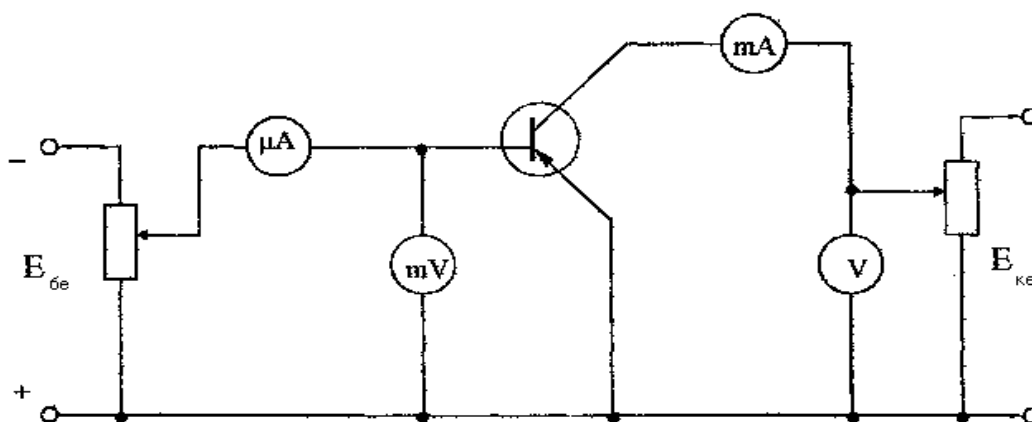


Рисунок 3 Схема дослідження транзистора

1. Ввімкнути стенд тумблером «СЕТЬ».

2. Зняти вхідні характеристики транзистора $I_b=f(U_{be})$ для двох значень колекторної напруги: 0В і 0,5В. Для цього ручкою «РЕГ. 10 В» встановити на колекторі напругу 0В. Контроль напруги вести вольтметром V2. 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 VI, вся шкала якого в даному випадку становить 1,5В. Вимірювання струму бази здійснювати міліамперметром mA1 (вся шкала 2 мА). Результати вимірювання занести в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1

$U_{be}, \text{В}$	при $U_{ке} = 0$	при $U_{ке} = 5 \text{ В}$
	$I_b, \text{мА}$	$I_b, \text{мА}$

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

4. Зняти вихідні характеристики транзистора $I_k = f(U_{ке})$ для трьох значень струму бази, які вказані в таблиці 1.2.

Для цього ручкою «РЕГ. 1,5 В» встановити і в подальшому підтримувати незмінним струм бази 0,4мА. Контроль струму бази вести міліамперметром mA1 (шкала 2 мА).

Ручкою «РЕГ. 10В» змінювати напругу колектора від 0 до 10 В через 2 В. Контроль напруги колектора вести вольтметром V2, а колекторного струму міліамперметром mA2. Результати вимірювань занести до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

$U_{ке}, \text{В}$	$I_b = 0,4 \text{ мА}$	$I_b = 0,6 \text{ мА}$	$I_b = 0,8 \text{ мА}$
	$I_k, \text{мА}$	$I_k, \text{мА}$	$I_k, \text{мА}$

5. Аналогічно зняти дві інші вихідні характеристики для значень струму бази, що вказані в таблиці 1.2, 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 :

- ❑ дайте характеристику транзистора, який ви досліджували в лабораторній роботі, за технологією виготовлення, потужністю, частотному діапазону;
- ❑ чим відрізняється схема з ЗЕ від інших схем вмикання ?
- ❑ що називається вхідними і вихідними характеристиками транзистора в схемі з ЗЕ?
- ❑ в чому полягає фізичний смисл h - параметрів, які ви визначили ?
- ❑ чим статичний режим роботи транзистора відрізняється від динамічного ?

Лабораторна робота № 2**ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНЗИСТОРА У СХЕМІ З ЗАГАЛЬНОЮ БАЗОЮ**

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

Обладнання : стенд для дослідження транзистора.

Теоретична частина

Схема з загальною базою (ЗБ) на відміну від схеми з ЗЕ характеризується низьким вхідним і високим вихідним опором. Коефіцієнт передачі струму становить близько 1. Ця схема застосовується для побудови підсилювачів потужності, а також входить до складу ряду електронних пристроїв як струмостабілізуючий компонент.

Основні характеристики для схеми з ЗБ:

- вхідні характеристики – $I_e = f(U_{eб})$ при $U_{кб} = \text{const}$;
- вихідні характеристики – $I_k = f(U_{кб})$ при $I_e = \text{const}$.

Характеристики, як і для схеми з ЗЕ, використовуються для розрахунку параметрів транзисторів, визначення режимів їх роботи.

Розрахунок виконується в такій же послідовності, як і в попередній роботі.

1. На вхідних і вихідних характеристиках позначається за даними координатами розрахункова точка О.
2. Вхідний опір $h_{11б}$ визначається по вхідним характеристикам:

$$h_{11б} = \Delta U_{eб} / \Delta I_e \quad (\text{при } U_{кб} = \text{const}),$$

де $\Delta U_{eб}$ – приріст напруги емітер-база,

ΔI_e – приріст струму емітера,

При цьому використовується усереднена вхідна характеристика.

3. Коефіцієнт передачі струму визначається по вихідним характеристикам. Для цього на вертикалі, яка відповідає $U_{кб} = \text{const}$, помічають точки А і В на сусідніх з розрахунковою точкою характеристиках.

$$h_{21б} = \Delta I_k / \Delta I_e \quad (\text{при } U_{кб} = \text{const}),$$

де ΔI_e – приріст струму емітера,
 ΔI_k – відповідний приріст струму колектора.

Порядок виконання роботи.

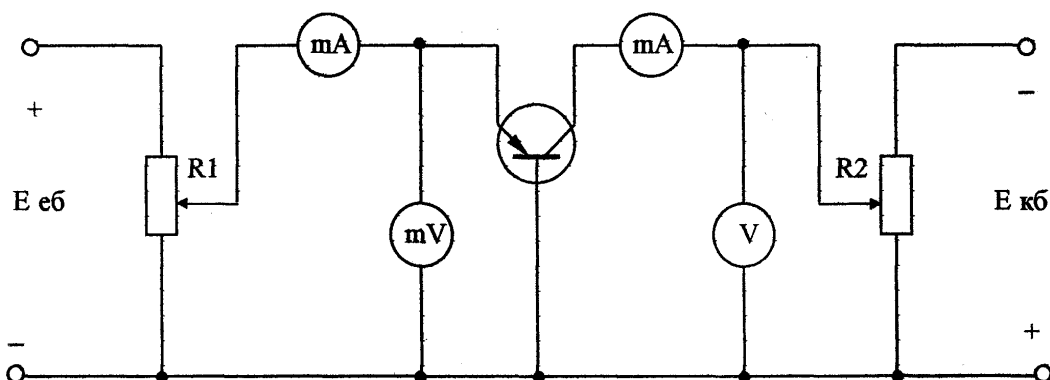


Рисунок 4 Схема дослідження транзистора

1. Зняти вхідні характеристики транзистора $I_e = f(U_{еб})$. Для цього ввімкнути стенд тумблером «СЕТЬ». Першу характеристику треба зняти при напрузі на колекторі $U_{кб}=0$. Потенціометром R2 встановити $U_{кб}=0$. 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 $U_{кб}=25\text{В}$.

2. Зняти вихідні характеристики транзистора $I_k = f(U_{кб})$ при трьох значеннях струму емітера, зазначених в табл. 2.2. 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. 2.2.

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

3. Після перевірки результатів викладачем вимкніть стенд.

Таблиця 2.1.

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

Таблиця 2.2.

$U_{кб}$, В	$I_e = 5\text{ мА}$ $U_{кб}$	$I_e = 10\text{ мА}$	$I_e = 15\text{ мА}$
	I_k , мА	I_k , мА	I_k , 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 ($h_{116}=5\div 15\text{ Ом}$; $h_{216}=0,97\div 0,98$).

Контрольні запитання :

- дайте характеристику транзистора, який ви досліджували в лабораторній роботі, за технологією виготовлення, потужністю, частотному діапазону;
- чим відрізняється схема з ЗБ від інших схем вмикання?
- порівняйте h -параметри транзистора в схемі з ЗБ з відповідними параметрами в схемі з ЗЕ з попередньої роботи і зробіть висновок.

Лабораторна робота № 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЛЬОВОГО ТРАНЗИСТОРА

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

Обладнання : лабораторний стенд.

Теоретична частина

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

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 і опором навантаження. Керуючою є напруга на затворі, тобто на p - n переходах, які джерелом напруги 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, спільним стоком і спільним затвором. Польові транзистори можуть бути двох структур: з p -каналом та n -каналом.

Основні характеристики польових транзисторів:

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

Основні параметри польових транзисторів:

- крутість характеристики $S = \Delta I_c / \Delta U_{zb}$ при $U_{cb} = \text{const}$;
- коефіцієнт підсилення напруги $\mu = \Delta U_{cb} / \Delta U_{zb}$ при $I_c = \text{const}$;
- вхідний опір $R_{bx} = \Delta U_{zb} / \Delta I_z$ при $U_{cb} = \text{const}$.

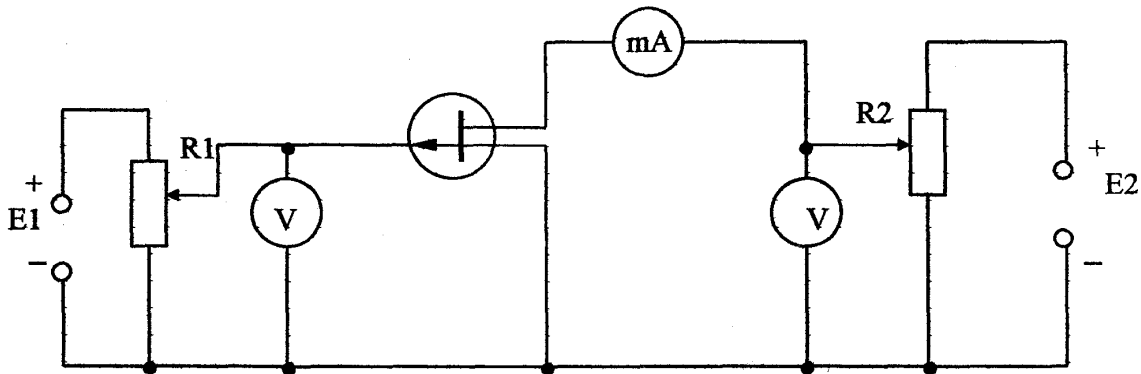


Рисунок 5 Схема дослідження транзистора

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. 3.1. Для зняття першої характеристики регулятором R2 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. 3.1.
3. Аналогічно зняти вихідні характеристики для інших значень напруги затвору.

Таблиця 3.1.

$U_{cb}, \text{В}$	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. 3.2. Регулятором R2 встановити і підтримувати незмінною напругу на стокові 10 В. Регулятором R1 змінювати напругу на затворі від 0 до 3 В через 0,5 В, вимірюючи струм стоку. Результати вимірювань занести до табл.3.2.

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 $R_{\text{вих}}$, порівнявши визначені параметри з паспортними, що вказані в довіднику.

8. Зробити висновок про відповідність визначених параметрів транзистора паспортним.

Таблиця 3.2

$U_{\text{зв}}, \text{В}$	При $U_{\text{св}} = 10\text{В}$	При $U_{\text{св}} = 3\text{В}$
	$I_{\text{с}}, \text{мА}$	$I_{\text{с}}, \text{мА}$

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

Контрольні запитання:

- ☐ користуючись довідником, дайте характеристику конструкції та області використання транзистора, який досліджувався у лабораторній роботі;
- ☐ які бувають типи польових транзисторів і чим вони відрізняються?
- ☐ як польові транзистори позначаються в схемах?
- ☐ дайте пояснення характеристикам, знятим у роботі;
- ☐ в чому полягає фізичний смисл параметрів, які розраховані у роботі?

Лабораторна робота № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДСИЛЮВАЧА НАПРУГИ

Мета роботи: практично вивчити роботу підсилювача напруги, зняти його амплітудно – частотні характеристики (АЧХ), дослідити вплив елементів схеми на роботу підсилювача.

Обладнання: стенд для дослідження підсилювача.

Теоретична частина

Робота підсилювача характеризується рядом якісних показників. Основні з них:

- коефіцієнт підсилення;
- коефіцієнт амплітудно-частотних спотворень;

- коефіцієнт гармонік;
- номінальна вихідна потужність;
- робочій діапазон частот;
- чутливість;
- коефіцієнт корисної дії.

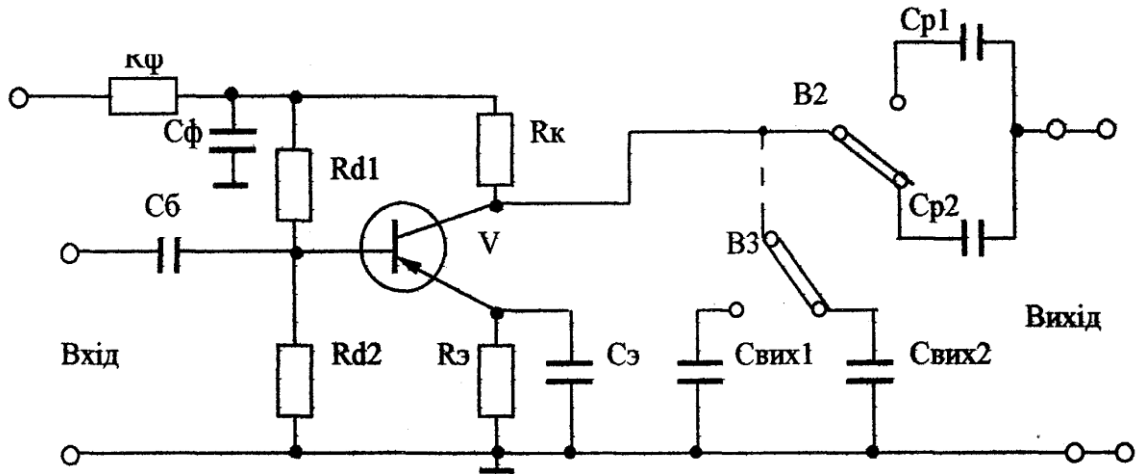


Рисунок 6 Схема для дослідження підсилювача

Коефіцієнт підсилення визначається відношенням напруги, струму, потужності сигналу на виході підсилювача до напруги, струму, потужності на його вході:

$$K_H = U_{\text{вих}} / U_{\text{вх}} \quad K_C = I_{\text{вих}} / I_{\text{вх}} ; \quad K_P = P_{\text{вих}} / P_{\text{вх}} ;$$

Розраховані так коефіцієнти підсилення не мають одиниць виміру, оскільки показують, у скільки разів підсилювач збільшує відповідне значення вхідного сигналу, тобто вони є абстрактними числами.

Частіше коефіцієнти підсилення виражають в логарифмічних одиницях – децибелах:

- за напругою: $K_{(H)\text{дБ}} = 20 \lg K_H$;
- за струмом: $K_{(C)\text{дБ}} = 20 \lg K_C$;
- за потужністю: $K_{(P)\text{дБ}} = 10 \lg K_P$.

Для зворотного переходу від децибел до абстрактних чисел користуються виразами:

$$K_H = 10^{K_{(H)\text{дБ}} / 20} ; \quad K_C = 10^{K_{(C)\text{дБ}} / 20} ; \quad K_P = 10^{K_{(P)\text{дБ}} / 10} ;$$

Амплітудно-частотні спотворення полягають в неоднаковому підсиленні коливань різних частот. Причина амплітудно-частотних спотворень – наявність в схемі підсилювача реактивних елементів (ємностей та індуктивностей). Амплітудно-частотні спотворення оцінюють за амплітудно-частотною характеристикою підсилювача - АЧХ (рис.7).

Нерівномірність АЧХ і відображує рівень амплітудно-частотних спотворень.

Кількісним показником є коефіцієнт амплітудно-частотних спотворень:

$$M_{дБ} = K_{(сер)дБ} - K_{(f)дБ},$$

де $K_{(сер)дБ}$ – коефіцієнт підсилення на середній частоті (як правило 1000 Гц);

$K_{(f)дБ}$ - коефіцієнт підсилення на даній частоті.

Наслідком виникнення амплітудно-частотних спотворень є порушення спектру сигналу, який проходить через підсилювач.

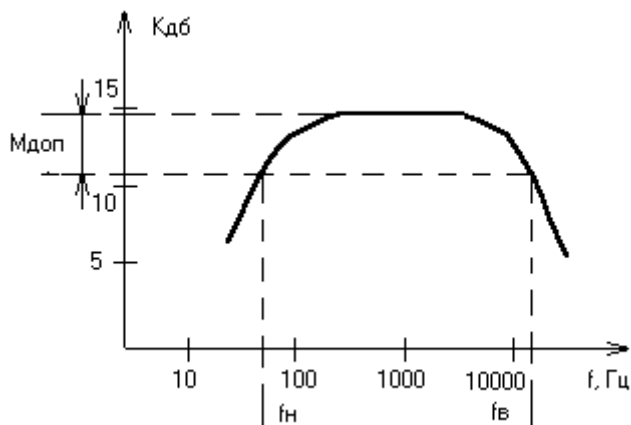


Рисунок 7 Амплітудно-частотна характеристика підсилювача

АЧХ попереднього підсилювача 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.

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 x 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 $C_{вих1}$ і $C_{вих2}$.

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 4.1.

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

11. За результатами вимірювань розрахувати коефіцієнти підсилення в децибелах :

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

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

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

$U_{вх} =$ В

Таблиця 4.1

Частота, Гц	$C_p=10 \text{ нФ}$ $C_{вих} = 10 \text{ нФ}$		$C_p=10 \text{ мкФ}$ $C_{вих} = 10 \text{ нФ}$		$C_p = 10 \text{ мкФ}$ $C_{вих} = 0,3 \text{ нФ}$	
	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 розділяючих конденсаторів та паразитні ємності схеми на АЧХ підсилювача?

Лабораторна робота № 5

ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОГЕНЕРАТОРІВ

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

Обладнання : лабораторний стенд, електронний вольтметр, частотомір.

Теоретична частина

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

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:

$$f \approx 1 / (2\pi \sqrt{LC})$$

Умови самозбудження автогенератора:

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

Порядок виконання роботи

I. 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. 5.1. Для кожного з конденсаторів виміряти частоту і напругу коливань і записати в табл. 5.1.

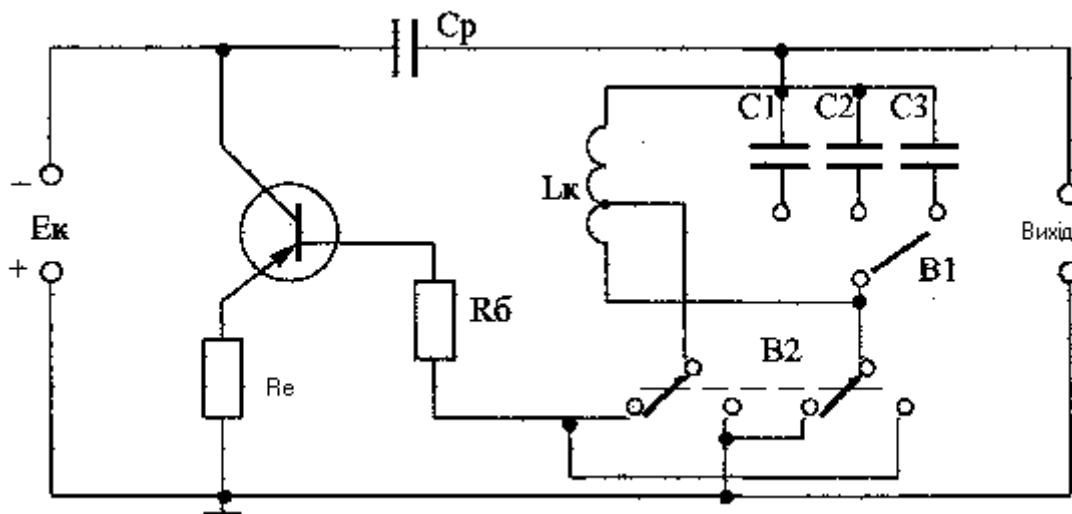


Рисунок 8 Схема дослідження автогенератора

Таблиця 5.1

Ск,пФ	F,кГц	U _{вих} ,В
C3 = 3300		
C2 = 7400		
C1= 10300		

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

4. За даними табл. 8.1 побудувати графіки залежності частоти і напруги коливач автогенератора від ємності контура. Зробити висновки, які встановлюють залежність між частотою і напругою коливач з одного боку і ємністю контура з другого.

5. Зробити розрахунок індуктивності контура, виходячи з виразу

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Контрольні запитання :

- ☐ яке призначення має автогенератор?
- ☐ які функції в схемі автогенератора виконують коливальний контур, транзистор, коло зворотного зв'язку, інші елементи?
- ☐ від чого залежить частота коливач автогенератора?
- ☐ поясніть залежність вихідної напруги автогенератора від ємності контура;
- ☐ в чому полягає фазова умова самозбудження автогенератора, як її виконання перевіряється практично?

Лабораторна робота № 6

ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМ ВИПРЯМЛЯЧІВ

Мета роботи : практичне вивчення схем випрямлячів, дослідження їх роботи, визначення основних параметрів.

Обладнання : лабораторний стенд.

Випрямлячі призначені для перетворення енергії змінного струму в енергію постійного струму. Випрямлячі, які працюють в однофазних електричних мережах, називають однофазними. За побудовою розрізняють такі схеми випрямлячів: однопівперіодна (рис.9), двопівперіодна нульова (рис.10), мостова (рис.11). Основним елементом, який забезпечує випрямлення, так званим вентилем, є діод, що має, як відомо, односторонню провідність.

Однопівперіодна схема будується на одному діоді. Як видно з діаграм, напруга на навантаженні є лише на протязі одного півперіода змінної вхідної напруги.

Двопівперіодна нульова та мостова схеми дають напругу на навантаженні протягом обох півперіодів.

Як видно з діаграм, схеми випрямлячів дають значну пульсацію випрямленої напруги. Для її зменшення використовують згладжувальні фільтри. Схеми згладжувальних фільтрів різноманітні, з використанням ємностей або індуктивностей (RC, RL).

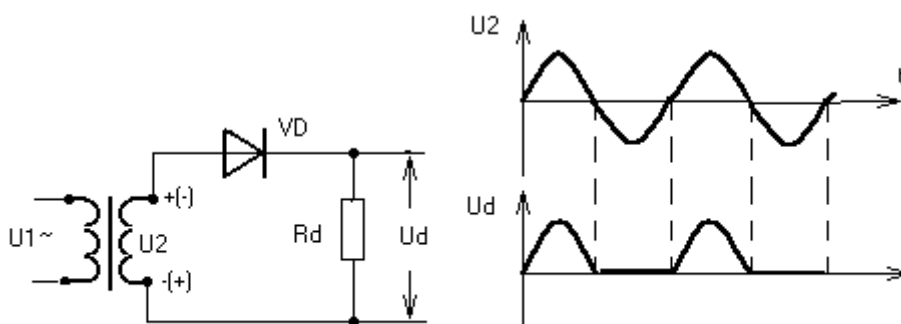


Рисунок 9 Однопівперіодна схема та діаграми її роботи

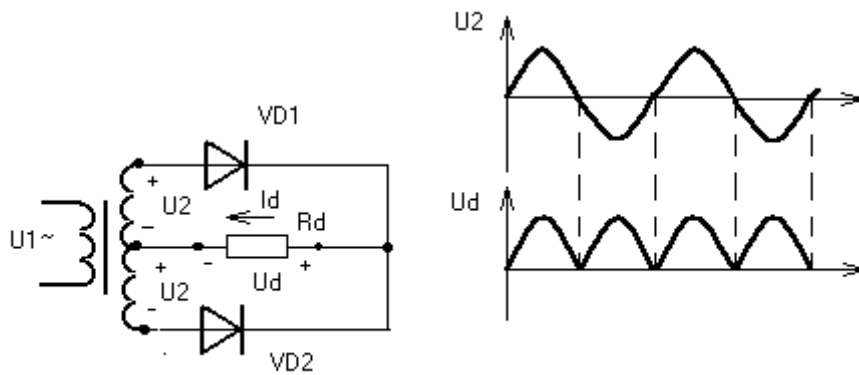


Рисунок 10 Двопівперіодна нульова схема та діаграми її роботи

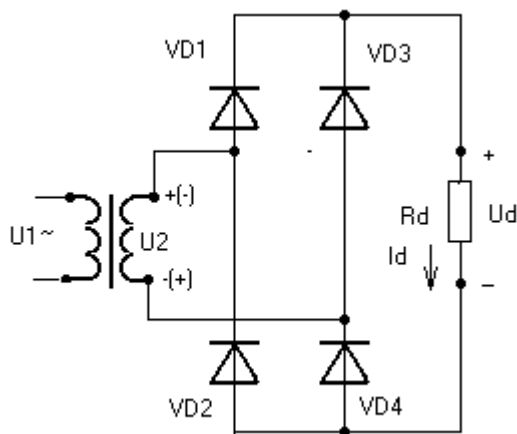


Рисунок 11 Мостова схема випрямлення

В лабораторній роботі досліджуються зазначені схеми випрямлення та властивості випрямляча з вмиканням згладжувального RC фільтра.

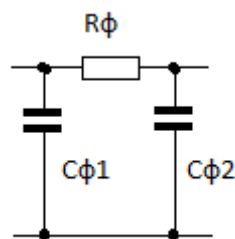


Рисунок 12 Згладжувальний фільтр

Порядок виконання роботи.

I. Ознайомитись із схемою лабораторної плати випрямляча, призначенням тумблерів SI-S5, за допомогою яких можна збирати різні схеми випрямлячів.

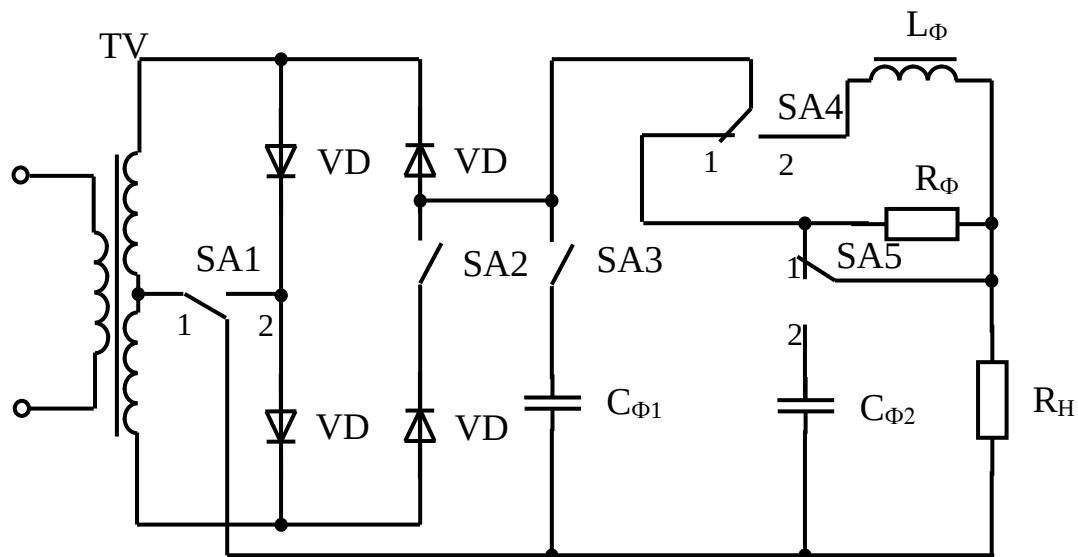


Рисунок 13 Схема лабораторної плати

2. Ввімкнути стенд тумблером «СЕТЬ».

3. Для визначення напруги пульсацій відкалібрувати осцилограф. Для цього вхід «Y» осцилографа з'єднати з гніздами однієї півобмотки трансформатора на лабораторній платі, де напруга становить 7,2 В. За допомогою кнопочного регулятора підсилення осцилографа встановити зручне для спостереження зображення сигналу і за масштабною сіткою екрана визначити напругу, що відповідає одній поділці (наприклад, 7,2 В: 14 поділок == 0,5 В/под.)

4. Тумблерами SI-S5 (положення тумблерів зазначене в табл. 6.1.) набрати однопівперіодну схему випрямлення. З'єднати вхід «Y» осцилографа з виходом випрямляча. Занести до табл. 6.1. осцилограму випрямленої напруги. Вольтметром V2 виміряти і записати в табл. 6.1 випрямлену напругу U_d . Напругу пульсації U_n визначити по осцилографу з врахуванням визначеного масштабу при калібруванні. При цьому майте на увазі, що розмах кривої на екрані дорівнює подвійній амплітуді напруги пульсацій (наприклад: розмах кривої становить 4 поділки. Тоді при масштабі 0,5В/под. $U_n = 4 \cdot 0,5 : 2 = 1$ В . Розрахувати коефіцієнт пульсацій можна за формулою :

$$K_n = U_n / U_d \cdot 100\%$$

5. Аналогічно дослідити інші схеми випрямлення, вказані в табл. 6.1.

6. По закінченню вимірювань стенд вимкнути.

7. Зробити висновки по роботі, відповівши на запитання :

7.1. Яка з перших трьох схем випрямлення дає найбільшу випрямлену напругу?

7.2. Яка з перших трьох схем випрямлення дає найменшу пульсацію випрямленої напруги?

7.3. Як згладжувальний фільтр впливає на параметри випрямленої напруги?

Таблиця 6.1

Тип схеми	Положення тумблерів					Осцилограми	U _д , В	U _п , В	K _п %
	S1	S2	S3	S4	S5				
Однопівперіодна	↓	↓	↓	←	↑				
Двопівперіодна нульовва	↓	↑	↓	←	↑				
Мостова	↑	↑	↓	←	↑				
Однопівперіодна із згладжув. фільтром	↓	↓	↑	←	↑				

8. Скласти звіт за результатами роботи.

Контрольні запитання :

- ☐ яке призначення мають випрямлячі?
- ☐ які існують схеми випрямлення і чим вони відрізняються?
- ☐ пояснити принцип роботи схем однофазних випрямлячів;
- ☐ дати порівняльну характеристику схем випрямлення, які досліджувались у роботі;
- ☐ яке призначення мають згладжувальні фільтри, у чому полягає принцип їх роботи?
- ☐ поясніть фізичний смисл коефіцієнта пульсацій.

Лабораторна робота № 7

ДОСЛІДЖЕННЯ КЕРОВАНОГО ВИПРЯМЛЯЧА

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

Обладнання : лабораторний стенд.

Теоретична частина

Можливість зміни значення постійної напруги на навантаженні за необхідним законом у заданих межах може бути реалізована за допомогою керованих випрямлячів, що будуються на керованих вентилях наприклад, на тиристорах.

Перед тим, як розглядати конкретні схемні рішення керованих випрямлячів, спочатку ознайомимось з основними методами регулювань напруги постійного струму, які, перш за все, можна розділити на два види: такі, що забезпечують регулювання з боку змінного струму і такі, що забезпечують регулювання з боку постійного струму.

Регулювання з боку змінного струму можливе при використанні випрямних схем на некерованих вентилях, але при цьому необхідно вводити додаткові силові

пристрої. Так можна:

змінювати значення змінної напруги, що подається на вентильну схему, перемиканням під навантаженням відводів вторинної обмотки трансформатора, змінюючи тим самим коефіцієнт трансформації останнього;

застосовувати регулятори змінного струму з рухомим струмознімачем (автотрансформатори) або з рухомою магнітною системою (індукційні регулятори).

Із боку постійного струму можливе регулювання безперервними й імпульсними методами.

При безперервних методах застосовують:

- реостати і дільники напруги;
- компенсаційні регулятори.

Через великі втрати енергії в елементах регулятора (надлишок напруги тут гаситься на увімкнених послідовно з навантаженням елементах, що принципово обумовлює низьке значення к.к.д., такі методи застосовують в малопотужних регуляторах.

У наш час найуживанішими є імпульсні методи регулювання. Це зумовлено отриманням на основі стрімкого розвитку напівпровідникових технологій силових електронних напівпровідникових приладів, що можуть працювати у ключовому режимі за досить високих напруг (тисячі вольт) і частот (десятки і сотні кілогерц) - польові і біполярні транзистори, СІТ-транзистори і БТІЗ, спеціальні види тиристорів.

Оскільки регулюючий елемент при реалізації імпульсних методів працює як ключ, то втрати енергії в ньому мінімальні, що визначає високий к.к.д. перетворюючих пристроїв.

Середнє значення постійної напруги на навантаженні U_d регулюється за цими методами за рахунок зміни співвідношення між тривалостями замкненого і розімкненого станів ключа, коли постійна напруга (наприклад, з виходу фільтра некерованого випрямляча) підмикається до навантаження або ні.

Напруга на виході регулятора має форму прямокутних імпульсів з амплітудою, що дорівнює е.р.с. джерела постійного струму.

Є декілька таких методів регулювання. Розглянемо основні з них.

- Метод широтно-імпульсного регулювання (ШІР) полягає у тому, що при сталому періоді надходження імпульсів змінюють їх тривалість - ширину. У результаті маємо:

де E - е.р.с. джерела постійного струму; t - тривалість імпульсу; T - період надходження імпульсів;

- коефіцієнт заповнення.

Змінюючи γ , можна змінювати U_d від нуля (при $\gamma=0$) до E .

- При частотно-імпульсному регулюванні (ЧІР) змінюють частоту (період) надходження імпульсів при їх фіксованій тривалості.

- За комбінованого регулювання змінюють період, тривалість імпульсів.

Останній метод найпростіший у реалізації, але при регулюванні постійної напруги отримання її постійного значення у часі на навантаженні, що забезпечується, як відомо, за допомогою фільтрів, вимагає використання елементів фільтра з малогабаритними параметрами, далекими від мінімально можливих. Це ж стосується і методу ЧІР.

Мінімальні параметри елементів фільтра забезпечує метод ШПР, оскільки за нього регулятор працює на фіксованій частоті. До речі, ця частота, як правило, у багато разів перевищує частоту мережі змінного струму, що, тим більше, забезпечує мінімальні параметри елементів фільтра. У порівнянні з іншими методами, метод ШПР забезпечує також кращі умови узгодження регулятора з мережею живлення (полегшене подавлення радіоперешкод, що передаються з регулятора у мережу).

Керовані випрямлячі широко використовуються для створення регульованих джерел напруги при регулюванні нагрівачів, освітлювальних приладів, швидкості обертання електродвигунів і т.п.

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 mA1, шкала 4В), спостерігати зміну вихідної напруги. Занести до табл. 7.1 значення випрямленої напруги для декількох значень кута керування α° , які вказані в табл. 7.1. Кут керування визначити, користуючись масштабною сіткою осцилографа.

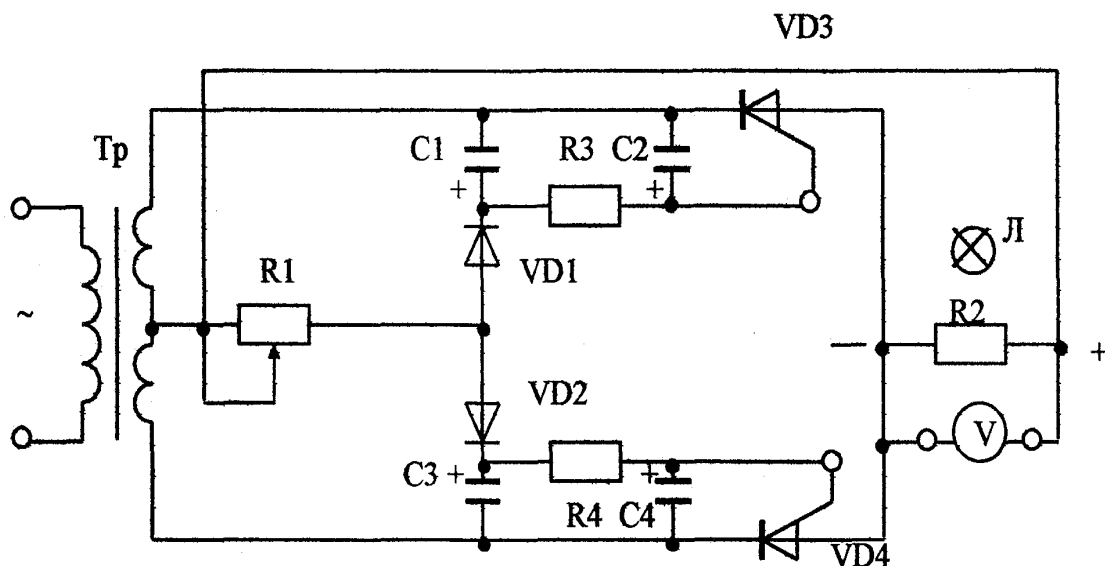


Рисунок 14 Схема дослідження тиристорного керованого випрямляча

Таблиця 7.1

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. 7.1 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. 7.1 побудувати характеристику керування

$$U_{\text{вих}} = f(\alpha)$$

6. Зробити висновок про залежність вихідної напруги від кута керування.

Контрольні запитання :

- ☐ Поясніть структуру тиристора.
- ☐ Поясніть принцип роботи тиристора за його вольт-амперною характеристикою.
- ☐ Що називається кутом керування?
- ☐ Якими елементами в схемі змінюється кут керування?
- ☐ Як вимірювався кут керування у проведеній лабораторній роботі?

Лабораторна робота № 8

ДОСЛІДЖЕННЯ МУЛЬТИВІБРАТОРІВ

Мета роботи : практично вивчити роботу симетричного автоколивного мультівібратора, дослідити залежність частоти імпульсів від параметрів схеми.

Обладнання : лабораторний стенд.

Теоретична частина

Автоколивним мультівібратором називається генератор прямокутних імпульсів. Його схема (рис.10) побудована на двох транзисторних ключах, які зв'язані спільним джерелом живлення і колекторно-базовими конденсаторами C_1 і C_2 .

Схема мультівібратора симетрична, оскільки транзисторні ключі побудовані на ідентичних елементах (R_{K1} і R_{K2} – навантажувальні резистори, $R_{\delta 1}$ і $R_{\delta 2}$ - резистори зміщення). Після вмикання джерела живлення схема переходить в автоколивний режим, при якому транзистори по чергову відкриваються і закриваються під впливом зарядження і розрядження конденсаторів. При цьому потенціали на колекторах транзисторів змінюються від високого (відкритий транзистор) до низького (закритий транзистор), тобто напруга на виходах має прямокутну форму. Тривалість вихідних імпульсів t_i і частота F_i залежать в основному від ємності

конденсаторів зв'язку і опорів базових резисторів:

$$t_i \approx 0,7 R_6 C ; \quad F_i \approx 1 / 1,4 R_6 C$$

Порядок виконання роботи.

1. Вивчити схему мультивібратора, призначення його елементів. Ввімкнути стенд тумблером «СЕТЬ». Ручкою «РЕГ.10В» встановити напругу живлення мультивібратора 10 В.

2. Дослідження впливу ємності хронуючих конденсаторів на параметри імпульсів.

Ручки потенціометрів R7 і R8 на платі МВ повернути по годинниковій стрільці до упору.

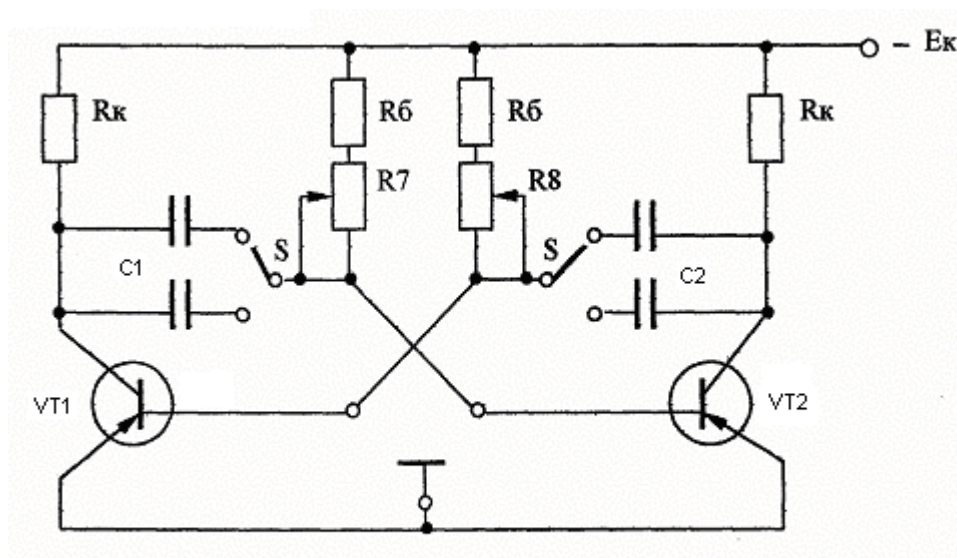


Рисунок 15 Схема дослідження мультивібратора

Натиснути кнопки S1.1 і S2.2 на платі МВ, що відповідає ємності хронуючих конденсаторів 100 мкф.

По сполохам світлодіодів переконатися в працездатності мультивібратора.

Ввімкнути секундомір кнопкою «ВКЛ.СЕК.» Користуючись секундоміром, визначити період коливань МВ. Для цього натиснути кнопку «СБРОС» і відпустити її в момент появи одного із сполохів світлодіодів на платі МВ. Починаючи з цього моменту, відрахувати 10 сполохів. В момент появи 10-го сполоху натиснути кнопку «ОСТАНОВ.» і зафіксувати показання секундоміра. Визначити період повторення імпульсів :

$$T_i = \frac{t_i}{10},$$

де t_i - показання секундоміра.

Результати занести до таблиці 8.1.

Таблиця 8.1.

Параметри схеми	Період повторення імпульсів T_i , с	Частота імпульсів F , Гц
$C1 = C2 = 100$ мкФ		
$C1-C2-50$ мкФ		

Частота імпульсів визначається так:

$$F = \frac{1}{T_i}$$

Кнопками S2.1 і S1.2 підключити хронуючі конденсатори ємністю 50мкФ і повторити вимірювання.

3. Дослідження впливу опору базових резисторів на параметри імпульсів.

Повільно повертаючи ручки потенціометрів R7 і R8 проти годинникової стрілки, що відповідає зменшенню опору базових резисторів, спостерігати по сполохам світлодіодів зміну частоти і періоду коливань.

Зробити висновок про вплив опору базових резисторів на частоту і період повторення імпульсів.

4. Зняття осцилограм імпульсів.

Ручки потенціометрів повернути проти годинникової стрілки. Підключити вхід «У» осцилографа по чергово до колекторів транзисторів мультівібратора і, встановивши на екрані зручне для спостерігання зображення, зняти осцилограми імпульсів, які зобразити у звіті.

5. Дослідження впливу напруги живлення на параметри імпульсів.

Обертанням ручки «РЕГ. 10В» повільно знижувати напругу живлення від 10 до 1 В і слідкувати по осцилографу, як змінюється частота і амплітуда імпульсів на виході мультівібратора.

Скласти і записати в звіт висновок за результатами цього дослідження.

Контрольні запитання :

- ☐ яке призначення має мультівібратор ?
- ☐ поясніть за допомогою схеми принцип дії мультівібратора ;
- ☐ в якому режимі працюють транзистори в схемі мультівібратора, у чому суть цього режиму ?
- ☐ якими елементами схеми встановлюються тривалість, період повторення, частота імпульсів на виході мультівібратора ?
- ☐ чому дана схема мультівібратора зветься симетричною ? Які є ще схеми мультівібраторів ?

Лабораторна робота № 9

ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОГІЧНИХ ІНТЕГРАЛЬНИХ МІКРОСХЕМ

Мета роботи : дослідження роботи логічних інтегральних мікросхем при реалізації різних логічних операцій.

Обладнання: лабораторний стенд.

Теоретична частина

Логічні елементи призначені для виконання логічних операцій в пристроях обробки інформації.

При цьому інформація відтворюється в цифровому вигляді з використанням двійкової системи числення (символи “0” і “1”). Логічним 0 і 1 в логічних схемах відповідають два фіксованих рівні напруги: високий і низький.

Існує три основних логічні операції:

- логічне додавання (диз’юнкція). Ще має назву – логічна операція АБО. Позначається символом “V”:

$$y = x_1 \vee x_2 \vee x_3 \vee \dots$$

Суть логічного додавання полягає в тому, що функція має значення 1, якщо хоча б один з аргументів має значення 1.

- логічне множення (кон’юнкція). Ще має назву – логічна операція І. Позначається символом “^”:

$$y = x_1 \wedge x_2 \wedge x_3 \wedge \dots$$

Суть логічного додавання полягає в тому, що функція має значення 1, якщо всі аргументи водночас мають значення 1.

- логічне заперечення (інверсія). Ще має назву – логічна операція НІ. Позначається рискою над аргументом:

$$y = \overline{x}$$

Суть інверсії полягає в тому, що функція завжди має значення, протилежне значенню аргумента.

Серед комбінаційних логічних елементів найбільш поширеними для складання різноманітних схем обробки інформації є базові елементи АБО-НІ та І-НІ.

- логічний елемент АБО-НІ. Виконує логічне додавання декількох аргументів з інвертуванням результату:

$$y = (x_1 \vee x_2)$$

- логічний елемент І-НІ. Виконує логічне множення декількох аргументів з інвертуванням результату.

$$y = \overline{(x_1 \wedge x_2)}$$

За принципом побудови базові елементи, які випускає промисловість, можна виділити в окремі групи: діодно-транзисторні (ДТЛ), транзисторно-транзисторні (ТТЛ), на МОН-структурах та інші.

Порядок виконання роботи.

1. Ознайомитись з мікросхемою К155ЛА3, розібратися, з яких логічних елементів вона складається.

Схема складається з чотирьох двовходових елементів І - НІ (2І-НІ), які можуть комутуватись для одержання різних логічних схем за допомогою перемикача ПІ.

Подача вхідних сигналів, які відповідають логічній 1, здійснюється кнопками S1 і S2 (вхід 1, вхід 2).

Значення вхідного і вихідного сигналів, що відповідають логічним 0 та 1, контролюють світлодіодами. Світлодіод, що світиться, відповідає логічній 1.

2. Дослідження схеми 2І-НІ. Ввімкнути стенд. Перемикач ПІ встановити в положення 1. Подавати натисканням кнопок S1 і S2 на входи сигнали 0 та 1, визначити значення функції на виході. Результати записати до таблиці справжності.

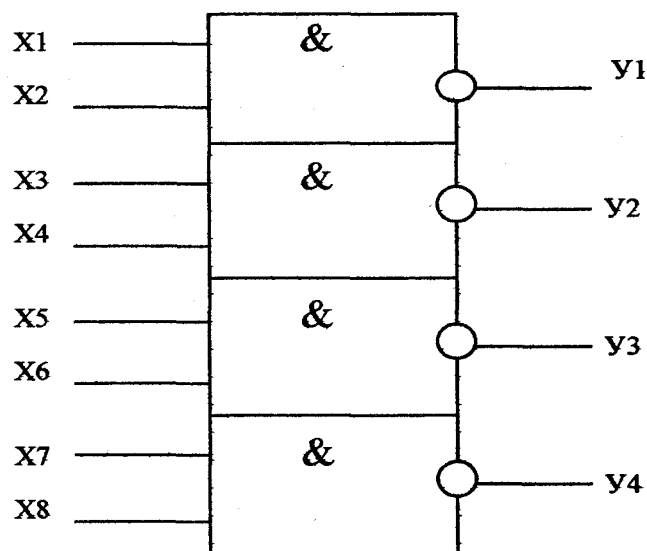


Рисунок 16 Мікросхема К155ЛА3 (К1ЛБ553)

Проаналізувати, чи співпадають одержані результати з теоретичною таблицею справжності, яка вивчалась на попередніх заняттях.

S1	S2	Y
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

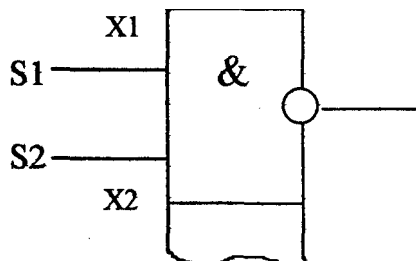


Рисунок 17 Елемент 2І-НІ

3. Дослідження схеми НІ (положення перемикача П1-ІІ)
Виконується аналогічно.

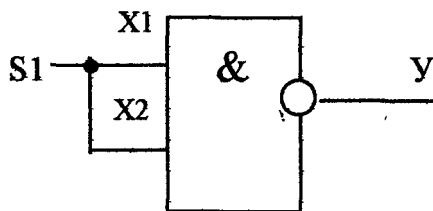


Схема НІ.

Рисунок 18 Елемент НІ

S1	Y
0	
1	

4. Дослідження схеми 2І (положення перемикача П1-ІІІ).
5. Дослідження схеми АБО-НІ (положення перемикача П1- V)
Виконується аналогічно.
6. Дослідження схеми 2АБО (положення перемикача П1- VI) Виконується аналогічно.
7. По закінченню досліджень вимкнути стенд. Зробити висновок по роботі.
В звіті навести схеми логічних елементів і таблиці справжності до них.

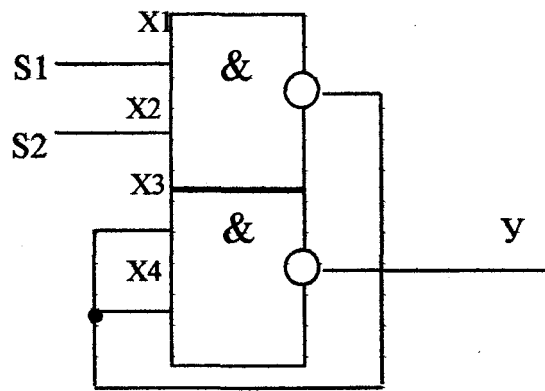


Схема 2I.

Рисунок 19 Элемент 2I

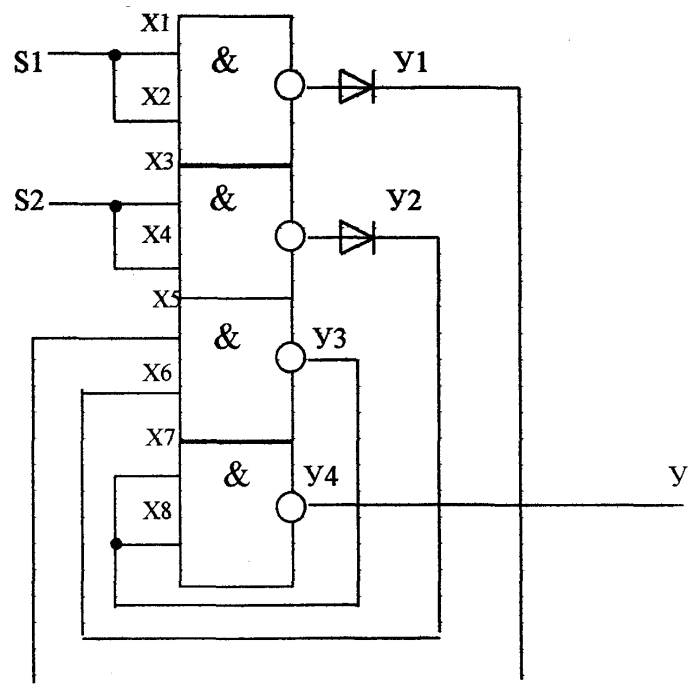


Рисунок 20 Элемент 2АБО-НИ

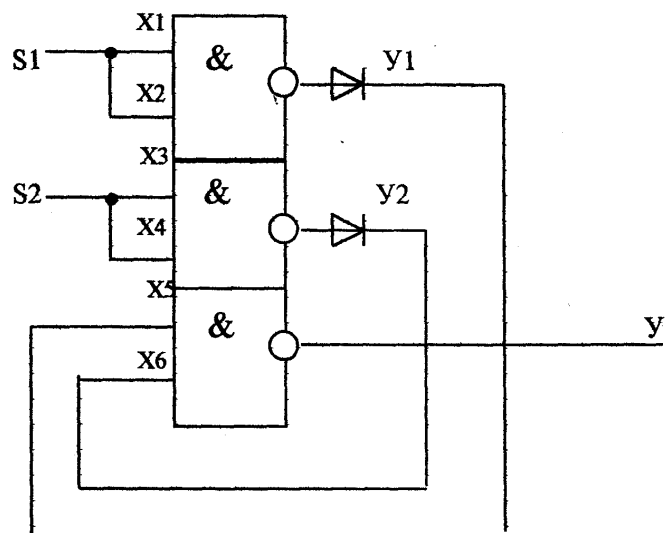


Рисунок 21 Элемент 2 АБО

Контрольні запитання :

- ❑ в чому полягає суть двійкової системи числення ?
- ❑ користуючись довідником, дайте характеристику мікросхеми КІ55ЛА3 за технологією виготовлення, областю використання, основними технічними показниками;
- ❑ як в логічних схемах відображаються логічний «0» та логічна «1» ?
- ❑ за допомогою схем пояснити, як реалізуються відповідні логічні функції по кожному пункту дослідження;
- ❑ що таке таблиця справжності і як вона відображає роботу логічних схем ?

Лабораторна робота № 10

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИГЕРІВ

Мета роботи : практичне вивчення схем тригерів і способів їх запуску.

Обладнання: лабораторний стенд.

Теоретична частина

Тригером називається електронна схема, яка має два стійких стани («0» та «1») і перехід від одного стану до іншого (перемикання тригера) відбувається при подачі на так званий інформаційний вхід імпульсу запуску.

Таким чином, тригер є двійковим елементом.

Тригер будується за симетричною схемою на двох транзисторних ключах з колекторно-базовими зв'язками між транзисторами через резистори. Тригер має два входи і два виходи (рис.18). При вмиканні джерела живлення тригер встановлюється в один із стійких станів (наприклад, 0 – коли VT1 закритий, а VT2 – відкритий). В такому стані тригер може перебувати як завгодно довго до надходження імпульсу запуску. З подачею на вхід імпульсу запуску негативної полярності VT1 відкривається і закриває VT2. Схема перейшла в інший стійкий стан (1). Перемикання знову в стан 0 відбувається з подачею нового імпульсу запуску. З перемиканням тригера сигнали на його виходах, один з яких називається прямим, а інший – інверсним, змінюються у протифазі.

Схеми тригерів розрізняються способами запуску.

Схема з роздільним запуском (рис.40а) має два інформаційних входи: R і S (RS-тригер). Для його перемикання імпульси запуску подаються на входи по чергово.

Схема з лічильним (симетричним) входом (Т-тригер) має загальний вхід на бази обох транзисторів і використовується в схемах лічильників імпульсів.

Порядок виконання роботи.

1. Ввімкнути стенд. Ручкою «РЕГ.10В» встановити напругу живлення 10В (по вольтметру V2). Ручкою «РЕГ.150В» встановити напругу живлення індикатора 150 В (по вольтметру VI).

2. Вивчити схему лабораторної плати. Схема має 2 тригери Т1 і Т2. Тригер Т1 має роздільні входи R і S, куди подають імпульси запуску, натискаючи кнопки R і S. Тригер Т2 має суміщений вхід. Стан тригерів («0» або «1») відображають світлодіоди VD5 і VD6. Світлодіоду, що світиться, відповідає стан тригера «1». Стан транзисторів тригерів відображується світлодіодами VD1 - VD4. Світлодіоду, що світиться, відповідає відкритий стан транзистора.

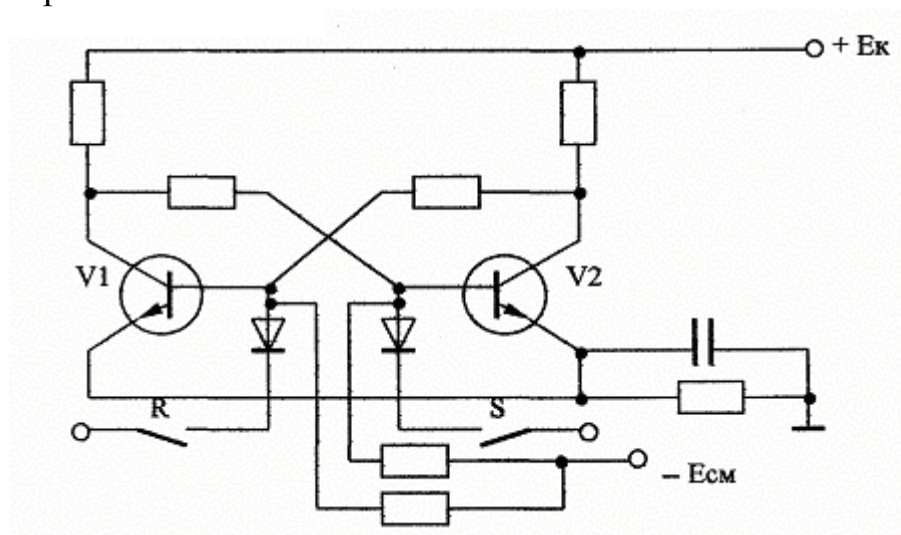


Рисунок 22 Схема дослідження тригера

3. Встановити схему в початковий стан (обидва тригери в стан «0»). Це відповідає висвічуванню нуля на цифровому індикаторі. Записати в табл.10.1 стан транзисторів («закр.» чи «відкр.») і тригерів («0» чи «1»).

4. Подавати на вхід «S» і «R» імпульси запуску, натискаючи відповідну кнопку. Записати в таблицю стан транзисторів і тригерів.

5. Користуючись вольтметром, заміряти напругу на колекторах транзисторів першого тригера в стані „1” та „0” і результати занести в таблицю 10.2.

6. По закінченню вимірювань стенд вимкнути.

7. Зробити і записати висновок про порядок керування тригерами з роздільним і суміщеним входами.

Таблиця 10.1

Номер імпульса	Вхід	Стан транзисторів і тригерів					
		VT1	VT2	TI	VT3	VT4	T2
0							
1							
2							
3							
4							

Таблиця 10.2

Стан тригера	Напруга на колекторі транзистора VT1, В	Напруга на колекторі транзистора VT2, В
0		
1		

Контрольні запитання :

- ☐ що являє собою тригер ?;
- ☐ поясніть принцип роботи тригера ;
- ☐ які існують способи запуску тригерів, чим вони відрізняються?

Список рекомендованої літератури

Руденко В.С., Ромашко В.Я., Трифонюк В.В. Промислова електроніка. К., 1993р.-432с. [Л.1];

Калантаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Промислова електроніка та мікросхемотехніка: теорія і практикум. За ред.А.Г.Соскова.-К.:Каравела, 2003. [Л.2];

Калабеков Б.А., Мамзелов И.А. Цифровые устройства и микропроцессорные системы. Учебник для техникумов.М.,1987. [Л.3];

Анисимов М.В. Элементы электронной аппаратуры та їх застосування: Навч.посібник.- К.:Вища шк.; 1997.-223с. [Л.4];

Бодиловский В.Г. Полупроводниковые и электровакуумные приборы в устройствах автоматики, телемеханики и связи. - бизд. М.,1995. [Л.5];

Игумнов Д.В., Королев Г.В., Громов И.С. Основы микроэлектроники: Учебник для техникумов. - М.: Высш.шк., 1991. [Л.6].

ЗМІСТ

Техніка безпеки при виконанні лабораторних робіт	3
Стенд для виконання лабораторних робіт	3
Лабораторна робота № 1. Дослідження транзистора у схемі з загальним емітером.....	5
Лабораторна робота №2. Дослідження транзистора у схемі з загальною базою.....	8
Лабораторна робота № 3. Дослідження польового транзистора.....	10
Лабораторна робота № 4. Дослідження підсилювача напруги.....	12
Лабораторна робота №5. Дослідження автогенераторів	16
Лабораторна робота №6. Дослідження випрямлячів	18
Лабораторна робота №7. Дослідження керованого випрямляча.....	21
Лабораторна робота № 8. Дослідження мультівібраторів.....	24
Лабораторна робота №9. Дослідження логічних інтегральних мікросхем.....	27
Лабораторна робота № 10. Дослідження тригерів.....	31
Список рекомендованої літератури	33

