

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА**

**Навчально-науковий інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук
кафедра електроніки і енергетики**

**Пристрої промислової електроніки на базі стабілітронів
та біполярних транзисторів**

Кваліфікаційна робота

Рівень вищої освіти –перший (бакалаврська)

Виконав:

студент 4 курсу, 432-ск групи

Ластівка М.В._____

Керівник:

доц. Нічий С.В._____

До захисту допущено

на засіданні кафедри

протокол № _____ від _____ 2023 р.

Зав. кафедрою _____ проф. Майструк Е.В.

Чернівці – 2024

Анотація

Дипломний проект присвячений розробці лабораторного практикуму з релейних пристроїв енергетичних систем до лабораторних робіт з дисципліни “Промислова Електроніка”.

Робота складається з двох розділів. У першому розділі розглянуті теоретичні відомості напівпровідникових приладів, стабілізаторів та біполярних транзисторів. Другий розділ присвячений розробці схем та дослідження їх властивостей в межах лабораторного практикуму.

Робота містить 60 сторінок, 54 рисунка, 7 таблиць, використано 15 літературних джерел.

Зміст

ВСТУП	5
Розділ 1. Аналогові прилади та пристрої	8
1.1.1 Напівпровідникові стабілітрони застосування та характеристика...	8
1.1.2 Де застосовуються стабілітрони.....	9
1.1.3 Правило безпечного поводження.....	9
1.1.4 Правила безпеки та використання стабілітронів	11
1.2.1 Властивості біполярних транзисторів та їх використання.....	11
1.2.2 Принцип роботи.....	13
1.2.3 Застосування транзисторів.....	14
1.2.4 Режими роботи.....	14
1.3.1 Загальна характеристика аналогових фільтрів	15
1.3.2 Класифікація фільтрів на вигляд та їх амплітудно-частотних характеристик.....	16
Розділ 2. Методичні розробки для Курсу “Промислова Електроніка”	20
2.1 Дослідження стабілізаторів напруг.....	20
2.2 Характеристики біполярних транзисторів.....	27
2.3 Дослідження активного напівпровідникового фільтра.....	33
2.4 Дослідження підсилювачів.....	38
2.5 Дослідження підсилювачів на транзисторі.....	44
2.6 Транзисторний ключ.....	49
Висновок	55
Додаток А. Техніка Безпеки	56

Вступ

Пристрої промислової електроніки є невід'ємною частиною сучасного виробництва, забезпечуючи автоматизацію процесів, підвищення ефективності та надійності роботи обладнання. Однією з ключових складових таких пристроїв є стабілітрони та біполярні транзистори, які забезпечують стабілізацію напруги та контроль електричних сигналів.

Цей лабораторний практикум присвячений вивченню пристроїв промислової електроніки на базі стабілітронів і біполярних транзисторів. У процесі роботи студенти ознайомляться з основними принципами роботи цих компонентів, їх характеристиками та застосуванням в промислових електронних схемах. Лабораторні заняття допоможуть закріпити теоретичні знання, набути практичних навичок роботи з електронними компонентами та підготувати студентів до вирішення реальних інженерних задач.

Мета роботи: розробка лабораторного практикуму, з дисципліни промислова електроніка, з тем використання напівпровідникових приладів (стабілітронів та біполярних транзисторів) в аналогових пристроях, які використовуються в промисловості, в результаті чого майбутні фахівці отримають знання та навички експлуатації даних пристроїв

Розділ 1. Аналогові прилади та пристрої

1.1.1 Напівпровідникові стабілітрони застосування та характеристика

Стабілітрон - радіокомпонент, напівпровідниковий діод, який працює а в режимі пробую при зворотному зміщенні. Стабілітрони можуть досить сильно відрізнятися один від одного своїми основними технічними характеристиками та параметрами. Зазвичай стабілітрони виготовляють для роботи з напругою від 1,8 до 400 вольт. При цьому виготовляють так звані інтегральні стабілітрони з прихованою структурою, які розраховані на напругу до 7 вольт.

Існує два типи стабілітронів, кожен із яких відрізняється своїми певними конструктивними особливостями. В основі кожного сучасного стабілітрону знаходиться кремнієвий кристал. Він з'єднаний із двома електродами, припоєм. Далі конструкція може дещо відрізнятися:

У стабілітронів у звичайному пластиковому корпусі кристал просто з'єднаний з електродами за допомогою припою. Вся начинка стабілітрона залита пластиком.

У стабілітронів у скляному корпусі конструкція дещо відрізняється від такої простої стабілітронів. Тут кристал кріпиться не безпосередньо до контактів через припій, а спершу його прикріплюють до спеціальних обойма з іншого металу, а вже потім безпосередньо до електродів. Після цього, скляна трубка в якій і відбувається весь процес складання запаюється і герметизує начинки стабілітрона.

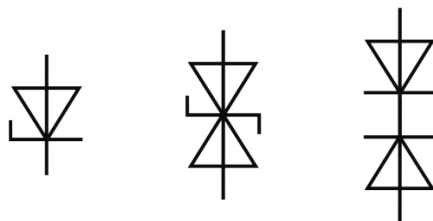


Рис 1.1 Напівпровідникові стабілітрони

Принцип роботи стабілітрона досить простий - в режимі роботи до настання пробую через стабілітрон протікають лише незначні струми витоку, а його опір досить високий. При настанні пробую опір стабілітрона падає до часток ома.

Під час пробою в стабілітроні підтримується постійний стабільний опір, що безпосередньо впливає на стабільність напруги, що проходить через стабілітрон. Стабілітрони застосовуються (як видно з назви) для стабілізації напруги та захисту електроприладів від перевантажень.

Чим стабілітрон відрізняється від звичайного діода? Адже, по суті, стабілітрон теж є напівпровідниковим діодом. Різниця полягає як у конструкції, так і в принципі дії. Коли трапляється пробій звичайного діода - він згоряє, тому що його конструкція не може витримати різкого нагріву, внаслідок чого відбувається саморуйнівне нагрівання. Стабілітрон може витримувати досить високу температуру без небезпеки саморуйнування через нагрівання.

1.1.2 Де застосовуються стабілітрони?

Стабілітрони можуть і застосовуються практично в будь-якому електронному пристрої, в якому встановлений захист від електричного перенапруги. Власне це і є основною функцією стабілітронів - стабілізувати напруги, захищаючи пристрій від перевантажень.

Також стабілітрони захищають пристрої від статичної напруги. І звичайно їх використовують для стабілізації напруги. Наприклад, вони досить часто використовуються в різних радіопристроях для стабілізації сигналу, як надходить, так і вихідного.

Областей застосування стабілітронів справді дуже багато, як і пристроїв, у які вони встановлюються. Також деякі види стабілітронів відмінно підходять для захисту пристроїв від перенапруг унаслідок ударів блискавок.

1.1.3 Правило безпечного поводження

Стабілітрони бувають різними і серед них зустрічаються такі, що працюють із дуже високою напругою. Головне правило безпеки при роботі з такими компонентами - не чіпати голими руками контакти включеного та працюючого стабілітрона.

Також варто пам'ятати, що всі стабілітрони розраховані на певну максимальну напругу і її необхідно дотримуватись. Якщо цього не робити і встановити стабілітрон у мережу з напругою, що перевищує його максимум, компонент може просто згоріти.

Стабілітрони є різновидом напівпровідникових діодів. По суті дуже дуже схожі на випрямлювальні діоди, ось тільки мають дещо інший функціонал і дещо відрізняються пристроєм. І так, як влаштований та працює стабілітрон?

Існує два види стабілітронів, які відрізняються своєю конструкцією та деякими технічними характеристиками:

Прості стабілітрони в простому пластиковому корпусі роблять із кристала кремнію, який припаюють за допомогою спеціального припою до двох гнучких електродів. Далі, область паяння заливають пластиком, що формує його корпус.

Скляні стабілітрони влаштовані дещо складніше — кремнієвий кристал затискається спеціальними металевими обоймами. Кристал припаюють до шпалер, а вже обойми припаюються до гнучких електродів. Зазвичай весь процес паяння відбувається всередині скляної трубки. Завдяки цьому корпус швидко стає герметичним безпосередньо під час процесу остигання розігрітого скла. При складанні дорожчих стабілітронів використовують не біметалічні висновки, а мідні, які краще відводять тепло і захищають стабілітрон від перегріву.

Власне стабілітрони не так сильно бояться перегріву, як звичайні діоди випрямлячі завдяки їх конструкції. Власне для стабілітрона режим пробою є цілком нормальним, а ось звичайний діод у такому режимі працювати не може і швидко стає непридатним. Стабілітрони застосовуються в багатьох сучасних цифрових та аналогових пристроях. Їх встановлюють у пристрої для забезпечення додаткового, ефективного блискавкозахисту та захисту від перепадів напруги.

Крім того, стабілітрони встановлюють в різні радіоприймачі і радіопередавачі, так як однією з основних властивостей стабілітрона є можливість стабілізувати напругу, що проходить через них.

1.1.4 Правила безпеки та використання стабілітронів

Власне особливих правил безпеки немає і дотримуватись не потрібно. Головне пам'ятати кілька основних моментів:

Ніколи не варто торкатися оголених контактів працюючого стабілітрона. Особливо якщо він працює з напругою 200 або 300 вольт.

Також ніколи не варто замінювати один стабілітрон на більш слабкий за характеристиками аналог, адже тоді він просто згорить і, швидше за все, зіпсує сам прилад, де його було встановлено.

Так що завжди вибирайте на заміну або точно такий же стабілітрон, або повний аналог (за характеристиками). Особливо якщо працюєте з високою напругою, та й сам прилад споживає більше 200 вольт.

1.2.1 Властивості біполярних транзисторів та їх використання

Біполярний транзистор - триелектродний напівпровідниковий прилад, один з типів транзисторів. У напівпровідниковій структурі сформовано два р-п-переходи, перенесення заряду через які здійснюється носіями двох полярностей - електронами та дірками. Саме тому прилад отримав назву "біполярний" на відміну від польового (уніполярного) транзистора.

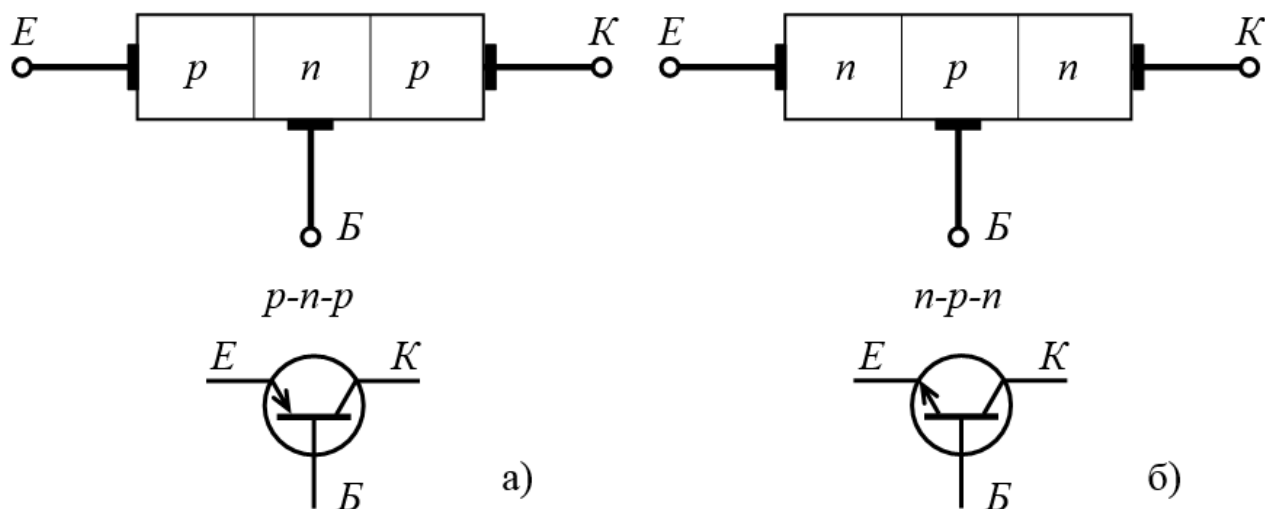


Рис 1.2 Біполярні транзистори: а) р-п-р, б) п-р-п типу

Застосовується в електронних пристроях для посилення або генерації електричних коливань, а також як комутуючий елемент.

Біполярний транзистор складається з трьох напівпровідникових шарів з типовим домішної провідності, що чергується: емітера (позначається «Е», бази «Б», і колектора «К»). Залежно від порядку чергування шарів розрізняють п-р-п (емітер - п-напівпровідник, основа - р-напівпровідник, колектор - п-напівпровідник) і р-п-р транзистори. До кожного з шарів підключені провідні контакти, що не випрямляють.

З погляду типів провідностей емітерний та колекторний шари не помітні, але при виготовленні вони суттєво різняться ступенем легування для покращення електричних параметрів приладу. Колекторний шар легується слабо, що підвищує допустиму колекторну напругу. Емітерний шар - сильно легований: величина пробійної зворотної напруги емітерного переходу не критична, тому що зазвичай в електронних схемах транзистори працюють з прямозміщеним емітерним переходом. Крім того, сильне легування емітерного шару забезпечує кращу інжекцію неосновних носіїв у базовий шар, що збільшує коефіцієнт передачі струму в схемах із загальною базою. Шар бази легується слабо, оскільки розташовується між емітерним і колекторним шарами і повинен мати великий електричний опір. Загальна площа переходу база-емітер виконується значно менше площі переходу колектор-база, що збільшує можливість захоплення неосновних носіїв з базового шару і покращує коефіцієнт передачі. Так як у робочому режимі перехід колектор-база зазвичай включений зі зворотним зміщенням, в ньому виділяється основна частка тепла, що розсіюється приладом, і підвищення його площі сприяє кращому охолодженню кристала. Тому на практиці біполярний транзистор загального застосування є несиметричним пристроєм (тобто інверсне включення, коли міняють місцями емітер та колектор, недоцільно). Для підвищення частотних параметрів (швидкості) товщину базового шару роблять менше, тому що цим, у тому числі,

визначається час «прольоту» (дифузії в бездрейфових приладах) неосновних носіїв. Але при зниженні товщини бази знижується гранична колекторна напруга, тому товщину базового шару вибирають, виходячи з розумного компромісу. У перших транзисторах як напівпровідниковий матеріал використовувався металевий германій. Напівпровідникові прилади на його основі мають ряд недоліків, і в даний час біполярні транзистори виготовляють в основному з монокристалічного кремнію і монокристалічного арсеніду галію. Завдяки дуже високій рухливості носіїв в арсеніді галію прилади на його основі мають високу швидкодію і використовуються в надшвидкодійних логічних схемах.

1.2.2 Принцип роботи

В активному підсилювальному режимі роботи транзистор включений так, що його емітерний перехід зміщений у прямому напрямку відкритий, а колекторний перехід зміщений у зворотному напрямку закритий.

У транзисторі типу n-p-n основні носії заряду в емітері електрони проходять через відкритий перехід емітер-база інjektуються в область бази. Частина цих електронів рекомбінує з основними носіями заряду в основі дірками. Однак через те, що базу роблять дуже тонкою і порівняно слабо легованою, більшість електронів, інjektованих з емітера, дифундує в область колектора, так як час рекомбінації відносно великий. Сильне електричне поле зворотнозмщеногоколекторного переходу захоплює неосновні носії з бази електрони та переносить їх у колекторний шар. Струм колектора, таким чином, практично дорівнює струму емітера, за винятком невеликої втрати на рекомбінацію в базі, яка і утворює струм бази ($I_e = I_b + I_k$).

Коефіцієнт α , що зв'язує струм емітера та струм колектора ($I_k = \alpha I_e$), називається коефіцієнтом передачі струму емітера. Чисельне значення коефіцієнта = 0,9-0,999. Чим більший коефіцієнт, тим ефективніше транзистор передає струм. Цей коефіцієнт мало залежить від напруги колектор-база та база-емітер. Тому в широкому діапазоні робочих напруг струм колектора

пропорційний струму бази, коефіцієнт пропорційності дорівнює $\beta = \alpha/(1 - \alpha)$, від 10 до 1000. Таким чином, малий струм бази управляє значно більшим струмом колектора.

1.2.3 Застосування транзисторів

1. Підсилювачі, каскади посилення
2. Генератор сигналів
3. Модулятор
4. Демодулятор
5. Інвертор
6. Мікросхеми на транзисторній логіці

1.2.4 Режими роботи

На кожний р-п перехід може бути подана як пряма, так і зворотна напруга.

Відповідно розрізняють три основні режими роботи транзистора:

- режим відсічки (запирання) – на обидва переходи подана зворотна напруга (обидва р-п переходи закриті), вихідний струм відсутній;
- режим насичення – на обидва переходи подана пряма напруга (обидва р-п переходи відкриті), вихідний струм настільки великий, що подальше збільшення цього струму неможливо;
- активний режим – на емітерний перехід подана пряма, а на колекторний – зворотна напруга.

У режимі відсічки й режимі насичення керування транзистором майже відсутнє. Ці режими використовуються для роботи транзистора як ключа: ключ замкнений – транзистор перебуває в режимі насичення, ключ розімкнений – транзистор перебуває в режимі відсічки.

В активному режимі керування здійснюється найбільш ефективно, причому транзистор може виконувати функції активного елемента електричної схеми (підсилення, генерування й т.п.).

1.3.1 Загальна характеристика аналогових фільтрів

Фільтром називають пристрій, який передає (пропускає) синусоїдальні сигнали в одному певному діапазоні частот (у смузі пропускання) і не передає (затримує) їх в іншому діапазоні частот (у смузі затримування). Фільтри використовують для передачі не тільки синусоїдальних сигналів, але, визначаючи смуги пропускання та затримування, орієнтуються саме на синусоїдальні сигнали. Знаючи, як фільтр передає синусоїдальні сигнали, зазвичай досить легко визначити, як він передаватиме сигнали та інші форми.

У пристроях електроніки, що широко використовують фільтри, розрізняють аналогові та цифрові фільтри. У аналогових фільтрах оброблювані сигнали не перетворюють на цифрову форму, а цифрових фільтрах перед обробкою сигналів здійснюють таке перетворення.

Аналогові фільтри будують з урахуванням як пасивних елементів (конденсаторів, котушок індуктивності, резисторів), і активних елементів (транзисторів, операційних підсилювачів). Для аналогової фільтрації широко використовують також електромеханічні фільтри: п'єзоелектричні та механічні. У п'єзоелектричних фільтрах використовують природний та штучний кварц, а також п'єзокераміку. Основу механічного фільтра становить той чи інший механічний пристрій.

Важливо розрізняти вимоги до фільтрів силової та інформативної (інформаційної) електроніки. Фільтри силової електроніки повинні мати якнайбільший коефіцієнт корисної дії. Для них дуже важлива проблема зменшення габаритних розмірів. Такі фільтри будуються з урахуванням лише пасивних елементів. До фільтрів силової електроніки відносяться фільтри випрямлячів, що згладжують, прохідні фільтри силових трансформаторів і т. д. Фільтри інформативної електроніки найчастіше розробляють при використанні активних елементів. У цьому широко використовують операційні підсилювачі. Фільтри, що містять активні елементи називають активними. У сучасних конструкціях фільтрів зазвичай не використовують котушки індуктивності

через їх великі габарити та високу трудомісткість виготовлення. Тому активні фільтри можуть бути виготовлені із застосуванням технології інтегральних мікросхем. Нерідко активні фільтри виявляються дешевшими за відповідні фільтри на пасивних елементах і займають менші обсяги. Активні фільтри здатні посилювати сигнал, що лежить у смузі пропускання. У багатьох випадках їх досить легко налаштувати.

До недоліків активних фільтрів можна віднести:

використання джерела живлення;

неможливість роботи таких високих частотах, у яких використовувані операційні підсилювачі не здатні посилювати сигнал.

1.3.2 Класифікація фільтрів на вигляд та їх амплітудно-частотних характеристик.

Фільтри нижніх частот характерним є те, що вхідні сигнали низьких частот, починаючи з постійних сигналів, передаються на вихід, а сигнали високих частот затримуються.

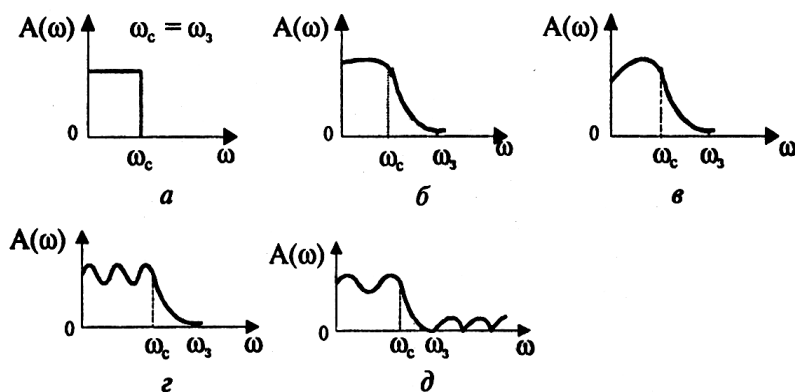


Рис 1.3 Амплітудно-частотні характеристики фільтрів нижніх частот

Фільтри верхніх частот характерний тим, що пропускає сигнали верхніх і затримує сигнали нижніх частот.

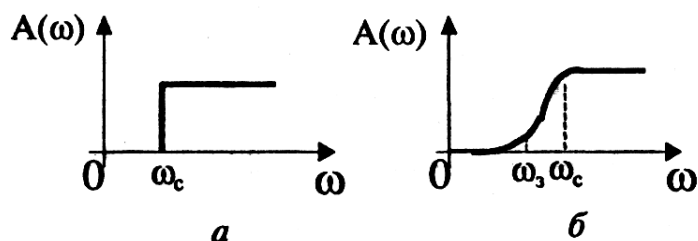


Рис 1.4 Амплітудно-частотні характеристики фільтрів верхніх частот.

Всепропускні фільтри пропускають сигнали будь-якої частоти. Такі фільтри використовуються в деяких електронних системах для того, щоб змінити з тією чи іншою метою фазочастотну характеристику системи

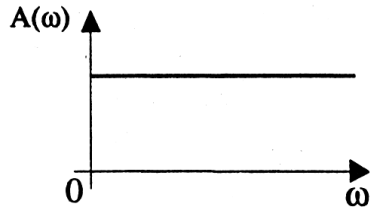


Рис 1.5 Амплітудно-частотна характеристика всепропускового фільтра

1.4.1 Підсилювачі на біполярному транзисторі

Підсилювачем називають пристрій збільшення параметрів електричного сигналу (напруги, струму, потужності).

Основними параметрами підсилювача є:

- Коефіцієнт посилення напруги $K_U = U_{вихмах}/U_{вхмах}$
- Коефіцієнт посилення струму $K_I = I_{вихмах}/I_{вхмах}$;
- Коефіцієнт посилення потужності

$$K_P = P_{вихмах}/P_{вхмах} = U_{вихмах}I_{вихмах}/U_{вхмах}I_{вхмах} = K_U K_I$$

Схема підсилювача на польовому транзисторі з рп переходом, включеному за схемою із загальним джерелом.

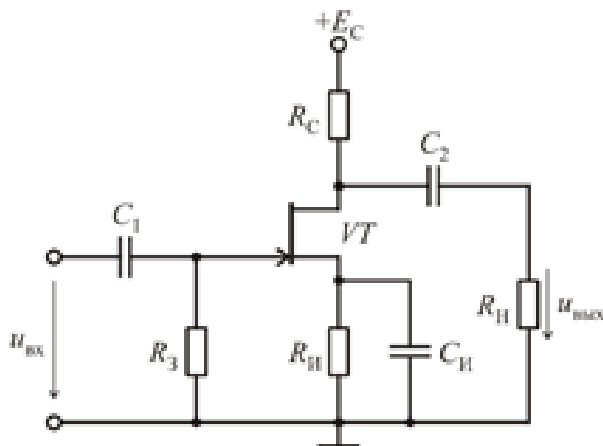


Рисунок 1.6 Схема підсилювача на польовому транзисторі.

Конденсатори C_1 і C_2 є розділовими: C_1 перешкоджає зв'язку по постійному струму джерела вхідного сигналу і підсилювача, C_2 служить поділу постійного струму ланцюга стоку і навантаження. Конденсатор C_1 усуває негативний зворотний зв'язок для змінної складової. Резистор R забезпечує нульову напругу між затвором та загальною точкою за відсутності сигналу на вході.

У n -канальному ПТ з керуючим переходом напруга затвор-витік має бути негативним. Це досягається за допомогою автоматичного усунення. Ланцюг автоматичного зміщення складається з резистора R_1 , що з'єднує затвор із загальною точкою, і резистора R_2 ланцюга витоку. Оскільки струм затвора польового транзистора мізерно малий, постійна складова напруги на резистори R_1 і R_2 дорівнює нулю і напруга затвор-витік негативно: $U_{зв} = -R_1 \cdot I_{зв}$.

Задля більшої високого вхідного опору схеми величина R_1 вибирається великий (до кількох МОм). Номінали розділових конденсаторів у підсилювачах на польових транзисторах можуть бути набагато меншими, ніж у схемах на біполярних транзисторах. Це тим, що вхідні опори польових транзисторів значно вищі, ніж біполярних.

1.4.2 Функціональна схема підсилювача на біполярному транзисторі наведена на рис 1.7

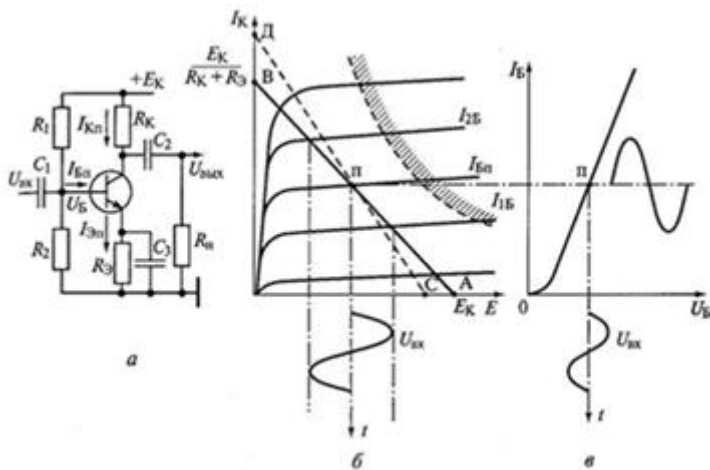


Рис 1.7 схема підсилювача на біполярному транзисторі. а) схема; б) вхідна вольтамперна характеристика; в) вихідна вольтамперна характеристика.

Резистори R_1 і R_2 задають режим спокою каскаду, при якому в транзисторі протікають тільки постійні струми спокою бази $I_{Бп}$, колектора $I_{Кп}$ і емітера $I_{Еп}$. На базі, колекторі та емітері діють постійні напруження спокою $U_{Бп}$, $U_{Кп}$, $U_{Еп}$.

Конденсатори C_1 і C_2 - розділові. Конденсатор 1 перешкоджає протіканню постійного струму з ділянки R_1 , R_2 . Конденсатор 2 перешкоджає проходженню постійної напруги на резистор R_E . На цьому резисторі діє змінна складова колекторної напруги. Резистор R_E визначає струм спокою через транзистор при заданій нарузі $U_{Бп}$. Цей резистор для змінного сигналу є негативним зворотним зв'язком, призначеним для стабілізації режиму спокою транзистора при зміні його температури. При збільшенні (наприклад, через зростання температури) струму колектора спокою $I_{Кп}$ зростають струм емітера спокою $I_{Еп}$ та падіння напруги на резисторі R_E , оскільки $U_{Еп} = I_{Еп} * R_E$.

Так як напруга $U_{Бп}$ фіксовано дільником $R_1 R_2$ то зі збільшенням $U_{Бп}$ відбувається закриття транзистора. Це призводить до зменшення колекторного струму. Відбувається автоматичне балансування режиму роботи транзистора у режимі спокою.

Розрахунок параметрів каскаду в режимі спокою по постійному струму проводять графоаналітичним методом з використанням статичних вхідних та вихідних вольтамперних характеристик (ВАХ) (рис. 2.1.2 б, в).

Для визначення параметрів вихідного сигналу динамічному режимі посилення опір навантаження R_H підключається паралельно опору R_K .

Розглянутий каскад дає обмежене посилення через те, що опір R_K визначає робочу точку на вихідних характеристиках постійного струму з урахуванням допустимих нелінійних спотворень. Зі збільшенням R_K нелінійні спотворення збільшуються. Щоб виключити цю залежність, застосовують динамічне колекторне навантаження.

Розділ 2. Методичні розробки для Курсу “Промислова Електроніка”

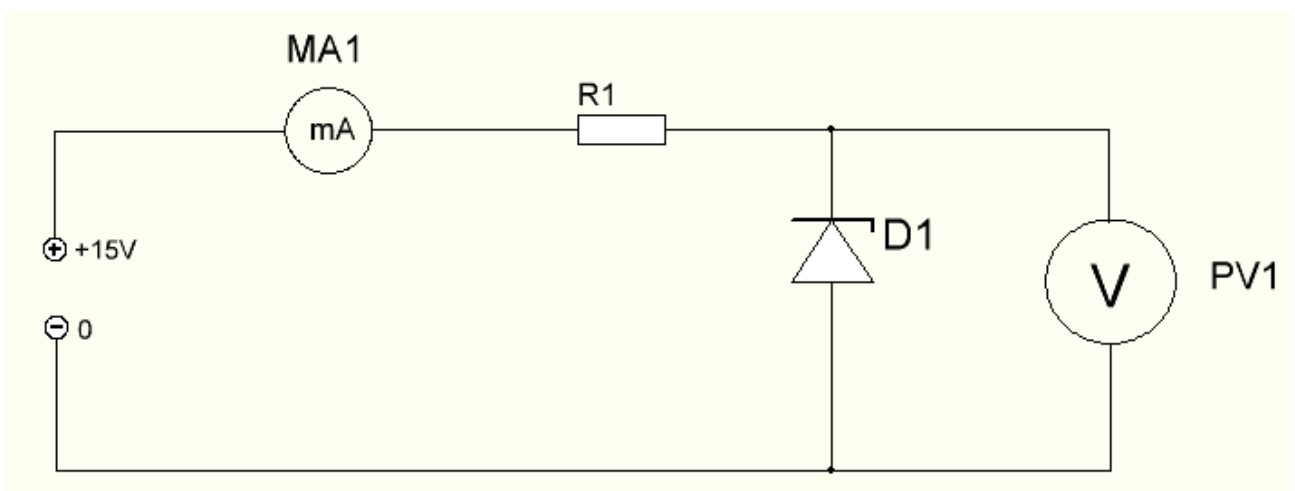
2.1 Дослідження стабілізаторів напруг.

Частина I: Дослідження напівпровідникового стабілітрона.

Мета: Ознайомитись з принципом роботи напівпровідникового стабілітрона на практиці.

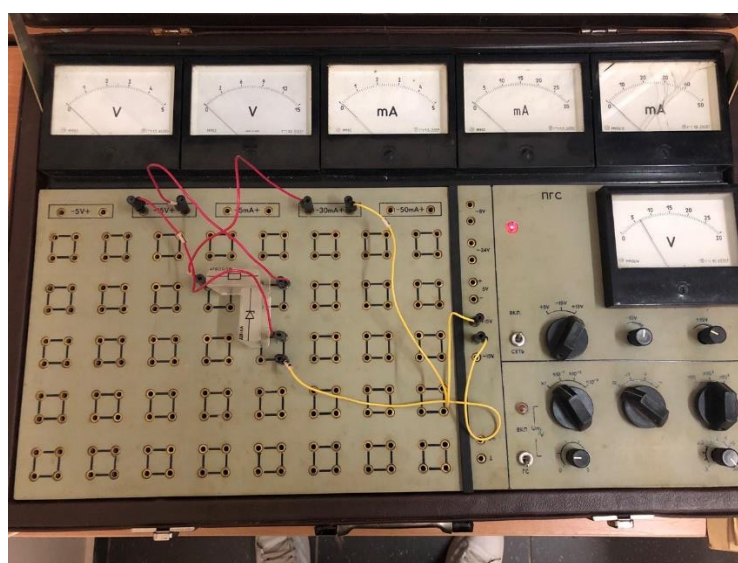
Хід виконання лабораторної роботи:

- 1) Зберіть схему згідно з рис. 1;
- 2) Встановіть перемикач блоку ПГС в положення "+15V", а ручку "+15V" -у ліве крайнє положення;
- 3) Підключіть схему до гнізд блоку "+15 V" ";
- 4) Збільшуючи напруження ручкою "+15 V" до максимального значення зніміть залежність струму стабілітрона ($I_{ст.}$) від напруги стабілітрона ($U_{ст.}$) (пряма гілка);
- 5) Увімкніть стабілітрон у зворотному напрямку та зніміть залежність струму стабілітрона ($I_{ст.}$) від напруги стабілітрона $U_{ст.}$) (зворотна гілка);
- 6) За даними вимірювання побудуйте графіки прямий і оберненої гілки вольт-амперної характеристики стабілітрона.



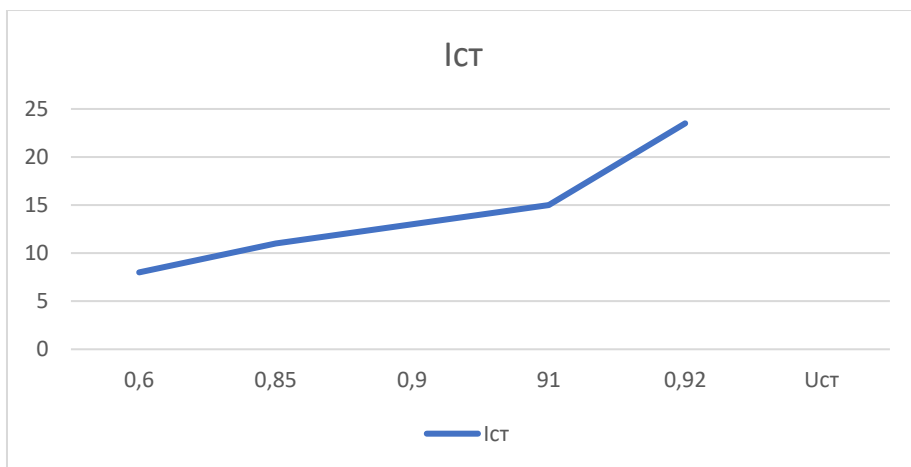
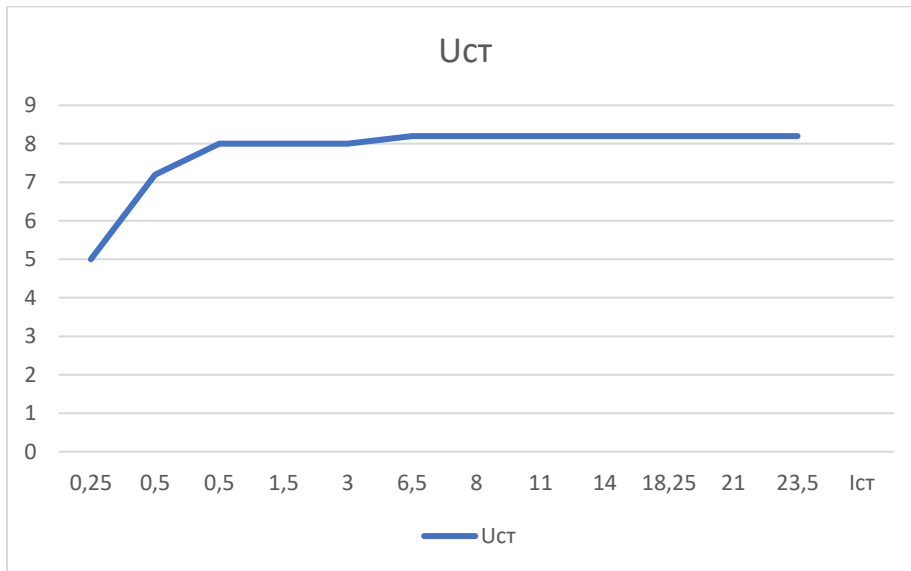
R1 – резистор 470 Ом: D1 – стабілітрон Д814А: MA1 – міліамперметр 30mA:
PV – 1 вольтметр 15 V.

Рис.1



Обернена			Пряма		
----------	--	--	-------	--	--

U _{вх}	I _{ст}	U _{ст}	U _{вх}	I _{ст}	U _{ст}
5	0.25	5	5	8	0.6
7	0.5	7.2	6	11	0.85
8	0.5	8	7.5	13	0.9
9	1.5	8	10	15	0.91
10	3	8	12.5	23.5	0.92
11	6.5	8.2			
12.5	8	8.2			
14	11	8.2			
15	14	8.2			
17.5	18.25	8.2			
18	21	8.2			
20	23.5	8.2			



Частина II: Дослідження параметричного стабілізатора.

Мета: Ознайомитись з принципом роботи параметричного стабілізатора напруги на практиці.

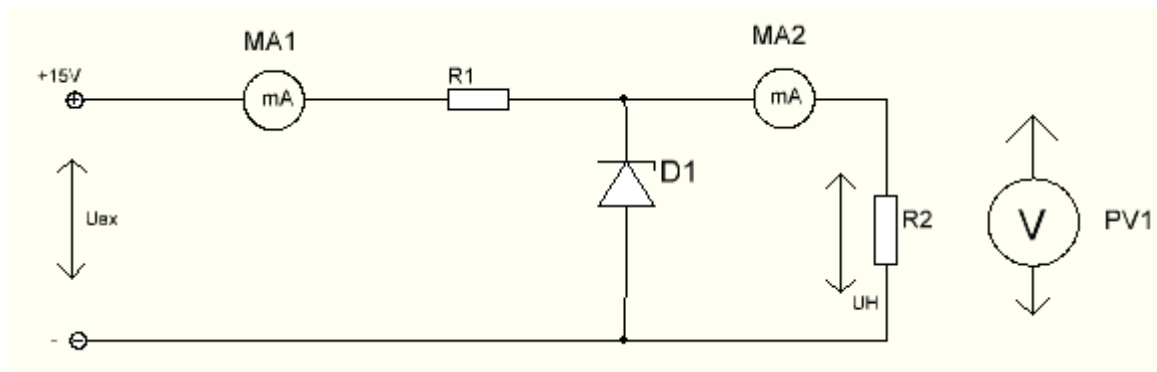
Хід виконання лабораторної роботи:

- 1)Зберіть схему згідно з рис. , встановивши $R_2 = 1 \text{ кОм}$;
- 2) Підключіть до гнізда "+15V", "про" на блоці ПГС;
- 3) Змінюючи ручкою "+15V" на блоці ПГС вхідна напруга, зніміть залежність зміни напруги на навантаженні від зміни вхідної напруги $U_H=f(U_{вх})$
- 4)Змінюючи значення резистора R_2 на 470 Ом. 1,5 кОм, зніміть значення зміни напруги на навантаженні від зміни струму навантаження $U_H=f(I_H)$ при вхідній напрузі 15В
- 5)За даними вимірювань побудувати характеристики стабілізатора $U_H=f(U_{вх})$ та $U_H=f(I_H)$;

б) За характеристиками стабілізатора, напруги визначте графічно-аналітичним методом наступні параметри стабілізатора:

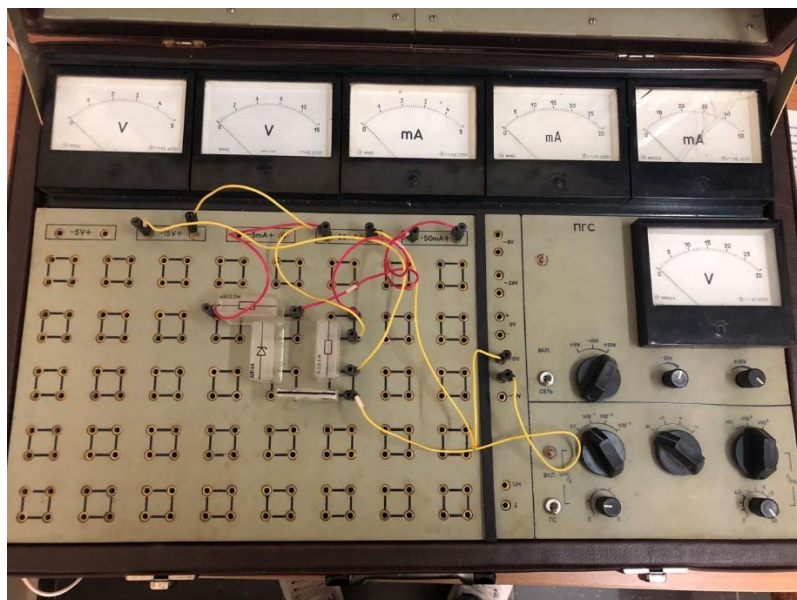
$$\text{коефіцієнт передачі напруги } \lambda = - \frac{U_H}{U_{BX}};$$

$$\text{коефіцієнт стабілізації напруги } K_u = - \frac{\Delta U_H}{\Delta U_{BX}} * \lambda$$



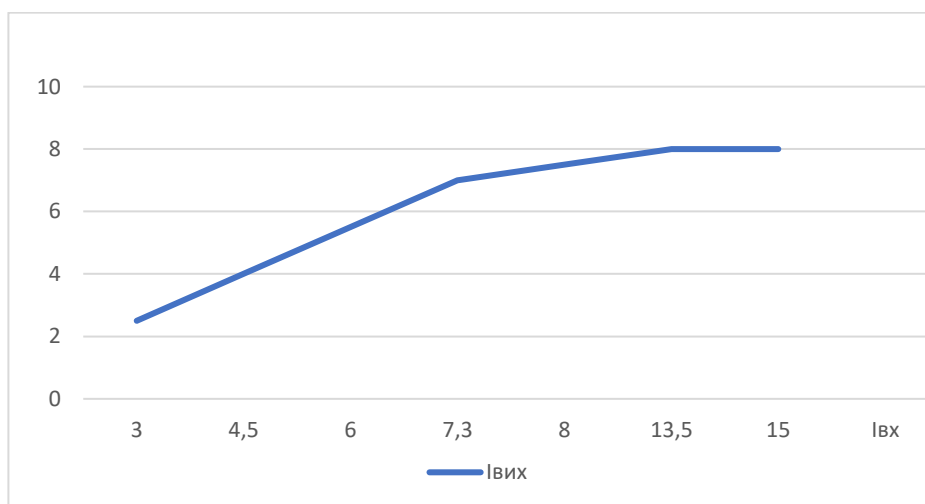
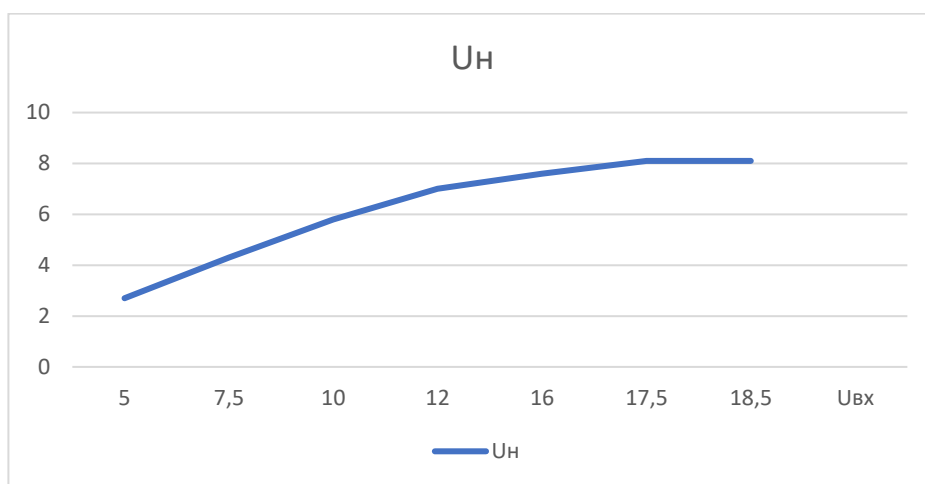
R1 – резистор 680Ом: R2 – резистор 1кОм: D1 – стабілітрон Д814А: MA1 – міліамперметр 30mA: MA2 – міліамперметр 50mA: PV1 – вольтметр 15V:

Рис.2



УВХ	ІВХ	Івих	Увих
5	3	2,5	2,7
7,5	4,5	4	4,3
10	6	5,5	5,8
12	7,3	7	7
16	8	7,5	7,6
17,5	13,5	8	8,1
18,5	15	8	8,1

\



Частина III: Дослідження компенсаційного стабілізатора напруги.

Мета: Ознайомитись з принципом роботи компенсаційного стабілізатора напруги на практиці.

Хід виконання лабораторної роботи:

1) Зберіть схему згідно з рис. 3;
2) Підключіть схему до гнізд "+15V", "0" на блоці ПГС;
3) Змінюючи ручкою "15V" на блоці ПГС вхідна напруга, зніміть залежність зміни напруги на навантаженні від зміни вхідної напруги $U_H = f(U_{ВХ})$ при супротиву навантаження R_2 , що дорівнює 680 Ом, запишіть при цьому показання міліамперметрів;

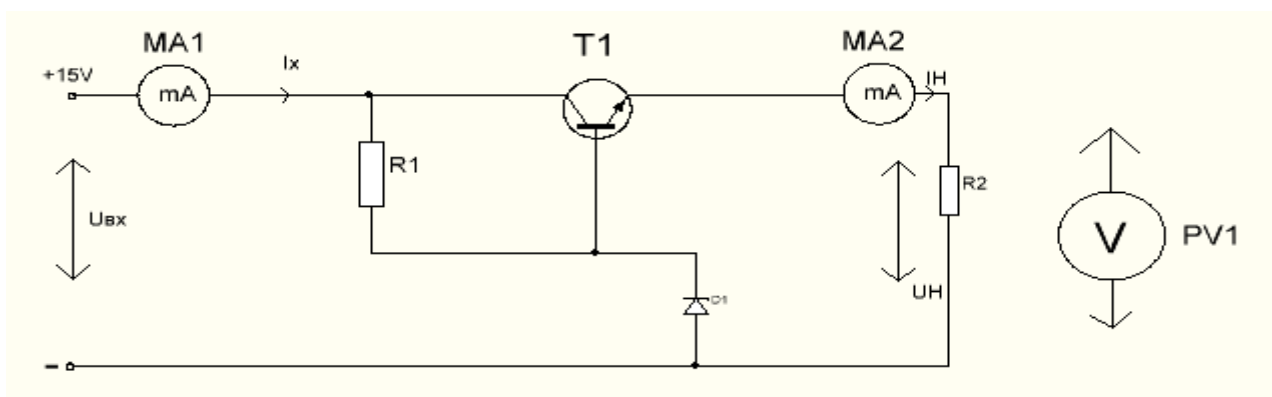
4) Змінюючи значення резистора R_2 , зніміть залежність зміни напруги на навантаженні від зміни величини струму навантаження $I_H = f(I_H)$ при вхідній напрузі 15В;

5) За даними вимірів побудуйте характеристики стабілізатора $U_H = f(U_{ВХ})$ і $U_H = f(I_H)$

6) За характеристиками стабілізатора напругу визначіть графічно-аналітичним методом наступні параметри стабілізатора:

$$\text{коефіцієнт передачі напруги } \lambda = - \frac{U_H}{U_{ВХ}};$$

$$\text{коефіцієнт стабілізації напруги } K_u = - \frac{\Delta U_H}{\Delta U_{ВХ}} * \lambda$$

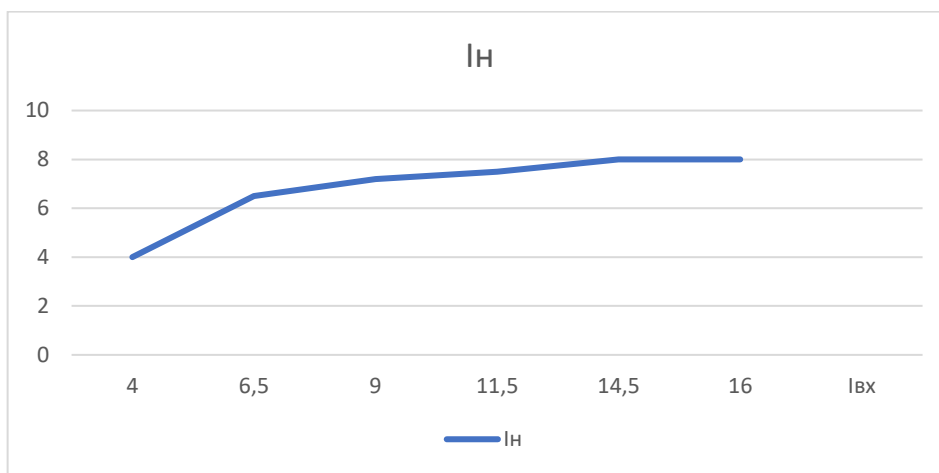
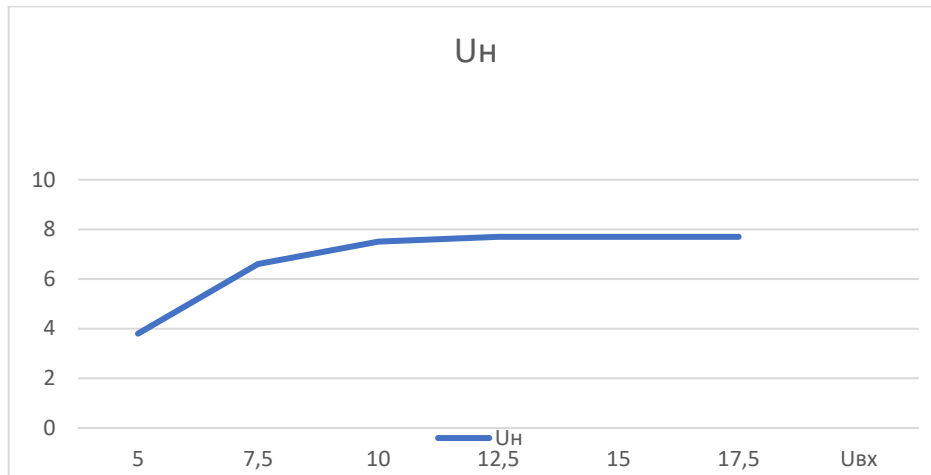


R1 – резистор 1кОм: R2 – резистор 680Ом: D1 – стабілітрон Д814А: T1 - транзистор КТ315А: МА1 – міліамперметр 50mA: МА2 – міліамперметр 30mA: PV1 – вольтметр 15V:

Рис.3



$U_{вх}$	$I_{вх}$	$I_{н}$	$U_{н}$
5	4	4	3,8
7,5	6,5	6	6,6
10	9	7,2	7,5
12,5	11,5	7,5	7,7
15	14,5	8	7,7
17,5	16	8	7,7



2.2 Характеристики біполярних транзисторів.

Мета: Ознайомитись зі зняттям вхідних та вихідних характеристик транзистора із загальною базою.

Хід виконання лабораторної роботи:

Частина перша; Вхідні та вихідні характеристики транзистора із загальною базою.

1) Зберіть схему згідно з рис. 4;

2) Підключіть схему до гнізд блоку ПГС "+5V "+15 V" "0";

3) Змінюючи резистором R2 вхідна напруга ($U_{еб}$) від 0 до 0,9, зніміть вхідну характеристику транзистора $I_e = f(U_{еб})$ при напругах колектора ($U_{кб}$) 0; 5; 10; ($U_{кб} = 0$ при відключеному тумблері B1);

Зберіть схему згідно з рис. 5;

Змінюючи резистором R4 напруга $U_{кб}$ від 0,8 до 0 В, зніміть негативну гілку вихідної характеристики транзистора $I_k = f(U_{кб})$ при установці емітерного струму 10, 20, 30 мА;

Зберіть схему згідно з рис 6;

Змінюючи ручкою "+15 V" на блоці ПГС напруга колектора ($U_{кб}$) від 0 до 10 В, зніміть позитивну гілку вихідної характеристики транзистора $I_k = f(U_{кб})$ при встановленні емітерного струму (I_e) 10, 20 і 30 мА;

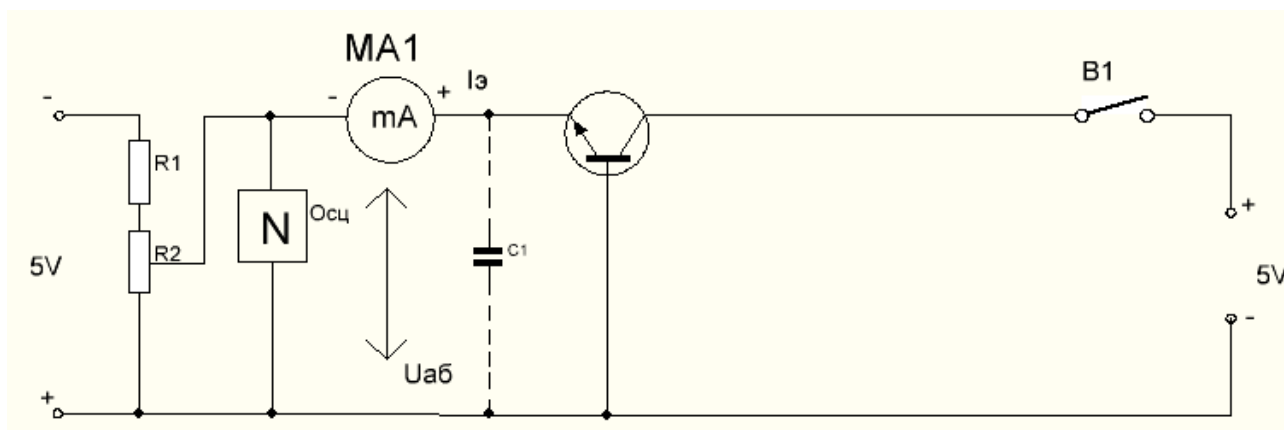


Рис.4

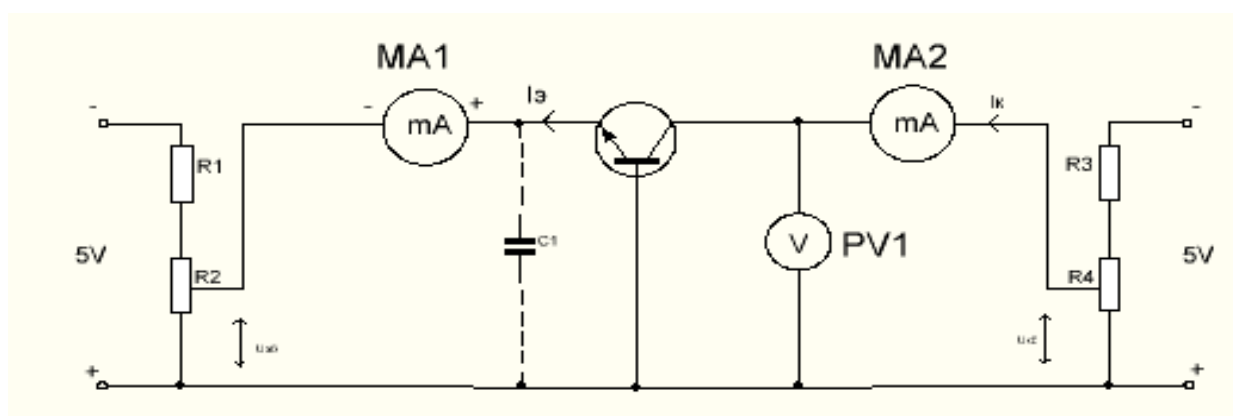
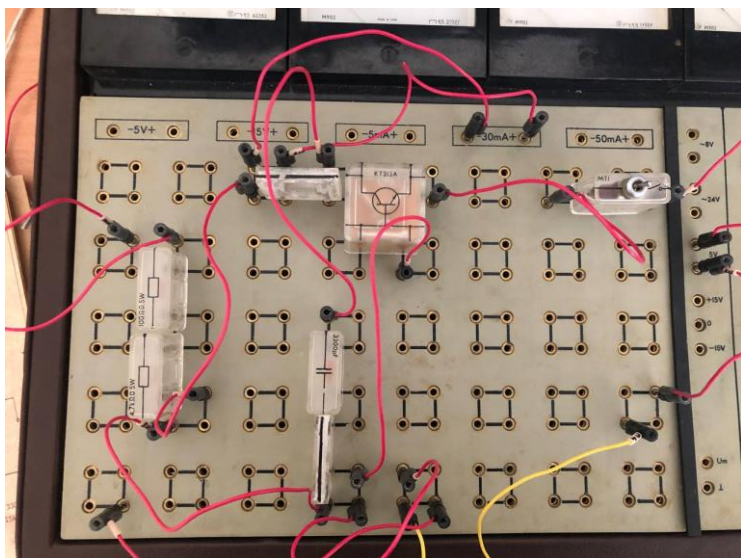


Рис. 5

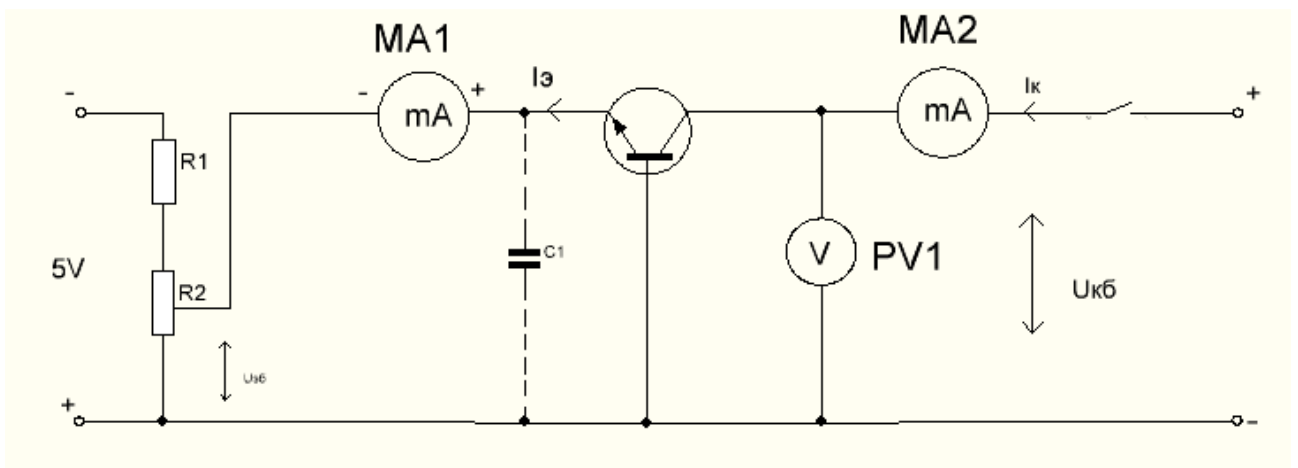
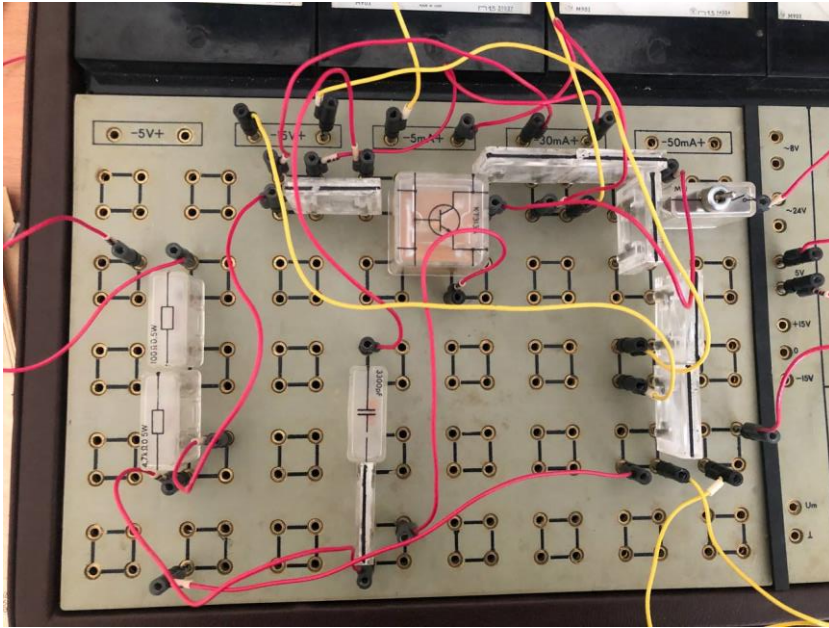
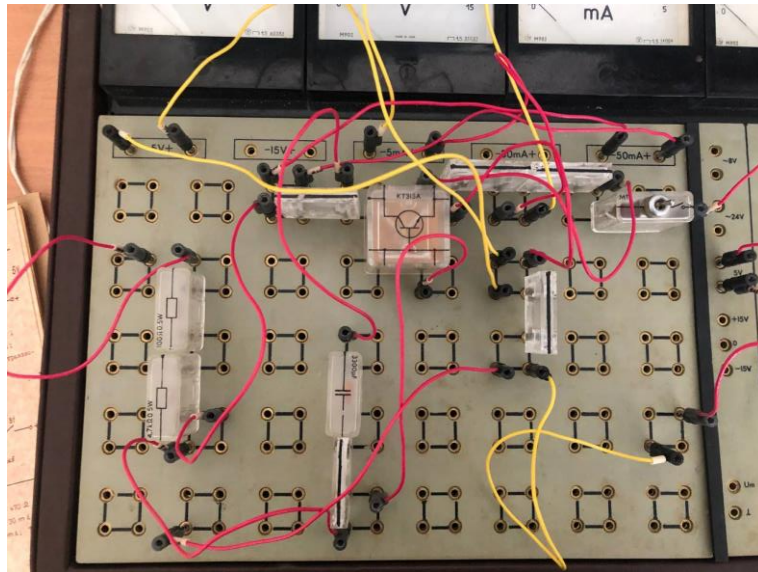
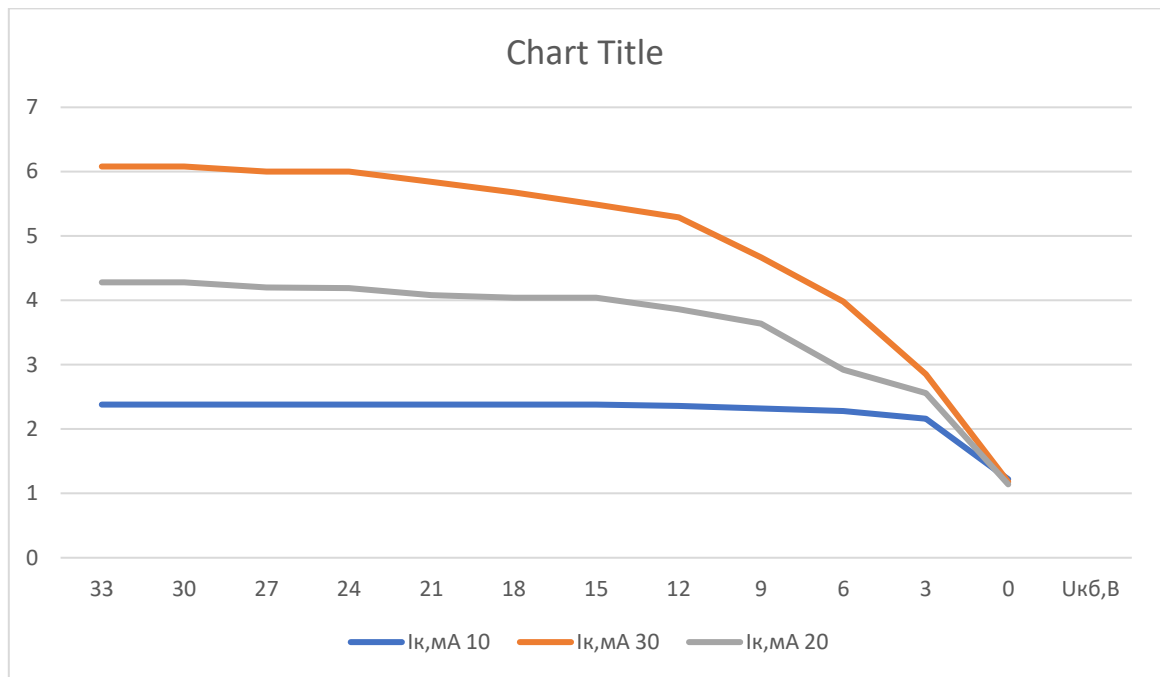


Рис.6



I _e =10		I _e =30		I _e =20	
U _{кб} ,В	I _к ,мА	U _{кб} ,В	I _к ,мА	U _{кб} ,В	I _к ,мА
33	2,38	33	6,08	33	4,28
30	2,38	30	6,08	30	4,28
27	2,38	27	6	27	4,20
24	2,38	24	5,84	24	4,19
21	2,38	21	5,68	21	4,08
18	2,38	18	5,49	18	4,04
15	2,38	15	5,26	15	4,04
12	2,36	12	4,67	12	3,86
9	2,32	9	3,98	9	3,64
6	2,28	6	3,21	6	2,92
3	2,16	3	2,85	3	2,56
0	1,22	0	1,18	0	1,14



Частина друга: Вхідні і вихідні характеристик транзистора у схемі із загальним емітером.

Мета: Ознайомитись зі зняття вхідних і вихідних характеристик транзистора у схемі із загальним емітером та визначення коефіцієнта посилення транзистора.

Хід виконання лабораторної роботи:

1)Зберіть схему згідно з рис. 7:

2)Підключіть схему до гнізд блоку ПГС "+5V" +15V "-0":

3)Змінюючи резистором R1 вхідну напругу ($U_{бе}$) від 0 до 0,9 В, зніміть залежність базового струму (I_b) від напруги база-емітер ($U_{бе}$) при установці колекторної напруги ($U_{ке}$) 0; 5; 10 Вольт.

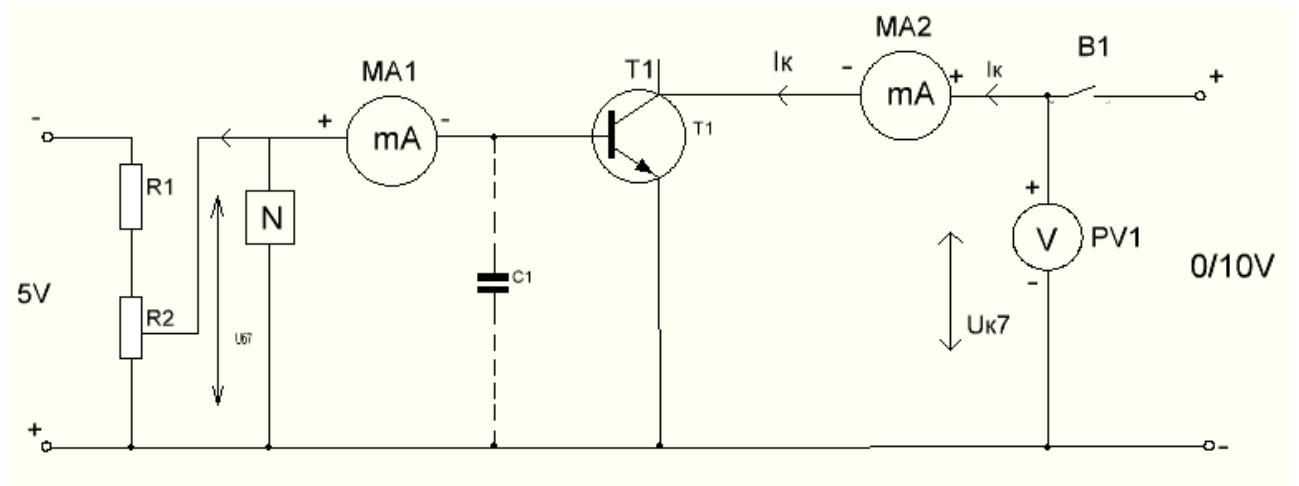
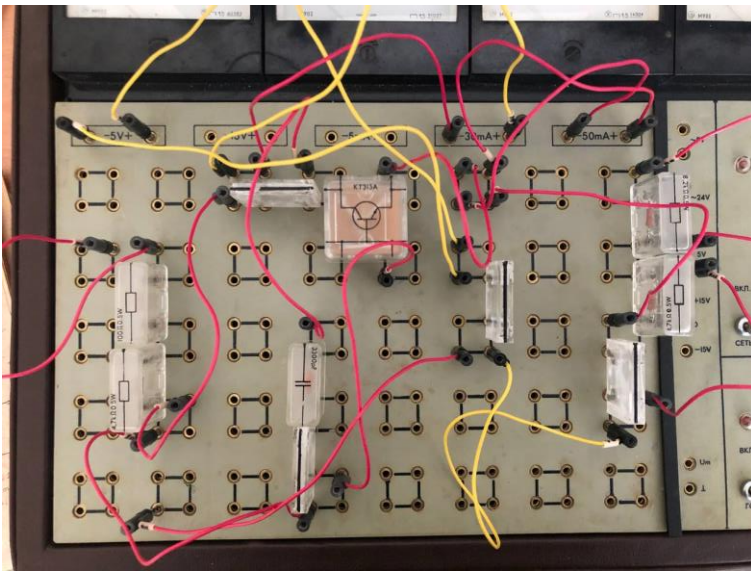


Рис.7



2.3 Дослідження активного напівпровідникового фільтра.

Мета: Ознайомитись з активним напівпровідниковим фільтром.

Хід виконання лабораторної роботи:

- 1) Зберіть схему згідно Рис 8
- 2) Встановивши резистор $R_1 = 22 \text{ кОм}$ підключіть схему до гнізд " $\sim 8\text{V}$ " на блоці ПГС;
- 3) Підключіть вхід "Y" осцилографа паралельно конденсатору C_1 та виміряйте амплітуду пульсацій $U_{\text{вх}} \sim$ та постійну складову вхідної напруги $U_{\text{вх}}$.

4)Переключіть вхід "Y" осцилографа паралельно резистору навантаження R3 та виміряйте амплітуду пульсацій $U_{н\sim}$ та постійну складову напруги навантаження $U_{н=}$:

5)Встановивши значення резистора R1, дорівнює 47 кОм, виміряйте осцилографом $U_{вх\sim}$, $U_{вх=}$, $U_{н\sim}$, $U_{н=}$:

6)Зберіть схему згідно рис. 9, встановивши конденсатор C2 = 10 мкф;

7)Підключіть схему до гнізд " ~ 8V" на блоці ПГС;

8)Підключіть вхід "Y" осцилографа паралельно конденсатору C1 та виміряйте $U_{вх\sim}$ и $U_{вх=}$; перемкніть вхід "Y" осцилографа паралельно резистору навантаження R2 та виміряйте $U_{н\sim}$ и $U_{н=}$;

9)Встановивши значення ємності конденсатора C2, дорівнює 50 мкФ, виміряйте $U_{вх\sim}$, $U_{вх=}$, $U_{н\sim}$, $U_{н=}$:

10)За даними вимірювань обчисліть наступні параметри активного фільтра:

$$\text{коефіцієнт фільтрації } K_f = \frac{U_{вх\sim}}{U_{н\sim}}$$

$$\text{коефіцієнт передачі напруги } \lambda = - \frac{U_{н=}}{U_{вх=}}$$

$$\text{коефіцієнт згладжування } K_z = K_f * \lambda$$

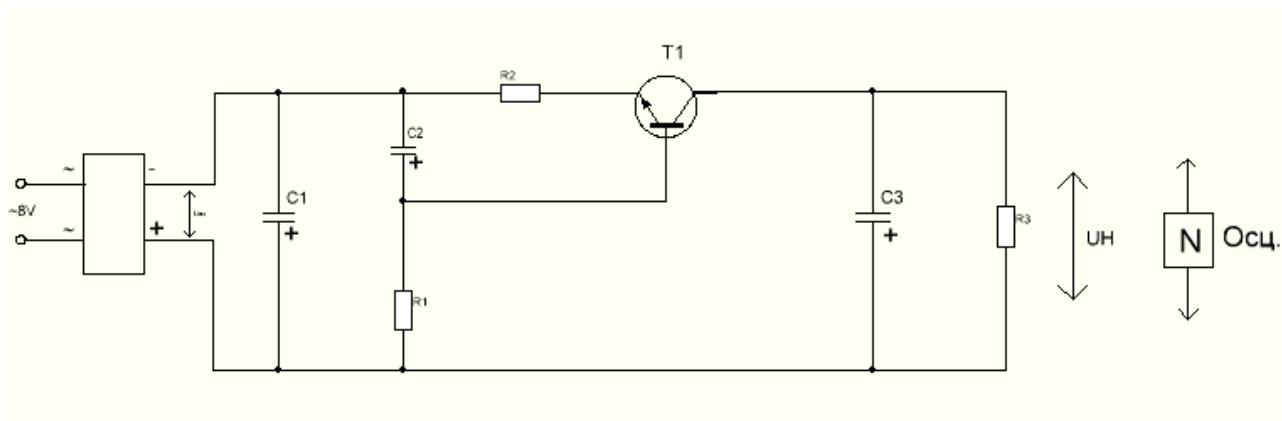
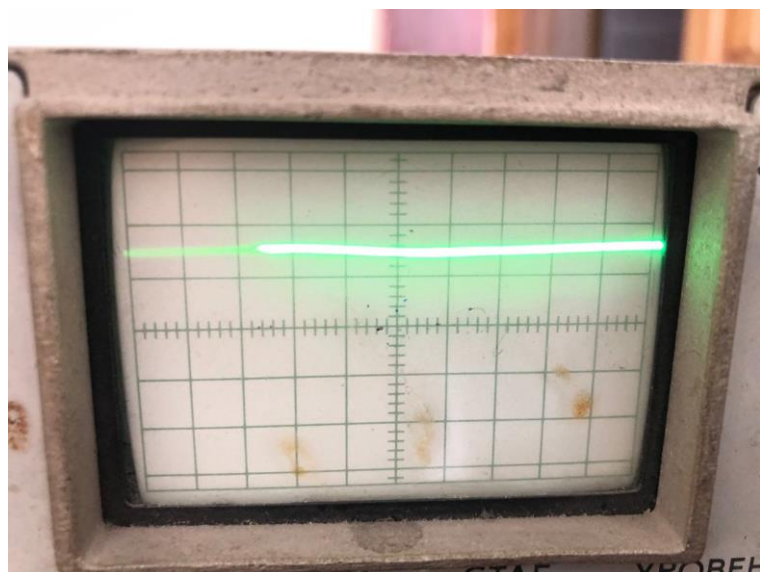
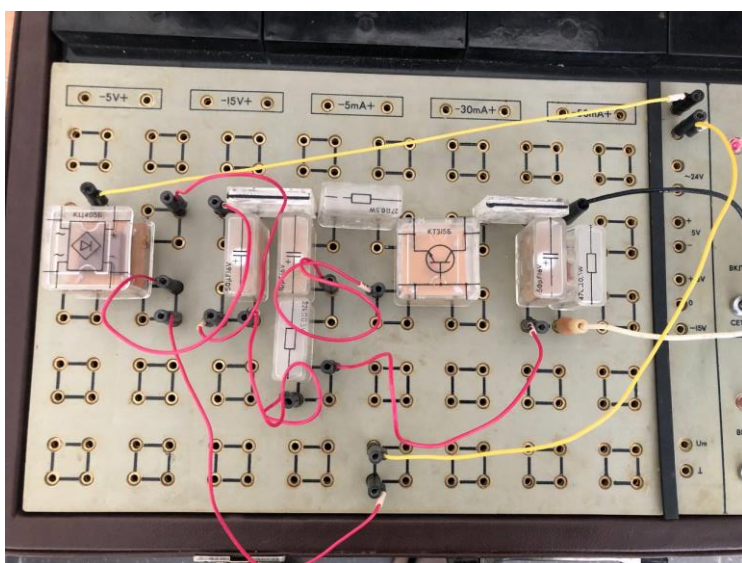


Рис.8



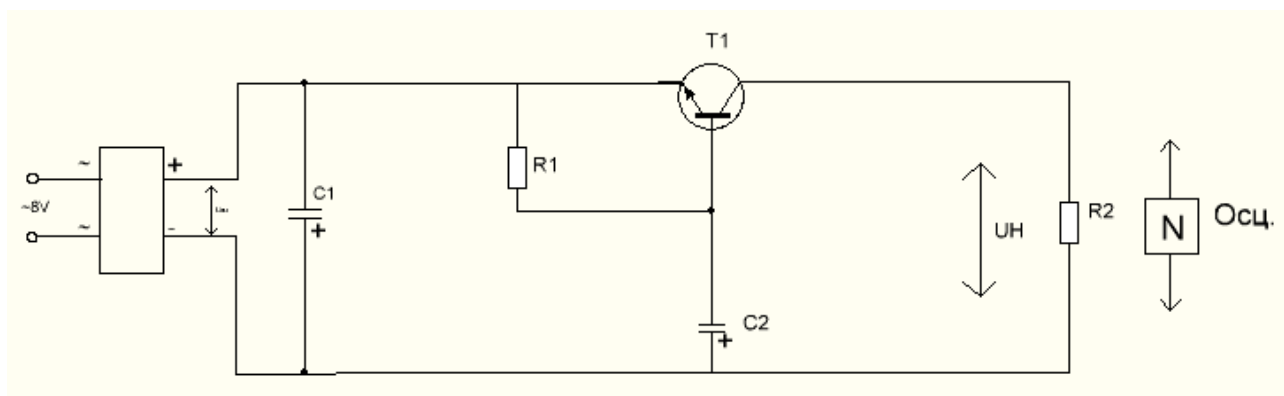
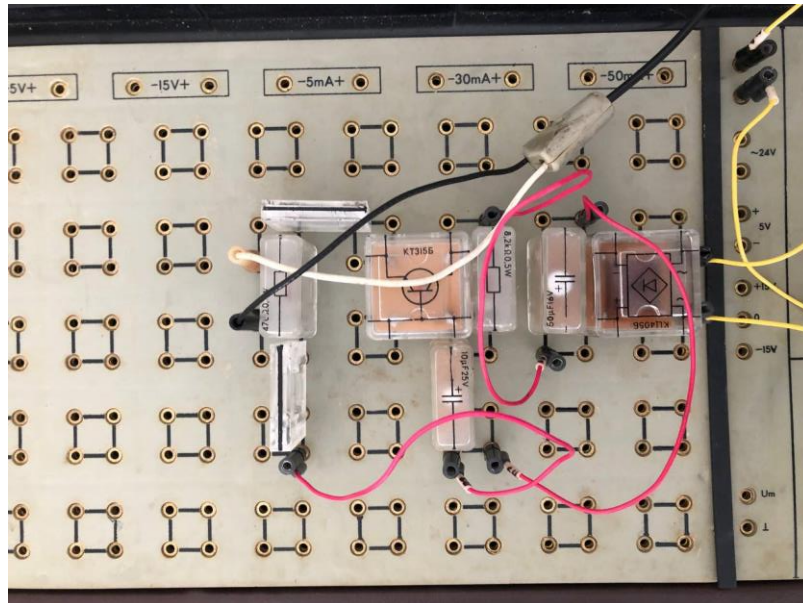
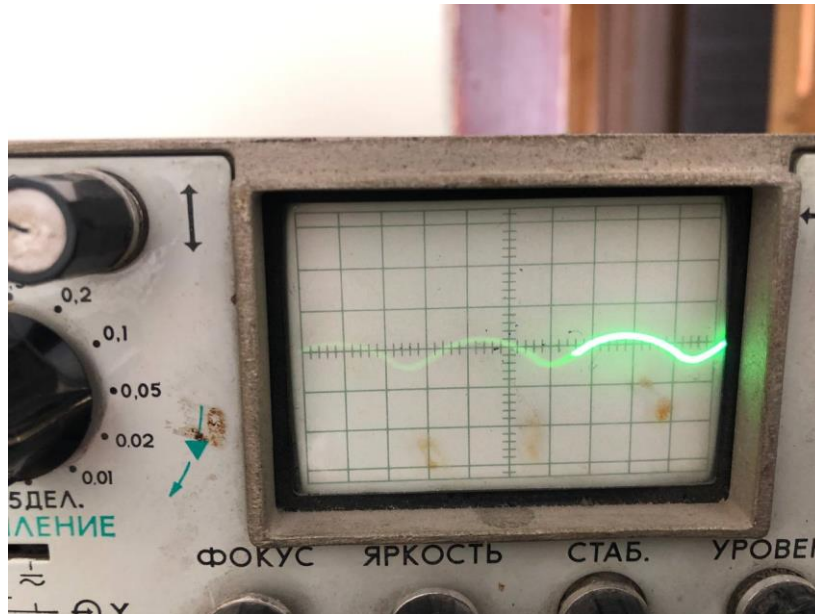


Рис.9





2.4 Дослідження підсилювачів.

Частина I: Принципом роботи підсилювача постійного струму.

Мета: Ознайомитись з принципом роботи підсилювача постійного струму на транзисторі.

Хід виконання лабораторної роботи:

- 1) Зберіть схему двокаскадного підсилювача згідно з рис. 10;
- 2) Підключіть схему до гнізд "Um", "15V", "O" на блоці ПГС;
- 3) Встановіть на блоці ПГС перемикач сигналів у положення "~" частоту - 1000 Гц, тумблер "ГС ВКЛ". - у включене становище;
- 4) Підключіть паралельно резистору навантаження R9 осцилограф і змінюючи амплітуду вхідного сигналу та значення резистора R5 досягайте проходження сигналу у навантаженні без спотворення (вибір робочої точки транзистора Т1);

5) Відключіть на блоці ПГС тумблер “ГС ВКЛ” і за допомогою резистора R2 встановіть нуль напруги на навантаженні; змінюючи напругу живлення підсилювача на $\pm 0,5$, визначте дрейф нуля підсилювача;

6) Увімкніть тумблер “ГС ВКЛ”, і, встановлюючи частоту сигналу 100, 1000, 5000, 10000, 20000 Гц, зніміть залежність коефіцієнта посилення підсилювача $K_u = - \frac{\Delta U_H}{\Delta U_{VX}}$ від частоти сигналу f;

7) Відключіть тумблер “ГС ВКЛ”. і підключіть схему до джерела постійної напруги до гнізд “ $\pm 5V$ ” на блоці ПГС:

8) Змінюючи резистором R2 вхідну напругу на підсилювачі, зніміть залежність напруги на навантаженні U_H від вхідної напруги U_{VX} ;

9) За даними вимірювання побудуйте частотну $K_u=f(f)$ та амплітудну $U_H=f(U_{VX})$ характеристики підсилювача;

10) Визначте дрейф нуля і зніміть частотну і амплітудну характеристики підсилювача.

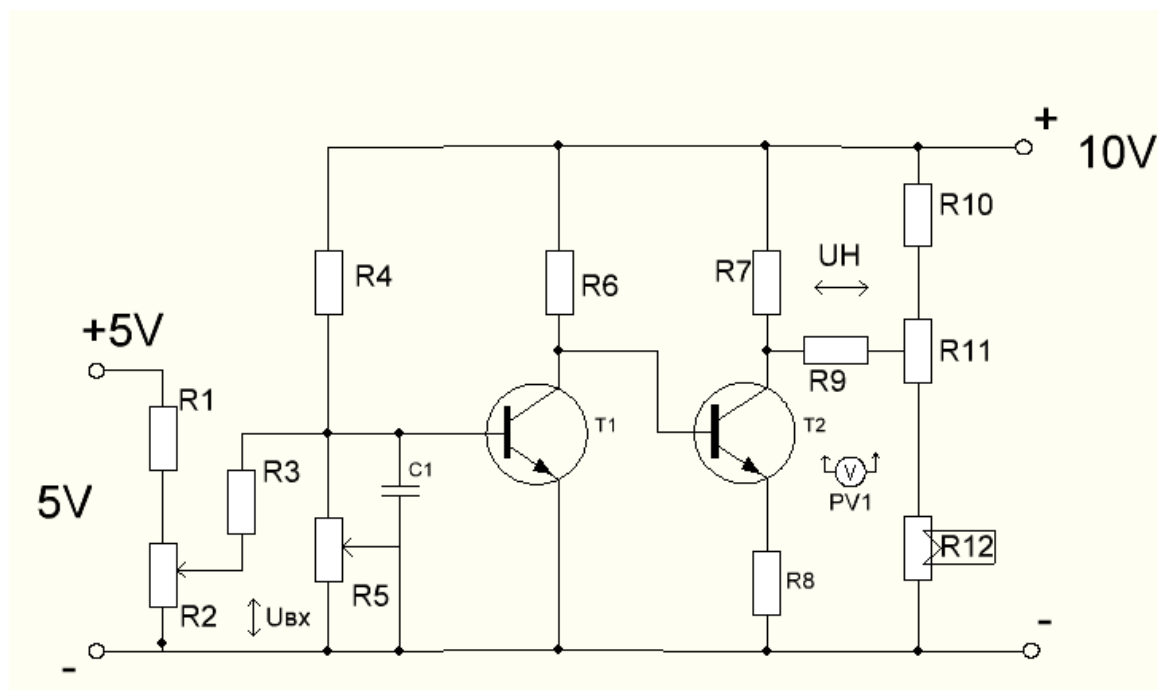
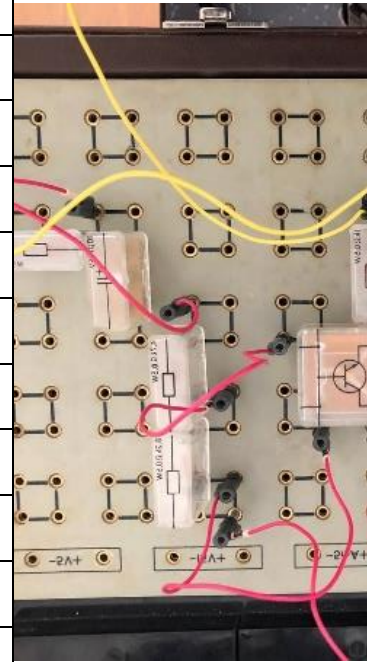
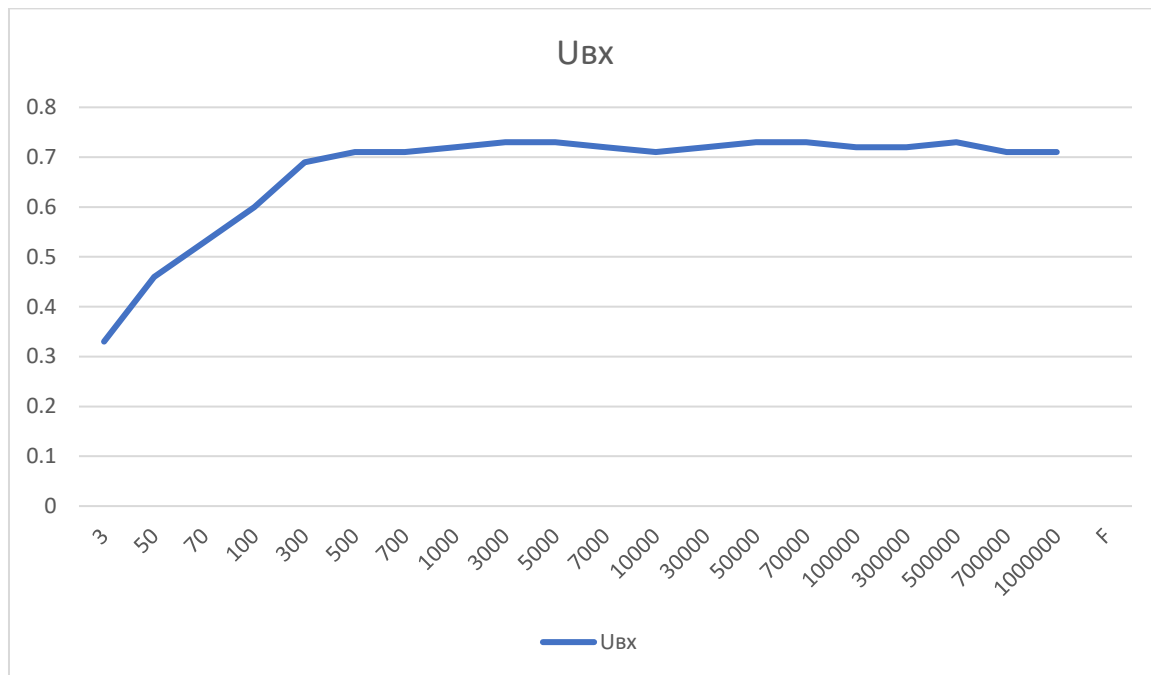


Рис. 10

F	U _{BX}
30	0,33
50	0,46
70	0,53
100	0,60
300	0,69
500	0,71
700	0,71
1000	0,72
3000	0,73
5000	0,73
7000	0,73
10000	0,72
30000	0,73
50000	0,73
70000	0,72



100000	0,72
300000	0,72
500000	0,73
700000	0,71
1000000	0,71



Частина II. Принцип роботи диференціального підсилювача.

Мета: Ознайомитись з принципом роботи диференціального підсилювача постійного струму на мікросхемі:

Хід виконання лабораторної роботи:

1) Зберіть схеми згідно з рис. 11 та встановіть ручками "+15V", "-15V" на блоці ПГС по вольтметру блоку напруги даних джерел 6,3 В, а потім тільки підключіть схему до гнізд "+15V", "-15V", "±5V" ;

2) Визначте дрейф нуля при зміні джерел живлення 0,5 В:

3) Змінюючи резистором R2 напругу, зніміть за допомогою осцилографа залежність вихідної напруги $U_{н}$ від вхідної напруги $U_{вх}$;

4) Підключіть схему до гнізд "Um", встановіть на блоці ПГС перемикач форми сигналів у положення "∞" увімкніть тумблер ГС ВКЛ і подайте на вхід схеми напруга 25 мВ;

5) Встановлюючи на блоці ПГС частоту сигналу 100, 1000, 5000, 10000, 20000 Гц, зніміть за допомогою осцилографа залежність коефіцієнта посилення підсилювача $K_u = - \frac{\Delta U_H}{\Delta U_{ВХ}}$ від частоти сигналу f ;

б) За даними вимірювань побудуйте частотну $K_u = f(f)$ і амплітудну $U_H = f(U_{ВХ})$ характеристики підсилювача

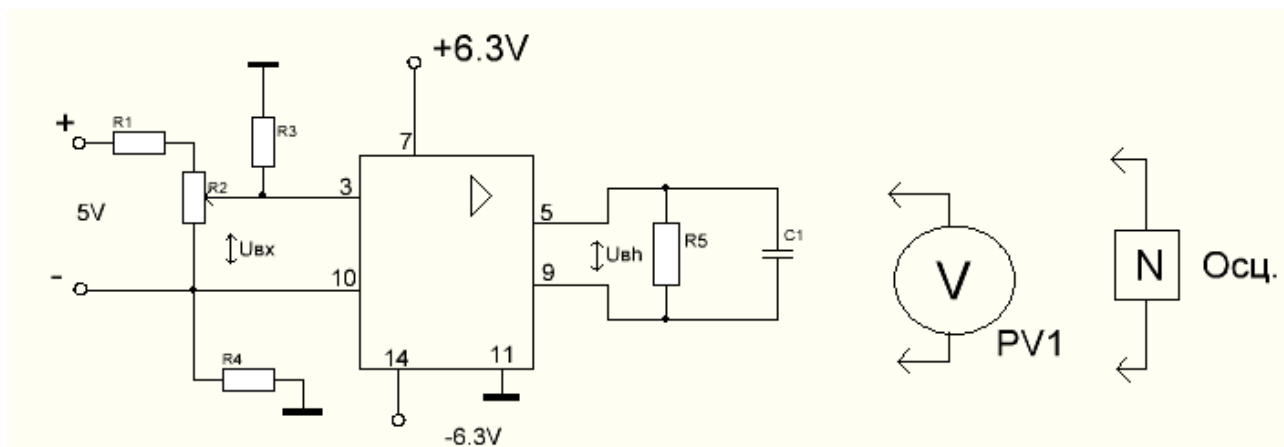
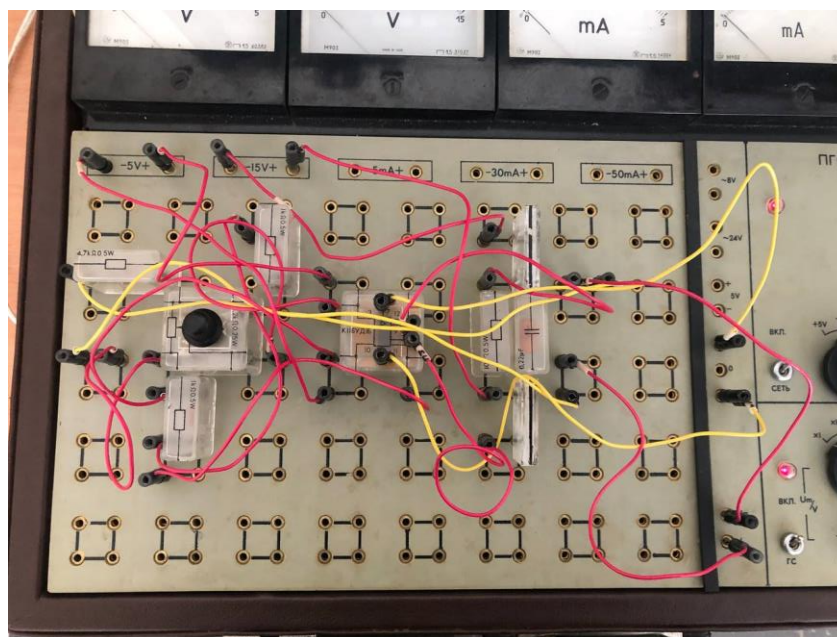
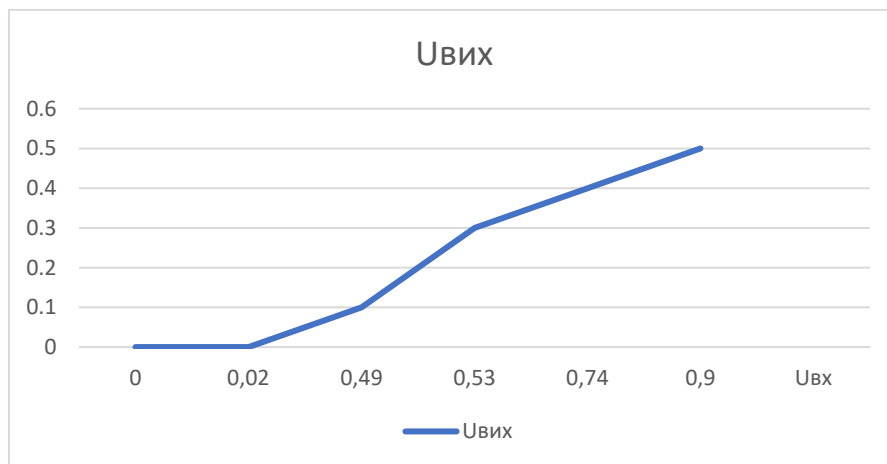


Рис.11



Uвх В	Uвих В
0	0
0,02	0
0,49	0,1
0,53	0,3
0,74	0,4
0,9	0,5



2.5 Дослідження підсилювачів на транзисторі.

Частина I: Принцип роботи підсилювача низької частоти на транзисторі на схемі з загальним емітером.

Мета: Ознайомитись з принципом роботи підсилювача низької частоти на транзисторах.

Хід виконання лабораторної роботи:

- 1)Зберіть схему згідно з рис. 12;
- 2)Підключіть схему до гнізд "+I5V", "0", "Um" та встановіть необхідну напругу живлення;

3) Подайте на вхід підсилювача з блоку ПГС напругу синусоїдальної форми 25 мВ частотою 1000 Гц і, змінюючи величину резистора R2 $U_{вх.}$, досягайте навантаження максимального неспотвореного вихідного сигналу;

4) Змінюючи вхідний сигнал від 0 до обмеження вихідного сигналу, зніміть за допомогою осцилографа амплітудну характеристику підсилювача $U_{вих} = f(U_{вх.})$ частоті вхідного сигналу 200, 1000, 10000 кГц;

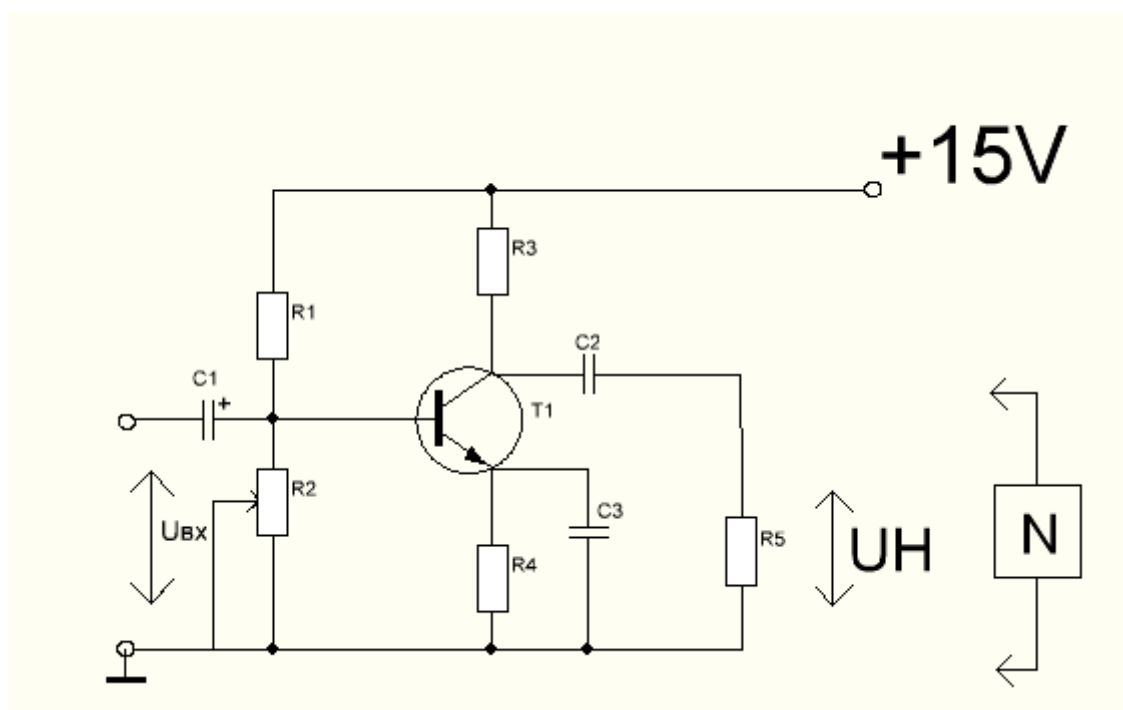
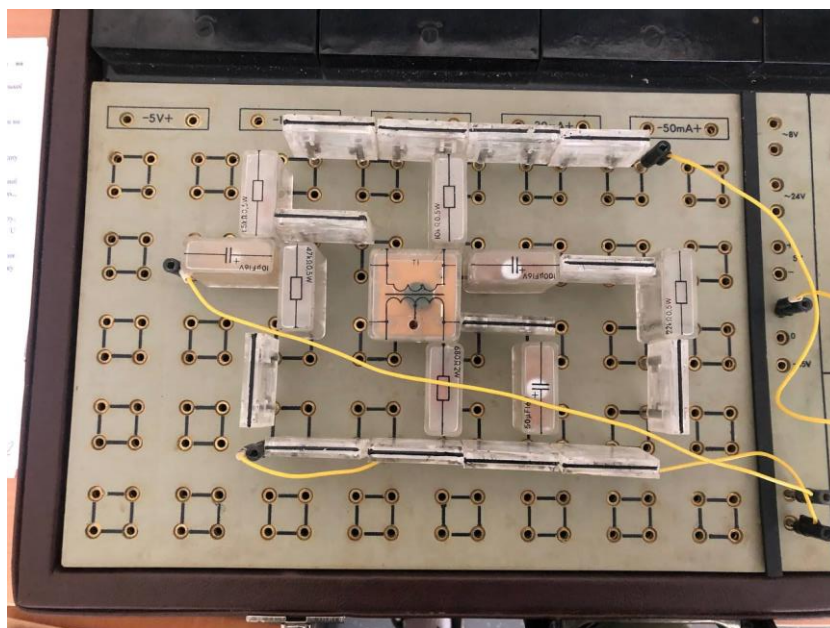
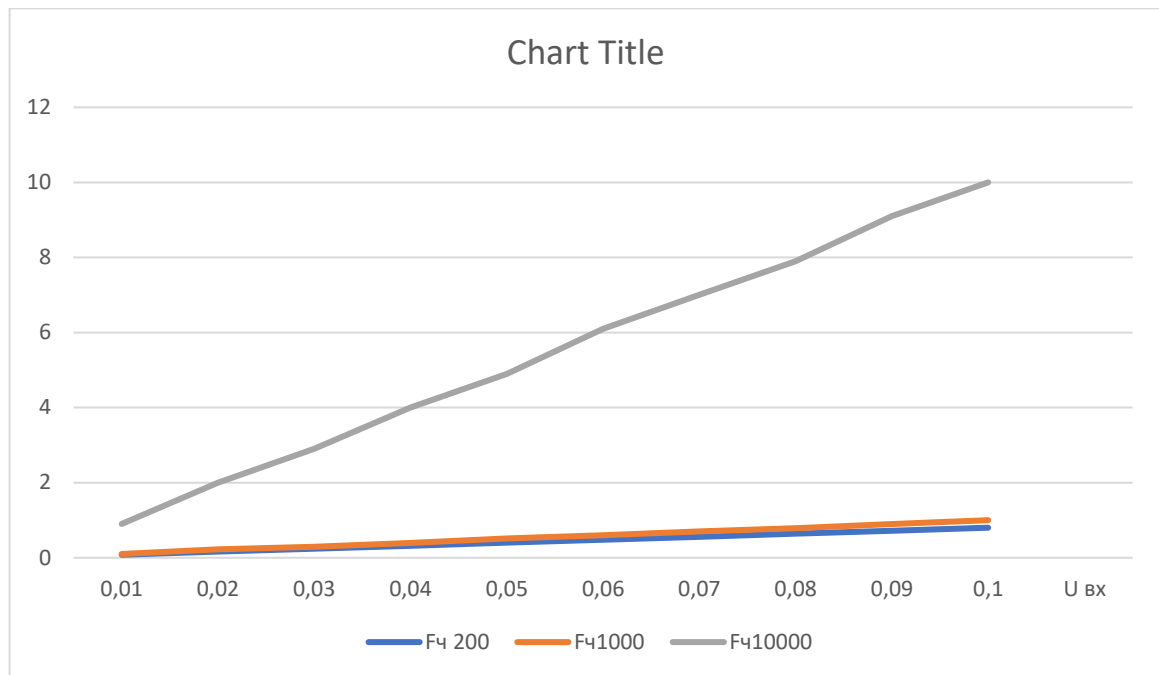


Рис.12



Fч 200		Fч1000		Fч10000	
Uвх	Uвих	Uвх	Uвих	Uвх	Uвих
0,01	0,08	0,01	0,1	0,01	0,9
0,02	0,16	0,02	0,22	0,02	2
0,03	0,24	0,03	0,29	0,03	2,9
0,04	0,32	0,04	0,39	0,04	4
0,05	0,4	0,05	0,51	0,05	4,9
0,06	0,48	0,06	0,6	0,06	6,1
0,07	0,56	0,07	0,7	0,07	7
0,08	0,64	0,08	0,79	0,08	7,9
0,09	0,72	0,09	0,9	0,09	9,1
0,1	0,8	0,1	1	0,1	10



Частина II: Дослідження емітерного повторювача

Мета: Ознайомитись з емітерним повторювачем

Хід виконання лабораторної роботи:

- 1) Зберіть схему згідно з рис. 13:
- 2) на блоці ПГС необхідну напругу живлення та підключіть схему до гнізд "+15V", "0" "Um";
- 3) Встановіть на блоці ПГС перемикач форми сигналу в положення "~" ручками та перемикачами "V" і "HZ" - амплітуду синусоїдального сигналу 2 В частотою 1000 Гц;
- 4) Змінюючи резистор R3, досягайте неспотвореного сигналу на навантаженні R5 (вибір робочої точки транзистора);
- 5) Змінюючи амплітуду вхідного сигналу від 0 до 2, виміряйте за допомогою осцилографа Uвх і Uвих (амплітудне значення);

6) Встановіть на блоці ПГС частоту сигналу 10000 Гц та виміряйте допомогою осцилографа $U_{вх}$ і $U_{вих}$;

7) За даними вимірювань побудуйте амплітудні характеристики $U_{вих} = f(U_{вх.})$

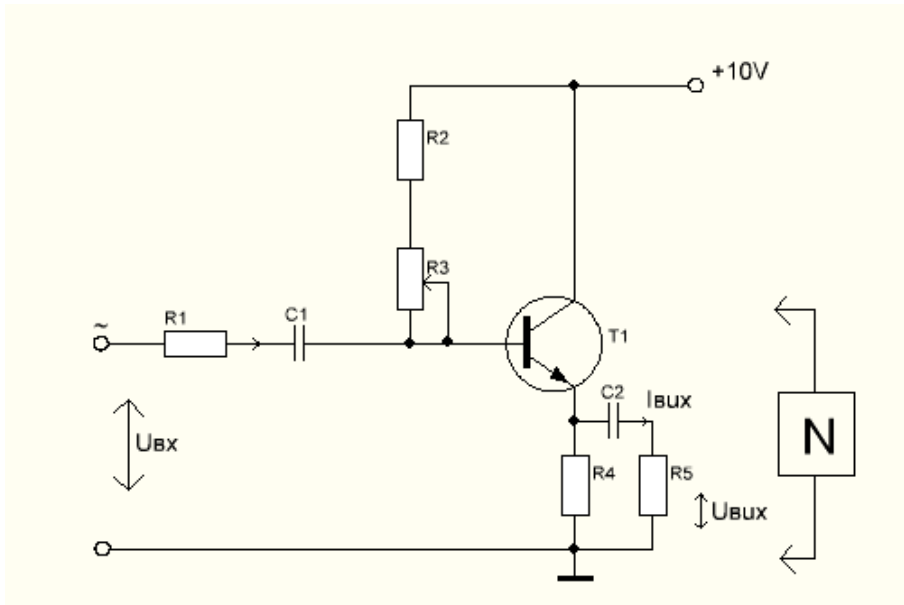
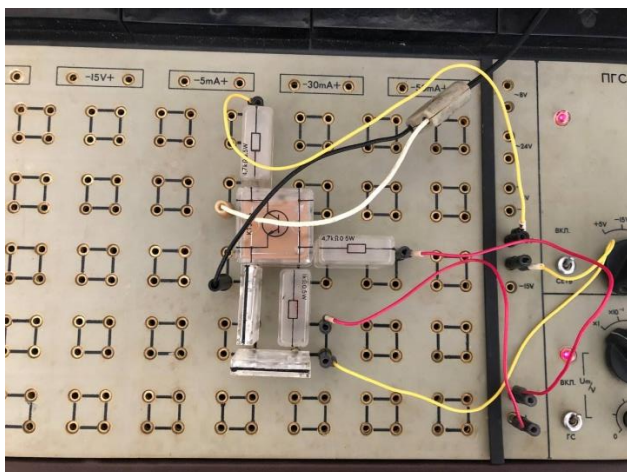
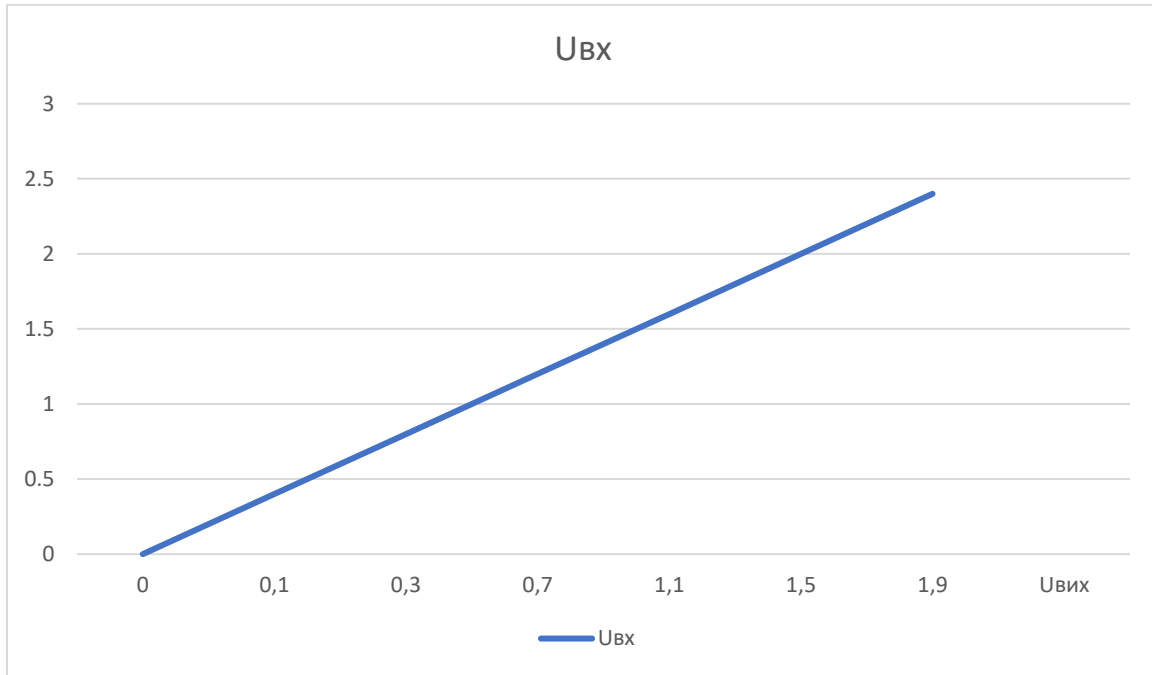


Рис. 13



F _ч 10000	
$U_{вх}$	$U_{вих}$
0	0

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



2.6 Транзисторний ключ

Мета: Ознайомитись з принципом роботи транзисторного ключа на практиці.

Хід виконання лабораторної роботи:

Частина I: Транзисторний ключ

- 1) Зберіть схему згідно з рис. 14;
- 2) Встановіть необхідну напругу живлення на блоці ПГС, потім підключіть схему до гнізд "+15V", "0", "Um";
- 3) Встановіть на блоці ПГС перемикач форми сигналів у положення " ∞ " та підключіть до виходу осцилограф; підключіть на вхід схеми сигнали

прямокутної форми амплітудою 3 В, тривалістю 1 мс і замалуйте осцилограму вихідної напруги транзисторного ключа (при $U_{вх} = 0$ вихідне напруження дорівнює напруги живлення схеми) 14.

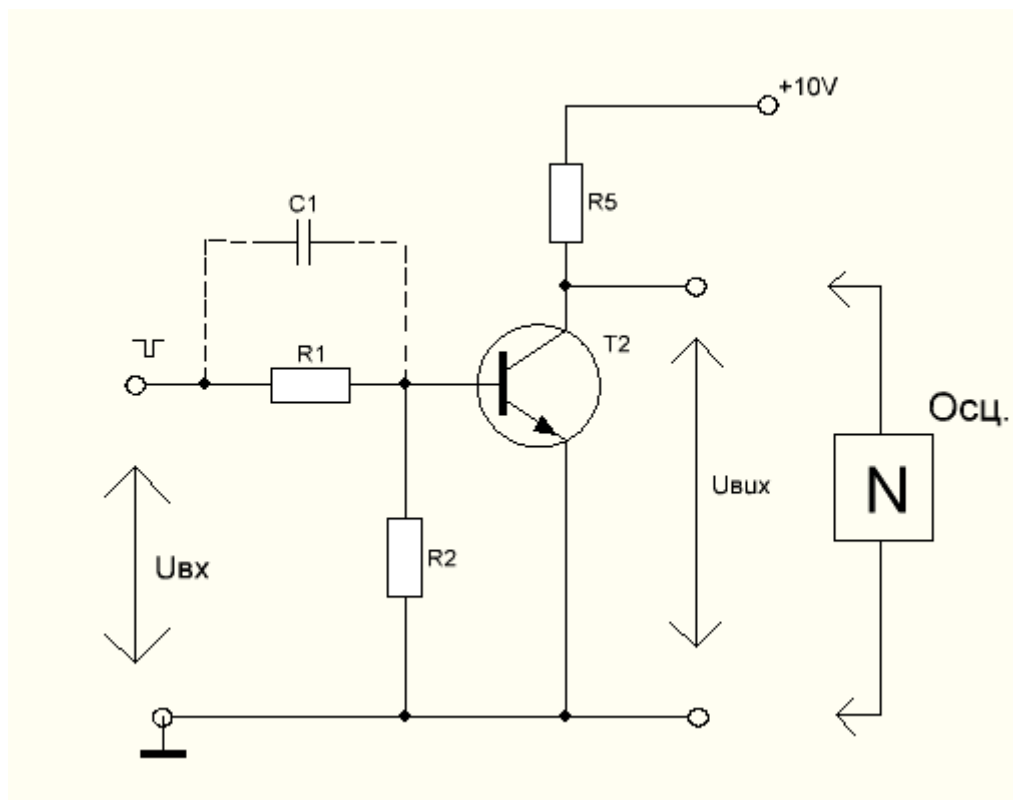
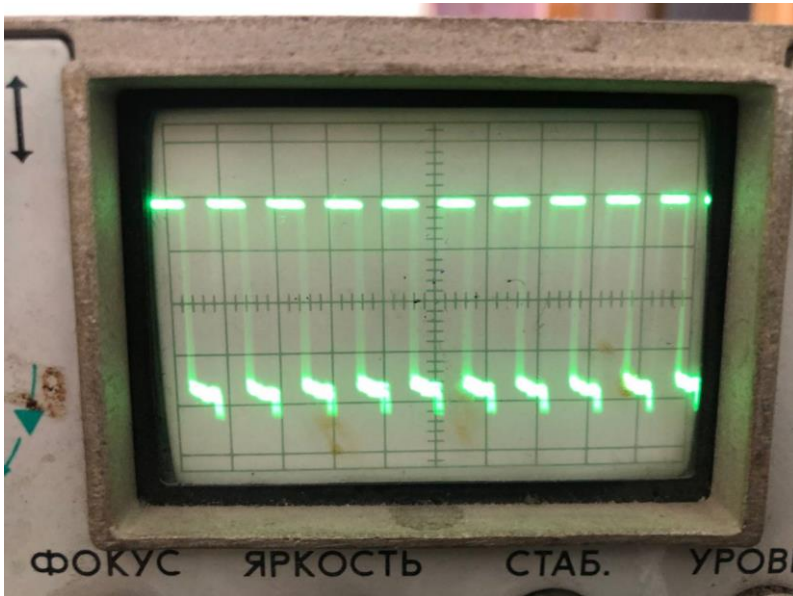
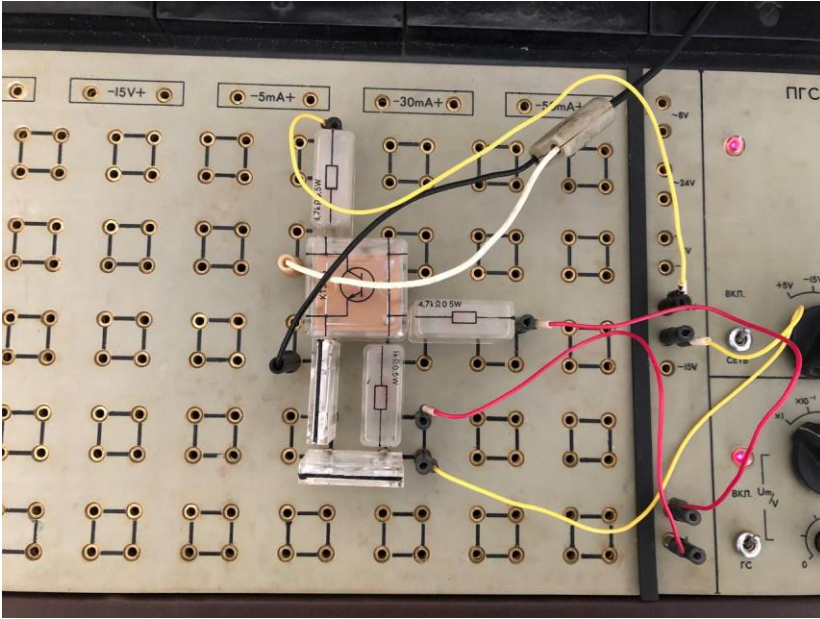


Рис.14



Частина друга: Дослідження підсилювача-обмежувача

Хід виконання лабораторної роботи:

- 1) Зберіть схему згідно з рис. 15
- 2) Встановіть необхідну напругу живлення на блоці ПГС, потім підключіть схему та гнізда "+15 V", "0", "Um";

- 3) Встановіть на блоці ПГС перемикач форми сигналів положення " ∞ " і підключіть на вхід схеми осцилограф;
- 4) Подайте на вхід схеми синусоїдальну напругу амплітудою 0,5 - 1 частотою 1000 Гц;
- 5) Змінюючи резистор R4 та вихідну напругу, досягайте симетричного двостороннього обмеження сигналу;
- 6) Подаючи на вхід схеми сигнали амплітудою від 250 мВ до 3В частотою 1000, 10000 Гц, виміряйте амплітуду вихідного сигналу, Тривалість імпульсу та фронту (для обмеженого сигналу) і замалюйте осцилограми.

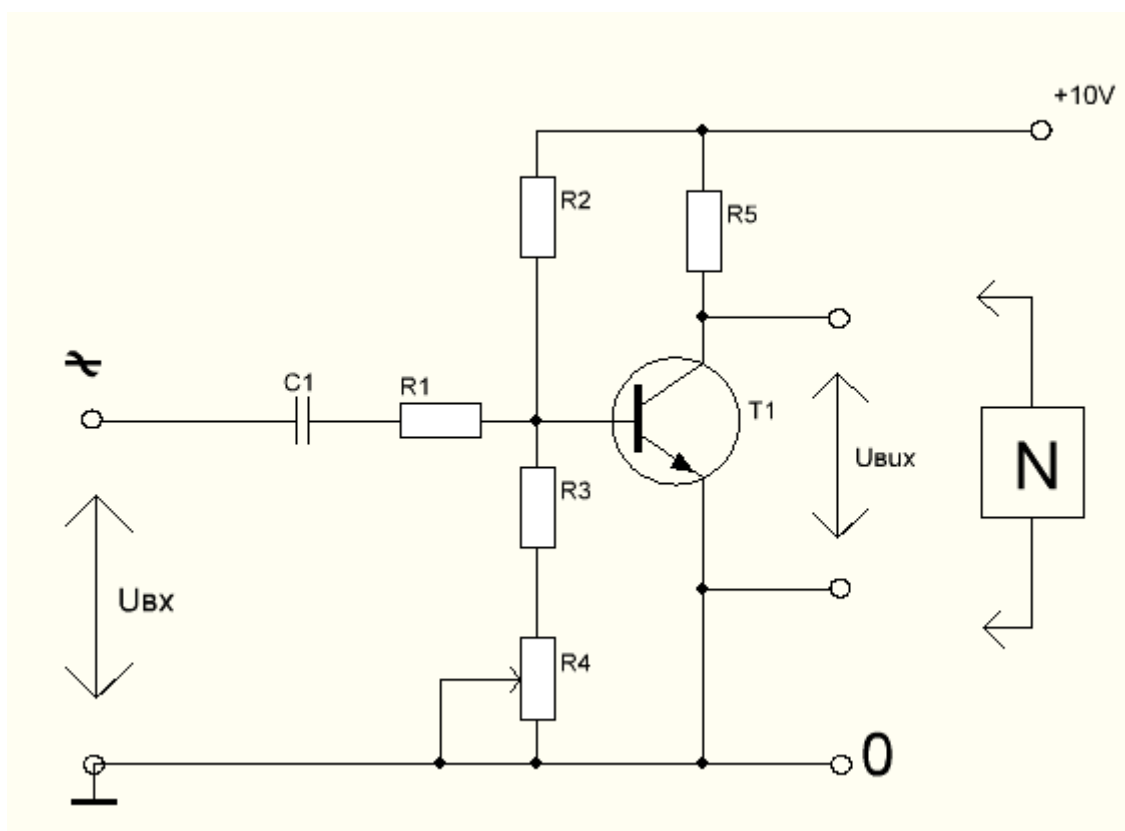
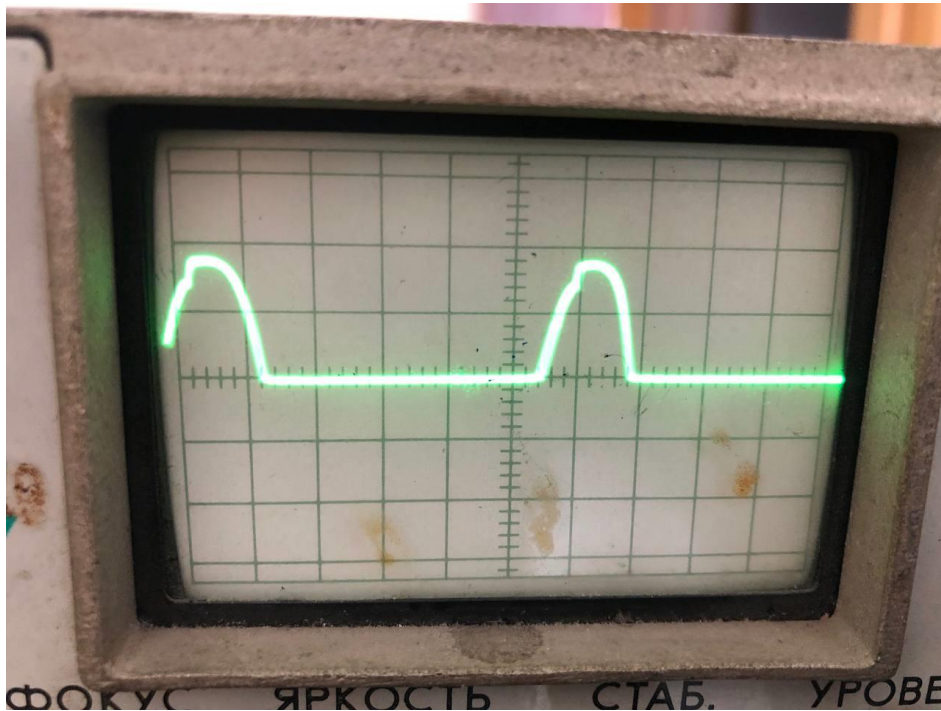
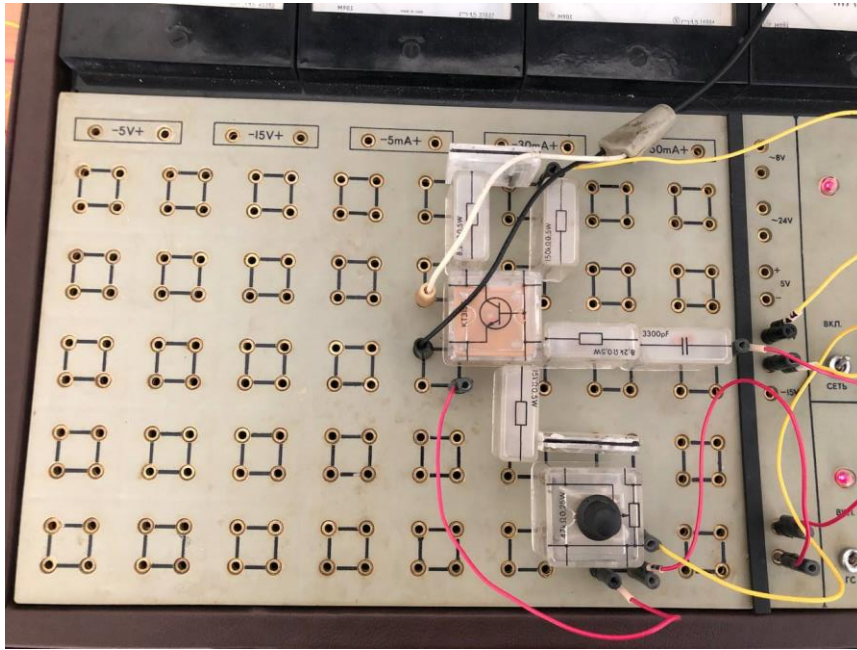
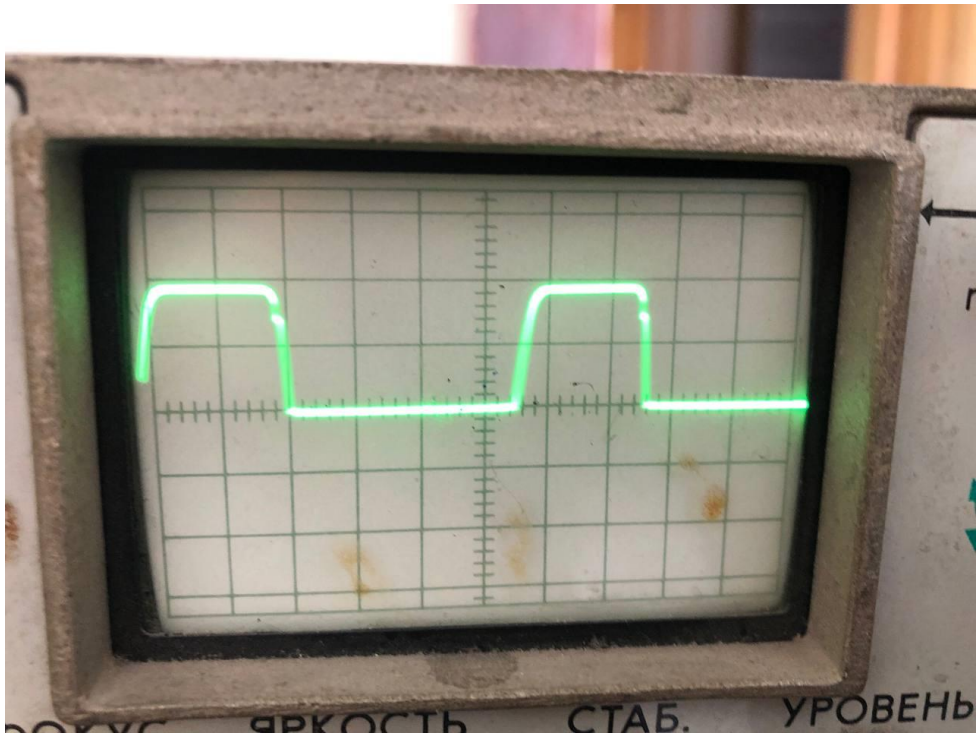


Рис.15





Висновок:

В результаті виконання даного проекту було:

Розроблені принципові електричні схеми функціональних аналогових пристроїв на основі стабілітронів та біполярних транзисторів які використовуються у лабораторному практикумі з дисципліни промислового електронік.

Налагоджені схеми функціональних пристроїв які використовуються в промисловій електроніці та здійснюють аналогове перетворення сигналів.

Розроблені методичні рекомендації порядку виконання лабораторних робіт з наступних тем:

Дослідження стабілізаторів напруги

Дослідження характеристики біполярних транзисторів.

Дослідження активного напівпровідникового фільтра.

Дослідження підсилювачів.

Дослідження підсилювачів на транзисторі.

Дослідження транзисторного ключа.

Перевірено функціональність розроблених пристроїв відповідно до методичних рекомендацій по виконанню лабораторного практикуму.

Додаток

Особливості ураження електричним струмом

Чинники, що впливають на тяжкість ураження людини електричним струмом, поділяються на три групи: електричного характеру, неелектричного характеру і чинники виробничого середовища. Основні чинники електричного характеру — це величина струму, що проходить крізь людину, напруга, під яку вона потрапляє, та опір її тіла, рід і частота струму. Величина струму, що проходить крізь тіло людини, безпосередньо і найбільше впливає на тяжкість ураження електричним струмом. За характером дії на організм виділяють:

— відчутний струм — викликає при проходженні через організм відчутні подразнення;

— невідпускаючий струм — викликає при проходженні через організм непереборні судомні скорочення м'язів руки, в якій затиснуто провідник;

— фібриляційний струм — при проходженні через організм викликає фібриляцію серця.

Відповідно до наведеного вище: — пороговий відчутний струм (найменше значення відчутного струму) для змінного струму частотою 50 Гц коливається в межах 0,6—1,5 мА і 5—7 мА — для постійного струму;

— пороговий невідпускаючий струм (найменше значення не—відпускаючого струму) коливається в межах 10—15 мА для змінного струму і 50—80 мА — для постійного;

— пороговий фібриляційний струм (найменше значення фібриляційного струму) знаходиться в межах 100 мА для змінного струму і 300 мА для постійного.

Гранично допустимий струм, що проходить крізь тіло людини при нормальному (неаварійному) режимі роботи електроустановки, не повинен перевищувати 0,3 мА для змінного струму і 1 мА для постійного.

Величина напруги, під яку потрапляє людина, впливає на тяжкість ураження електричним струмом в тій мірі, що зі збільшенням прикладеної до тіла напруги зменшується опір тіла людини. Останнє призводить до збільшення струму в мережі замикання через тіло людини і, як наслідок, до збільшення тяжкості ураження.

Чинниками виробничого середовища, які впливають на небезпеку ураження людини електричним струмом, є температура повітря в приміщенні, вологість повітря, запиленість повітря, наявність у повітрі хімічно активних домішок тощо. За чинниками виробничого середовища ПУЗ виділяють такі типи приміщень:

- гарячі, температура в яких впродовж доби перевищує 35 С;
- сухі, відносна вологість в яких не перевищує 60%, тобто знаходиться в межах оптимальної за гігієнічними нормативами;
- вологі, відносна вологість в яких не перевищує 75%, тобто знаходиться в межах допустимої за гігієнічними нормативами;
- сирі, відносна вологість в яких більше 75%, але менше вологості насичення;
- особливо сирі, відносна вологість в яких близька до насичення, спостерігається конденсація пари на будівельних конструкціях, обладнанні;
- запилені, в яких пил проникає в електричні апарати та інші споживачі електроенергії і осідає на струмовідні частини, при цьому такі приміщення діляться на приміщення зі струмопровідним і неструмопровідним пилом;
- приміщення з хімічно агресивним середовищем, яке призводить до порушення ізоляції, або біологічним середовищем, що у вигляді плісняви утворюється на електрообладнанні.

Вплив електричного струму на організм людини

Протікання струму через тіло людини супроводжується термічним, електролітичним та біологічним ефектами.

Термічна дія струму полягає в нагріванні тканини, випаровуванні вологи, що викликає опіки, обвуглювання тканин та їх розриви паром. Тяжкість термічної дії струму залежить від величини струму, опору проходженню струму та часу проходження. За короткочасної дії струму термічна складова може бути визначальною в характері і тяжкості ураження.

Електролітична дія струму проявляється в розкладі органічної речовини (її електролізі), в тому числі і крові, що призводить до зміни їх фізико—хімічних і біохімічних властивостей. Останнє, в свою чергу, призводить до порушення біохімічних процесів у тканинах і органах, які є основою забезпечення життєдіяльності організму.

Біологічна дія струму проявляється у подразненні і збуренні живих тканин організму, в тому числі і на клітинному рівні. При цьому порушуються внутрішні біоелектричні процеси, що протікають в організмі, який нормально функціонує, і пов'язані з його життєвими функціями. Збурення, спричинене подразнюючою дією струму, може проявлятися у вигляді мимовільного непередбачуваного скорочення м'язів. Це, так звана, пряма або безпосередня збурююча дія струму на тканини, по яких він протікає. Разом із цим, збурююча дія струму на тканини може бути і не прямою, а рефлекторною — через центральну нервову систему. Останнє може призвести до серйозних порушень діяльності життєво важливих органів, у тому числі серця та легенів, навіть коли ці органи не знаходяться на шляху проходження струму.

Як реагує на електромагнітне поле організм людини

Електромагнітні поля особливо негативно впливають на організм людини, яка безпосередньо працює з джерелом випромінювання. В діапазоні промислових частот більше негативний вплив на біологічний об'єкт має електрична складова поля.

Найчутливішими до ЕМП є нейродинамічні процеси, які прямо чи побічно перемикають хронобіологічні процеси організму на патологічний або стресовий режим функціонування.

При дії ЕМП на людину можливі гострі та хронічні форми порушення фізіологічних функцій організму. Такі порушення виникають в результаті дії електричної складової ЕМП на нервову систему, а також на структуру кори головного та спинного мозку, серцево-судинної системи. У більшості випадків такі зміни в діяльності нервової та серцево-судинної системи мають зворотній характер, але в результаті тривалої дії вони накопичуються, підсилюються з плином часу, але, як правило, зменшуються та зникають при виключенні впливу та поліпшенні умов праці. Тривалий та інтенсивний вплив ЕМП призводить до стійких порушень в організмі людини та захворювань.

Сумісна дія випромінювань широкого діапазону може викликати окрему радіохвильову хворобу.

Тяжкість її наслідків прямо залежить від напруженості ЕМП, фізичних особливостей різних діапазонів частот, тривалості впливу, умов навколишнього середовища, а також від функціонального стану та стійкості організму до впливу різних чинників, можливостей адаптації. Збільшується ризик виникнення загальних захворювань, захворювань органів дихання, травлення тощо. Це може відбуватися також і за дуже невеликої інтенсивності ЕМП, яка незначно перевищує гігієнічні нормативи.

Результатом дії на організм людини електромагнітних випромінювань в діапазоні 30 кГц – 300 МГц є: загальна слабкість, підвищена втома, порушення сну, головний біль та біль в ділянці серця. З'являється роздратованість, втрачається увага, сповільнюються рухово-мовні реакції.

У разі прямого впливу на око випромінювання відбувається пошкодження рогівки. серед усіх тканин ока найбільшу чутливість в діапазоні 1-10 ГГц має кришталік. Сильні пошкодження кришталіка зумовлені тепловим впливом НВЧ (при щільності потоку енергії понад 100 мВт/см²). За малої інтенсивності

помутніння спостерігаються тільки у задній ділянці, за великої – по всьому об'єму кришталіка. Для попередження професійних захворювань, які виникають у результаті тривалої дії електромагнітних випромінювань, встановлені гранично допустимі рівні електромагнітних випромінювань, які необхідно контролювати не рідше 1 разу на рік. Якщо вводиться в дію новий об'єкт або здійснюється реконструкція діючих об'єктів, то заміри рівня електромагнітних випромінювань проводяться перед введенням їх в експлуатацію

Робота з електровимірювальними приладами та високою напругою

Розміщення і монтаж стаціонарних електровимірювальних приладів повинні здійснюватись відповідно до таких правил:

1. Для забезпечення безпеки працюючих у відповідності з вимогами правил встановлення електроустановок повинні бути встановлені заземлюючі пристрої, до яких надійно повинні бути підключені металеві частини електроустановок і корпуси електрообладнання, які внаслідок пошкодження ізоляції можуть бути під напругою. Заземлення необхідне:
 - а) при напрузі 500В і вище змінного і постійного струму у всіх випадках,
 - б) при напрузі 36В і вище змінного струму і 100В постійного в приміщеннях з підвищеною небезпекою,
 - в) при всіх напругах змінного і постійного струму в вибухонебезпечних приміщеннях.
2. Вимикачі, магнітні пускачі, регулюючі пристрої і т. п. повинні мати надпис та маркування, які вказують до якого пристрою відноситься.
3. На приводах комутаційних апаратів повинні бути явно вказані положення “включено і виключено”.

4. В лабораторії повинні бути первинні засоби вогнегасіння – вогнегасник, ящик з піском, шерстяна ковдра або брезент.
5. Електричний провід повинен мати якісну ізоляцію.
6. Після закінчення робіт необхідно відключити електроенергію, прибрати робоче місце, виключити рубильник, перевірити водопровідні крани.