

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Вагони»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни

***«АВТОМАТИКА ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ УСТАТКУВАННЯ
ВАГОНІВ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ»***

Харків 2012

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку
на засіданні кафедри «Вагони» 25 травня 2009 р., протокол № 13.

Укладачі:
доц. В.В. Бондаренко,
старш. викл. В.М. Петухов

Рецензент
доц. А.П. Горбенко

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт з дисципліни
«Автоматика та автоматизація устаткування вагонів
та технологічних процесів»

Відповідальний за випуск Петухов В.М.

Редактор Решетилова В.В.

Підписано до друку 19.10.09 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,0. Тираж 200. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.
61050, Харків - 50, пл. Фейербаха, 7

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
Українська державна академія залізничного транспорту

Кафедра “Вагони”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

з дисципліни

**«Автоматика та автоматизація устаткування вагонів
та технологічних процесів»**

Харків 2012

ЗМІСТ

	Вступ	4
1	Дослідження схем та елементів систем автоматичного управління і регулювання електрообладнання вагонів	5
6	Дослідження розподільника напруги та мосту опорів	11
3	Визначення основних експлуатаційних характеристик електромагнітних реле	16
4	Визначення вхідних і вихідних характеристик транзистора ...	20
5	Дослідження форми кривої, визначення напруги і струмів у різних точках схеми одно- та двопівперіодного випрямляча ..	26
6	Дослідження характеристик підсилювача	32
	Список літератури	36

ВСТУП

Одним із засобів зменшення собівартості ремонту рухомого складу та підвищення його надійності і довговічності є

автоматизація і роботизація ремонту вагонів.

Впровадження автоматичних станків, машин і механізмів, автоматизованих поточних ліній підвищує ефективність виробництва, створює найбільш сприятливі умови виконавцям робіт у вагонних депо, постійно удосконалює технологічні процеси ремонту вагонів і їх частин, вводить в експлуатацію нові високовиробничі машини і механізми, підвищує кваліфікацію робітників, широко впроваджує найбільш прогресивні методи ремонту вагонів.

Організація ремонту вагонів, їх вузлів і деталей на автоматизованих і механізованих поточно-конвеєрних лініях є одним із головних напрямків прискорення науково-технічного прогресу в вагоноремонтному виробництві.

Дані методичні вказівки дозволяють ознайомитись з основною елементною базою автоматичних систем та засобів, які широко застосовуються у вагонному господарстві.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМ ТА ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ І РЕГУЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ВАГОНІВ

Мета роботи: навчитися читати та аналізувати схеми автоматичного управління та регулювання електрообладнання вагонів.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Схема – це конструкторський документ, в якому у вигляді умовних зображень або позначень показані складові частини виробу, а також зв'язки між ними.

Згідно з ГОСТ 2.701-84, схеми залежно від видів елементів і зв'язків, які входять у склад виробу, поділяються на види, перелік яких подано в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Види схем

Вид схеми	Шифр виду	Вид схеми	Шифр виду
Електрична	Е	Вакуумна	В
Гідравлічна	Г	Газова	Х
Пневматична	П	Автоматизації	А
Кінематична	К	Комбінована	С
Оптична	Л		

Електрична схема – це графічне зображення елементів електрообладнання та їхніх взаємозв'язків. Для виготовлення (виконання) схем використовують умовні графічні позначення, установлені рядом Держстандартів, що входять в Єдину систему конструкторської документації (ЄСКД). У залежності від призначення електричні схеми розділяють на типи, див. таблицю 1.2. Кожній схемі присвоюють шифр. Він складається з літери, яка визначає вид схеми, і цифри, яка визначає тип схеми (таблиця 1.2). Наприклад, схема електрична принципова – Е3, схема гідравлічна структурна – Г1. Цей шифр обов'язково вказується в основному написі креслення.

Таблиця 1.2 – Типи схем

Тип схеми	Шифр	Призначення схеми
-----------	------	-------------------

	типу	
Структурна	1	Визначає основні функціональні частини виробу, їх призначення і взаємозв'язок
Функціональна	2	Пояснює процеси, які відбуваються в окремих функціональних колах виробу, а також у виробі в цілому
Принципова (повна)	3	Визначає повний склад елементів та зв'язків між ними і дає детальне уявлення про принцип роботи виробу
З'єднань (монтажна)	4	Визначає з'єднання складових частин виробу і показує з'єднувальні дроти, джгути, кабелі, а також місця їх приєднання та вводу
Підключення	5	Показує зовнішні підключення виробу
Загальна	6	Визначає складові частини комплексу і їх з'єднання між собою
Розташування	7	Визначає відносне розташування складових частин виробу, а також дротів, джгутів та кабелів, які їх з'єднують

Принципові схеми пояснюють принципи влаштування та роботи окремих елементів (систем) і в цілому електрообладнання.

Електричні принципи схеми є повними, тому що вони зображують повний склад електрообладнання. Такі схеми є основою для розроблення монтажних схем і креслень.

Монтажні схеми показують взаєморозташування елементів (пристроїв) і порядок електричних з'єднань між ними.

На практиці широко використовуються монтажні схеми підключення електрошкафи і монтажні схеми провідного з'єднання (проводи) внутрішнього і підвагонного електрообладнання. Вони визначають проводи, джгути, кабелі, якими здійснюються з'єднання. На монтажних схемах показані позиційні позначення елементів (пристроїв) і їхня нумерація відповідно до принципової схеми, а також адреси приєднань. Для проводів указується марка, перетин, а для кабелів – кількість і перетин жил, а також кількість зайнятих жил. Розташування елементів (пристроїв), зображених на монтажних схемах, відповідають їхньому дійсному розташуванню в

електрошафів у вагоні (під вагоном).

Для читання електричних принципівих схем необхідно знати:

- основні графічні умовні позначення елементів (пристроїв) і маркування (позначення) їх у схемах;
- принципи дії, влаштування і режими роботи елементів (пристроїв), зображених на схемі;
- умови узгодженості робочих параметрів елементів (пристроїв), при яких забезпечується працездатність схеми в цілому.

При цьому слід пам'ятати:

- горизонтальні лінії на схемі – лінії напруг, вертикальні – струмові лінії;
- електричний струм існує тільки в замкнутому колі і протікає по зовнішньому колу від «плюса» («+») затискача до «мінуса» («-») затискача джерела живлення, а у внутрішньому колі джерела від «-» до «+»;
- цифри (букви з цифрами) над лініями (уздовж ліній) позначають номер сполучного проводу (кабелю);
- місце (позицію) розташування елементів (пристроїв) указує номер адресної лінійки. На принципівих схемах вагонів адреси лінійки розміщуються від 1 до 200 (за принципом порядкових номерів).

Порядок читання електричних схем такий:

- ознайомитися з інформацією, що міститься в написах на схемі;
- визначити місце розташування основних систем;
- виділити ділянку (систему), що цікавить на даний момент, визначити електричний зв'язок між елементами даної ділянки (системи), а при необхідності і взаємозв'язок з іншими пристроями;
- чітко визначитися з призначенням і принципом роботи елементів ділянки (системи), із режимом роботи комутаційних апаратів (реле, контакторів, пакетних перемикачів і ін.), з роллю і призначенням допоміжних елементів;
- визначити функцію ділянки схеми (системи) у роботі всього

електрообладнання.

Неоціненну послугу при читанні схем, і особливо при їхньому використанні у своїй практичній діяльності робить знання місця розташування елементів (пристроїв) у електрошафі, у вагоні і під вагоном.

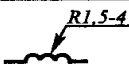
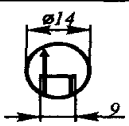

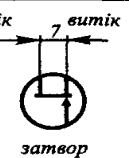

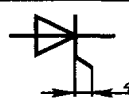
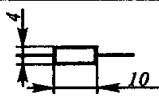
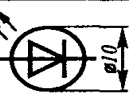
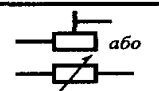
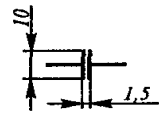
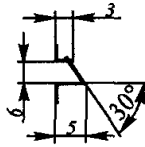
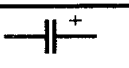
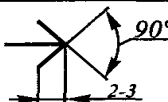

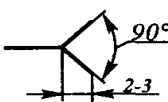
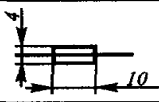
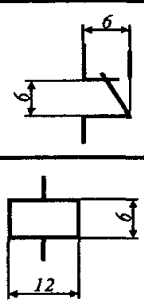
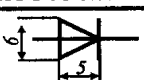
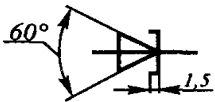

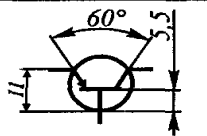
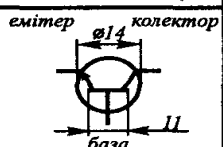
Елементами електричних схем можуть бути резистори, конденсатори, котушки індуктивності, трансформатори, напівпровідникові вироби (діоди, транзистори, тиристори, мікросхеми), лампи, а також елементи комутаційних і контактних з'єднань (вимикачі, контакти, реле).

Елементи електричних схем зображуються на схемі у вигляді умовних графічних позначень, встановлених відповідними стандартами (таблиця 1.3). Дозволяється також зображати їх оберненими на кут 90° , 180° та 270° . Розміри умовних графічних позначень теж задаються відповідними стандартами. Електричні з'єднання між елементами зображуються лініями електричного зв'язку, розташованими у вигляді горизонтальних та вертикальних відрізків з найменшою кількістю зламів і взаємних перетинів.

Умовні графічні позначення елементів і лінії їх електричного зв'язку виконуються на схемах однією і тією ж самою товщиною лінії – 0.2...1 мм. Кожний елемент, який входить у склад виробу, повинен мати літерно-цифрове позиційне позначення. Воно складається з двох частин, які записуються без розділових знаків і пропусків.

Перша частина – літерний код елементів, який визначає його вид згідно з ГОСТ 2.710-81 (одна чи кілька літер латинського алфавіту), наприклад, R - резистор, VT – транзистор, VD – діод або стабілітрон та ін. Друга частина – порядковий номер елементів (одна або кілька арабських цифр). Порядкові номери присвоюють елементам одного і того ж виду, яким присвоєний однаковий літерний код, наприклад, R1, R2, VT1, VT2. Порядковий номер присвоюється елементам, починаючи з одиниці, і далі згідно з послідовністю розташування елементів на схемі – зліва праворуч і зверху донизу (рисунок 1.1).

Таблиця 1.3 – Умовні графічні позначення електронних елементів

Найменування	Умовне графічне позначення	Позначення згідно з ГОСТ 2.710-81	Найменування	Умовне графічне позначення	Позначення згідно з ГОСТ 2.710-81
Котушки індуктивності, дроселі, трансформатори ГОСТ 2.723-68					
Котушка індуктивності, дросель		L	Транзистор (польовий, з каналом р-типу)		VT
Трансформатор напруги з магнітопроводом		TV	Транзистор (польовий, з каналом n-типу)		VT
Трансформатор напруги без магнітопроводу		TV	Пристрої комутаційні і контактні з'єднання ГОСТ 2.755-87		
Резистори, конденсатори ГОСТ 2.728-74			Тиристор		VS
Резистор постійного опору		R	Світлодіод		VD (HL)
Резистор змінного опору		R	Вимикач однополюсний із замикаючим контактом		
Конденсатор постійної ємності		C	Вимикач однополюсний із розмикаючим контактом		SA
Конденсатор оксидний (електролітичний)		C	Контакт рознімного з'єднання (штир)		XP
Конденсатор змінної ємності		C	Контакт рознімного з'єднання (гніздо)		XS
Запобіжник плавкий		FU	Перемикаючий контакт реле		
Прилади напівпровідникові ГОСТ 2.730-73			Котушка реле		K
Діод		VD			
Тунельний діод		VD			
Стабілітрон		VD			
Транзистор (біполярний р-п-р типу)		VT			
Транзистор (біполярний n-р-п типу)		VT			

Примітка: зображення корпусів транзисторів у вигляді кола діаметром 14 мм безкорпусних транзисторів не обов'язкове.

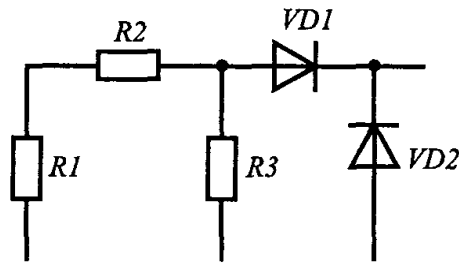


Рисунок 1.1 – Нанесення літерно-цифрових позиційних позначень

ХІД ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- 1 Вивчити схему автоматичного блока систем автоматичного регулювання електрообладнання пасажирського вагона.
- 2 Стисло описати призначення та принцип дії блока системи.
- 3 Записати і нарисувати елементи кожного типу у таблицю 4.

Таблиця 1.4 – Зразок оформлення таблиці звіту

Літерно-цифрове позиційне позначення	Умове графічне позначення	Назва елемента

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

- 1 Як розподіляють електричні схеми за призначенням?
- 2 Як на принципових схемах позначають біполярний транзистор, стабілітрон, тиристор?
- 3 Як створюється літерно-цифрове позиційне позначення ?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛЬНИКА НАПРУГИ ТА МОСТУ ОПОРІВ

Мета роботи: вивчення функціональних вузлів автоматики - розподільника напруг і мосту опорів. Ознайомлення із програмним комплексом Electronics Workbench.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Призначення розподільника напруги (рисунок 2.1) – ділити вхідну напругу відповідно до опору послідовно увімкнених резисторів R1 і R2. Вони утворять два плеча розподільника.

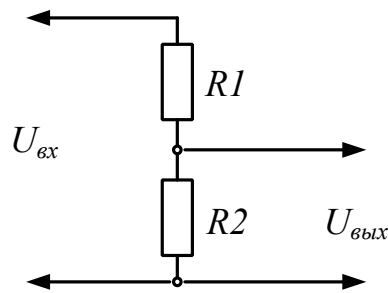


Рисунок 2.1 – Схема розподільника напруги

Якщо опори резисторів рівні, то напруги на них теж рівні ($I_{\partial}R1 = I_{\partial}R2 = U_{\text{вих}}$), тому що $R1 = R2$, де I_{∂} – струм розподільника, що залежить, відповідно до закону Ома, від напруги $U_{\text{вх}}$ і опору послідовно увімкнених резисторів

$$I_{\partial} = \frac{U_{\text{вх}}}{R1 + R2} \quad (2.1)$$

Коефіцієнт розподілу вхідної напруги

$$K = \frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{вих}}} = \frac{I_{\partial}(R1 + R2)}{I_{\partial}R2} = \frac{R1 + R2}{R2} \quad (2.2)$$

Зі співвідношення слідує, що якщо $R1 = R2$, то $K = 2$, тобто вхідна напруга ділиться навпіл.

Зі зменшенням опору резистора R_2 зменшується величина вихідної напруги. У випадку, коли опір резистора R_2 дорівнює нулю, вихідна напруга теж зменшується до нуля. Якщо $R_2 \gg R_1$, то вихідна напруга стає приблизно рівною до вхідної напруги, тому що частка напруги на R_1 стає незначною.

Трохи складніше робота навантаженого розподільника, тобто коли паралельно резистору R_2 підключається вхідний опір навантаження R_n . У цьому випадку величина вихідної напруги залежить від опору R_n . Чим воно менше, тим більше ця залежність.

Розглянемо два крайніх випадки: $R_n = 0$ і $R_n = \infty$. У першому випадку загальний опір паралельно з'єднаних резисторів і R_n також стає рівним нулю, отже, $U_{\text{вих}} = 0$. У другому випадку загальний опір паралельного кола дорівнює опору резистора R_2 , як у ненавантаженого розподільника. При проміжному значенні опору навантаження вихідна напруга буде мінятися від 0 до $U_{\text{вих}} = \frac{U_{\text{вх}} R_2}{R_1 + R_2}$.

Для того, щоб розподіл вхідної напруги здійснювався плавно приблизно пропорційно зміні резисторів R_1 і R_2 , повинна виконуватися умова

$$R_n \gg (R_1 + R_2).$$

Із двох розподільників напруги можна скласти більш складний ланцюг, що називається мостом опорів. Його зображують на схемах по-різному (рисунок 2.2, а). Звичайно використовується схема, показана на рисунку 2.2, б.

До однієї діагоналі мосту підключається постійна напруга, до іншої – вольтметр, підсилювач або який-небудь інший пристрій, що реагує на зміну напруги. Напруга в діагоналі c-d залежить від співвідношення між опором резисторів. Якщо виконується умова, то вона дорівнює нулю, тобто, як говорять, міст збалансований. В окремому випадку ця умова буде виконуватися при рівності всіх чотирьох опорів.

Розподіл напруги в мосту опорів, як і в розподільнику напруги, залежить від опору навантаження.

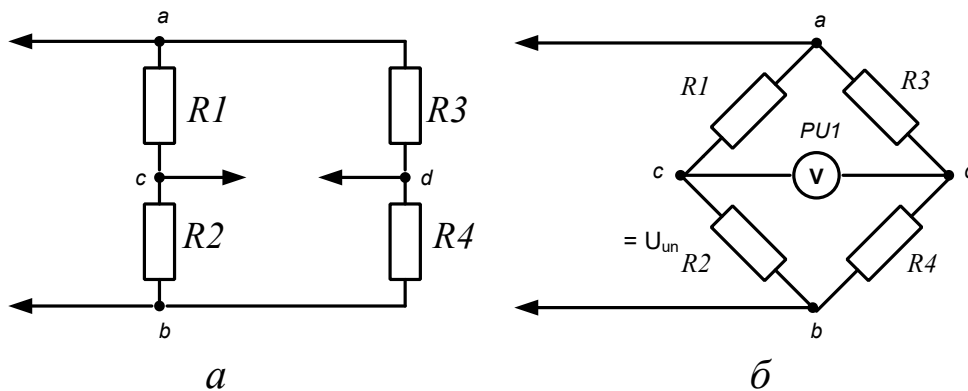


Рисунок 2.2 – Способи зображення мосту опорів

Міст опорів широко використовується в системах вагонної автоматики у ролі елементів порівняння, наприклад, у блоці управління опаленням (БУО). Тут терморезистор включається в одне із плечей мосту (рисунок 2.3) і при розбалансі мосту при зміні температури на вимірювальній діагоналі з'являється напруга.

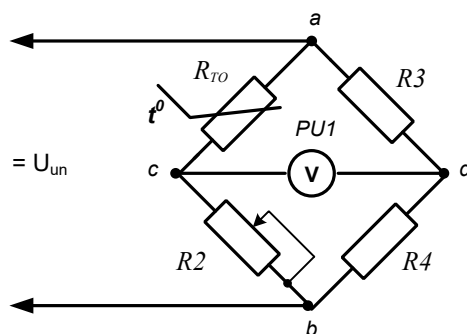


Рисунок 2.3 – Міст опорів з терморезистором

Номінальний ряд опорів резисторів 2-го класу точності (відхилення $\pm 10\%$): 10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82.

ХІД ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- 1 Теоретично визначити коефіцієнт розподілу розподільника напруги за отриманими вихідними даними згідно зі своїм варіантом.
- 2 Визначити опори R_1 і R_2 розподільника.
- 3 За номінальним рядом опорів 2-го класу точності підібрати номінальні значення резисторів R_1 і R_2 і їх потужність розсіювання.

4 У програмному комплексі Electronics Workbench побудувати схему подільника напруги та дослідити схеми, подані на рисунку 2.4.

5 Перевірити результати теоретичних розрахунків.

6 Записати висновок.

7 Скласти міст опорів з терморезистором (рисунок 2.3). Терморезистор може бути будь-якого типу. Номінальне значення змінного резистора вибрати трохи більше опору терморезистора. Збалансувати міст і подивитися, як міняється напруга при зміні опору терморезистора.

8 Записати висновок.

Таблиця 2.1 – Варіанти завдань

Номер варіанта	$U_{вх}, В$	$U_{вих}, В$	I_d, mA
1	220	110	10
2	110	60	20
3	50	42	30
4	220	24	40
5	110	12	50
6	50	9	60
7	220	42	70
8	110	24	80
9	50	12	90
10	220	60	100
11	110	42	110
12	50	6	120

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1 Від чого залежить коефіцієнт розподілу розподільника напруги?

2 Як залежить вихідна напруга розподільника від опору навантаження?

3 Як здійснюється балансування мосту?

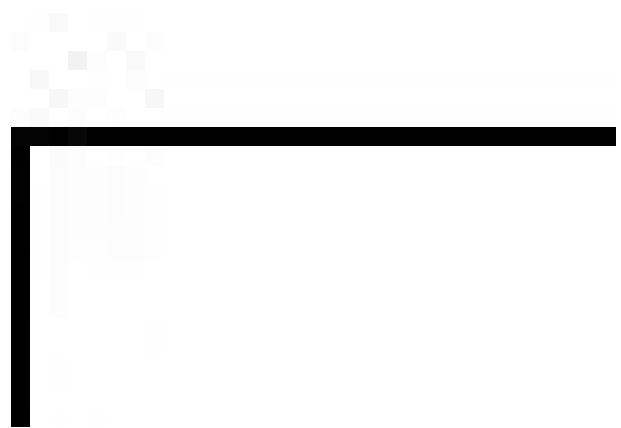


Рисунок 2.4 - Схеми розподільників напруги

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ РЕЛЕ

Мета роботи: вивчення влаштування електромагнітних реле. Визначення їх основних експлуатаційних характеристик.

Устаткування: Макетна плата; джерело живлення 12 В (0,5 А); реле типу РС10; змінний резистор опором 2 кОм; резистор опором 330 Ом; мультиметр; лампа розжарювання СМН 6,3-20; сполучні дроти.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Електромагнітні реле широко використовують у вагонній автоматичній для дистанційного керування різними пристроями.

Електромагнітні реле призначені для комутації електричних кіл постійного і змінного струму великої потужності сигналами меншої потужності. Їх підрозділяють на нейтральні, поляризовані й імпульсні (реле-перемикачі). Основа дії кожного з них полягає в механічному впливі якоря на контактні групи електромагніта (при його притяганні до сердечника).

Нейтральне реле (рисунок 3.1) складається з котушки електромагніта, закріпленого на корпусі – основі магнітної системи, рухомого якоря 2 і контактних груп 4. При подачі керуючого сигналу на обмотку реле якір відхиляється (притягається) до сердечника електромагніта й впливає на контактні групи. Після відключення керуючого сигналу якір і контактні групи повертаються у вихідне положення під дією пружини 3.

Працює електромагнітне реле в такий спосіб. Струм у котушці із сердечником створює магнітне поле, що викликає притягання якоря до сердечника. При цьому якір переміщає контакти, які замикаються або розмикаються залежно від конструкції реле.

Електромагнітні реле відрізняються розмірами й формою сердечника, якоря, числом контактів і інших особливостей. Наприклад, у малогабаритні реле роль поворотної пружини грають

самі контакти.

Рисунок 3.1 – Електромагнітне нейтральне реле

В електромагнітних реле розрізняють первинне коло, у яке включена обмотка, і вторинне – з контактами. Електрично ці кола не зв'язані, вони можуть мати різні джерела живлення, струми й напруги.

Поляризоване реле має постійні магніти, що збільшують його чутливість і дозволяють змінювати напрямок руху якоря.

Це чутливе реле одержало назву поляризованого тому, що напрямок відхилення його якоря залежить від напрямку струму в обмотці.

Імпульсне реле являє собою різновид нейтрального або поляризованого реле. У конструкції імпульсного реле є спеціальні механічні засувки, що дозволяють фіксувати положення якоря реле після закінчення дії керуючого імпульсу, аж до надходження наступного імпульсу керування, що переводить реле в попередній стан. Імпульсні реле більш економічні, ніж нейтральні, тому що для втримання якоря в якомусь положенні не потрібна постійна подача керуючого сигналу.

Варіантом електромагнітного реле є геркон (від "герметизовані контакти"). Геркон складається з контактів, укладених у скляний балон з інертним газом, і котушки електромагніта. Контакти виготовляють із магнітних матеріалів, тому вони притягаються в магнітному полі обмотки. В одному герконі може бути кілька обмоток і кілька балонів з контактами. На відміну від електромагнітних реле, між електромагнітом і контактами немає не

тільки електричної, але й механічного зв'язку. Вона здійснюється на відстані завдяки магнітному полю. Достоїнством герконів є більша надійність роботи контактів, захищених від впливу пилу й вологи. Завдяки відкачці повітря з балона або заповненню його інертним газом різко зменшується іскріння контактів у момент розмикання. Геркони відрізняються від інших електромагнітних реле також високою швидкодією через малу масу контактів.

До основних експлуатаційних характеристик реле ставляться:

- чутливість - мінімальна потужність електричного струму в обмотці реле, що викликає його надійне спрацьовування;
- струм (напруга) спрацьовування – мінімальний струм (напруга), при якому якір забезпечує надійне замикання контактів реле;
- струм (напруга) відпускання – максимальний струм (напруга), при якому забезпечується повне повернення контактів у вихідне положення;
- час спрацьовування (відпускання) – максимальний час із моменту подачі (зняття) сигналу до моменту надійного перемикавання контактів;
- опір електричного контакту – максимальний опір однієї замкнутої контактної пари;
- комутаційна здатність – максимальна потужність, що комутується однією контактною групою при збереженні гарантованого числа спрацьовувань.

ХІД ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- 1 Скласти схему, показану на рисунку 3.2.
- 2 Установивши повзунок реостата R1 у положення, при якому він має максимальний опір, подати на схему напругу живлення.
- 3 Зменшуючи величину опору реостата R1, зафіксувати й записати в лабораторному журналі величини сили струму й напруги, при яких спрацьовує реле K1.
- 4 Збільшуючи опір реостата R1, зафіксувати й записати в лабораторний журнал величини сили струму й напруги, при яким відбувається відпускання реле K1.
- 5 Записати в лабораторний журнал висновки, зроблені на

підставі отриманих результатів вимірів.

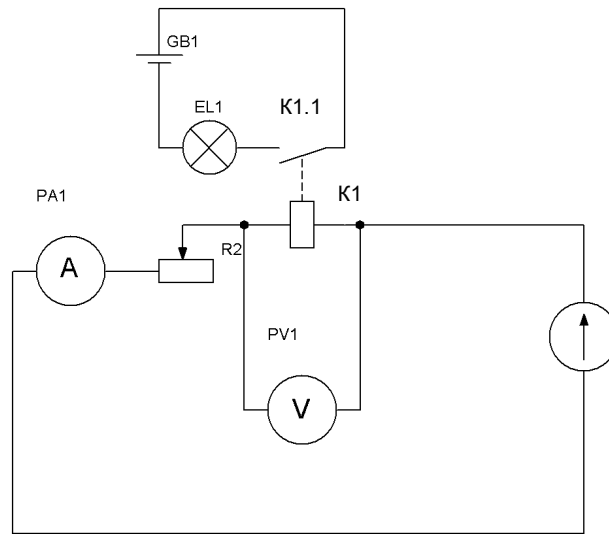


Рисунок 3.2 – Схема для визначення параметрів реле

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

- 1 Чим відрізняється нейтральне реле від поляризованого?
- 2 Назвіть основні характеристики реле.
- 3 На якому фізичному принципі заснована робота електромагнітного реле?
- 4 У чому виявляються підсилювальні властивості електромагнітного реле?
- 5 Що таке струм відпускання електромагнітного реле?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4

ВИЗНАЧЕННЯ ВХІДНИХ І ВИХІДНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНЗИСТОРА

Мета роботи: дослідження вхідних і вихідних характеристик транзистора, ввімкненого за схемою з загальним емітером (ЗЕ).

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Транзистор являє собою напівпровідниковий прилад із двома р-п переходами, має три виходи і призначений для посилення чи генерування електричних сигналів.

У транзисторі р-п переходи утворюються трьома областями з різним типом провідності. На рисунку 4.1 показана умовна позначка напівпровідникових тріодів типів р-п-р і п-р-п.



а - р-п-р типу; б - п-р-п типу; Е - емітер; К - колектор; Б - база

Рисунок 4.1 - Пристрій і умовна позначка транзистора

Один із зовнішніх шарів транзистора називається емітером, він головним чином і створює струм тріода. Інший зовнішній шар називається колектором, він збирає заряди, що надходять від емітера. Середній шар напівпровідникового тріода називається базою. На перший перехід транзистора (емітер-база) подається

пряма (яка відчиняє) напруга, тому через нього проходить досить великий струм вже при невеликих напругах (частки вольтів). На другий перехід транзистора (база-колектор) подається зворотна (замикаюча) напруга, причому величина її набагато більше, ніж на першому переході (одиниці-десятки вольтів).

Фізика роботи транзисторів типів р-п-р і п-р-п у принципі однакова. Розглянемо роботу транзистора типу р-п-р. Між колектором і базою прикладена негативна напруга. При відсутності струму емітера через колекторний перехід йде тільки зворотний струм колектора $I_{ко}$, обумовлений неосновними носіями зарядів у колекторі і базі. У хороших транзисторах цей струм дуже малий.

У випадку прямої напруги на переході «емітер-база» виникає струм емітера I_e . Електрони валентної зони емітера переходять у зовнішнє коло, утворені при цьому дірки починають рухатися у бік бази. Тому що база виконана з п-напівпровідника, дірки для неї є не основними носіями заряду. Дірки, що потрапили в базу, частково рекомбінують з вільними електронами в базі. Замість зниклих при рекомбінації електронів із зовнішнього кола в базу входять нові електрони, що утворюють струм бази I_b . Однак більшість дірок захоплюється електричним полем колектора й утворює струм колектора I_k . Напевно, що $I_k = I_e - I_b$.

Зв'язок між збільшенням струмів колектора і емітера характеризується коефіцієнтом передачі струму

$$\alpha = \Delta I_k / \Delta I_e.$$

Змінюючи струм емітера, можна керувати струмом колектора. Тут базовий електрод є загальним для емітерного і колекторного кіл. Таке ввімкнення транзистора називається ввімкненням за схемою з загальною базою (рисунок 4.1).

Можливі так само інші способи ввімкнення: із загальним емітером (рисунок 4.2, а) і з загальним колектором (рисунок 4.2, б). Найбільш часто використовують транзистори при їхньому ввімкненні за схемою з загальним емітером. На рисунку 4.3 зазначені входні і вихідні характеристики транзистора, ввімкненого за схемою з загальним емітером. За цими характеристиками можна визначити параметри транзистора. Звичайно при розрахунках використовують h -параметри, що зв'язують електричні величини

I_b, U_b, I_k, U_k (рисунок 4.4).

а – з загальним емітером; б – з загальним колектором

Рисунок 4.2 – Способи ввімкнення транзистора



Рисунок 4.3 – Характеристики транзистора при ввімкненні з загальним емітером

Рисунок 4.4 – Еквівалентний чотириполіусник

У межах лінійної частини характеристик для абсолютних величин збільшень справедливі вирази:

$$\Delta U_6 = h_{11} * \Delta I_6 + h_{12} * \Delta U_k; \Delta I_6 = h_{21} * \Delta U_6 + h_{22} * \Delta I_k,$$

де h -параметри можна визначити за сімействами вихідних і вхідних характеристик:

$$h_{11} = \Delta U_6 / \Delta I_6 \text{ при } U_k = \text{const} (\Delta U_k = 0);$$

$$h_{12} = \Delta U_6 / \Delta U_k \text{ при } I_6 = \text{const} (\Delta I_6 = 0);$$

$$h_{21} = \Delta I_k / \Delta I_6 \text{ при } U_k = \text{const} (\Delta U_k = 0);$$

$$h_{22} = \Delta I_k / \Delta U_k \text{ при } I_6 = \text{const} (\Delta I_6 = 0),$$

h -параметри визначаються в робочій точці за сімейством відповідних характеристик.

Параметр h_{11} має розмірність опору, він визначає собою вхідний опір транзистора при постійній напрузі в колекторі. Безрозмірний параметр h_{12} визначає внутрішній зв'язок. Його величина дуже мала й у більшості випадків не береться до уваги при розрахунках схем.

Безрозмірний параметр h_{21} характеризує підсилювальні властивості транзистора (за струмом) при постійній напрузі на колекторі. Параметр h_{22} має розмірність провідності і характеризує вихідну провідність транзистора при постійному струмі бази.

УСТАТКУВАННЯ

У досліджуваній схемі (рисунок 4.5) використовують джерела живлення з постійними напругами $E_2 = 20 \dots 30 \text{ В}$; $E_1 = 1,5 \dots 4 \text{ В}$ (як джерела живлення транзистора доцільно використовувати випрямлячі).

Рисунок 4.5 - Схема лабораторної установки для дослідження транзистора

Як потенціометри в колах бази і колектора (R_1 і R_2) можуть бути використані резистори змінні дровові, їхні номінали вибираються в залежності від типу використовуваних напівпровідникових тріодів.

ХІД ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1 Скласти схему установки для зняття статичних характеристик транзистора (рисунок 4.5).

2 Зняти сімейство статичних вхідних характеристик транзистора. Характеристики знімати при напрузі на колекторі $U_{ке}$, рівній 0, -5, -10 В. Напругу на базі змінювати в межах $U_{6e} = 0 \dots 500$ мВ через 100 мВ (для транзистора МП42 значення $U_{6e} = 0 \dots 300$ мВ, для транзистора КТ104В значення $U_{6e} = 300 \dots 1000$ мВ). Отримані дані звести в таблицю 4.1.

3 Зняти сімейство статичних вихідних характеристик транзистора. Характеристики знімати для струмів бази $I_6 = 0 \dots 500$ мкА через кожні 100 мкА (струм бази підтримувати постійним шляхом зміни напруги на базі). Напругу на колекторі змінювати в межах $U_{ке} = 0 \dots 10$ В через 2,5 В. Отримані дані звести в таблицю 4.2.

4 Побудувати вхідні і вихідні статичні характеристики і визначити h -параметри транзистора для робочої точки в межах лінійної ділянки характеристики.

Таблиця 4.1 – Статичні вхідні характеристики транзистора

$U_{be},$ мВ	$U_{ке} = 0$	$U_{ке} = -5 В$	$U_{ке} = -10В$
	$I_b,$ мкА		
100			
200			
300			

Таблиця 4.2 – Статичні вихідні характеристики транзистора

$U_{ке}, В$	$I_b, мкА$					
	0	100	200	300	400	500
	$I_c, мА$					
2,5						
5,0						
7,5						
10,0						

ЗМІСТ ЗВІТУ

- 1 Завдання.
- 2 Схеми лабораторних установок для зняття статичних характеристик.
- 3 Графіки сімейств вхідних і вихідних характеристик.
- 4 Експериментальне визначення h-параметрів транзистора.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

- 1 У чому полягає принцип дії транзистора?
- 2 Навести можливі схеми ввімкнення транзистора.
- 3 Що таке зворотний струм колектора?
- 4 Як визначаються h-параметри транзистора?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМИ КРИВОЇ, ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУГИ І СТРУМІВ У РІЗНИХ ТОЧКАХ СХЕМИ ОДНО- ТА ДВОПІВПЕРІОДНОГО ВИПРЯМЛЯЧА

Мета роботи: дослідження форми кривої, визначення напруги і струмів у різних точках схеми одно- та двопівперіодного випрямляча.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Як джерело живлення різних електронних приладів часто використовують випрямлячі. До складу випрямляча (рисунок 5.1) входять такі елементи: трансформатор T_r — прилад для зниження напруги змінного струму живильної мережі; вентиль V - прилад, що має однобічну провідність електричного струму; фільтр Φ -пристрій, що забезпечує необхідне ослаблення пульсацій випрямленої напруги. Вентиль перетворює змінну напругу в пульсуючу.

Рисунок 5.1 – Узагальнена схема випрямляча

Як вентилі можуть використовуватися різні прилади, що мають однобічну провідність, у залежності від призначення випрямляча. Часто у випрямлячах як вентилі використовуються напівпровідникові діоди. Вольт-амперна характеристика напівпровідникових діодів (рисунок 5.2, б) відрізняється від ідеальної характеристики вентиля (рисунок 5.2, а). Однак у хороших напівпровідникових діодах зворотні струми дуже малі і несуттєво впливають на роботу випрямляча.

У лабораторній роботі досліджуються дві найпростіші схеми випрямлячів на напівпровідникових діодах – одно- та двопівперіодній схемах (рисунок 5.3).

Рисунок 5.2 – Характеристика венти́лів: а – ідеального;
б – напівпровідникового діода

Рисунок 5.3 – Найпростіші схеми випрямлячів:
а – однопівперіодного;
б – двопівперіодного

На рисунку 5.4 показано діаграми напруг і струмів у колах схем.

Завдяки односторонній провідності венти́лів струми через діоди проходять тільки протягом одного півперіоду, і напруга в навантаженні виходить пульсуючою. Частота пульсацій напруги в однопівперіодній схемі дорівнює частоті в мережі; у двопівперіодній схемі частота пульсацій визначається відношенням амплітуди першої гармоніки на виході випрямляча до середнього значення випрямленої напруги.



Рисунок 5.4 – Діаграма напруг і струмів у схемах випрямлячів:
а – однопівперіодного; б – двопівперіодного

Найпростіші схеми випрямлячів дають дуже великий коефіцієнт пульсації. Тому далі передбачають фільтри, що згладжують. Звичайно використовують Г- чи П-подібні фільтри (рисунок 5.5), що включають у себе дроселі, конденсатори і резистори. Найчастіше використовують LC-фільтри, що забезпечують добре згладжування пульсації при різних навантаженнях.

$$K_n = \frac{U_n}{U_o} \cdot 100\%$$

Рисунок 5.5 – Схема фільтрів: а) Г-подібний; б) П-подібний

Конденсатори фільтра C вмикають паралельно навантаженню R , і він не пропускає перемінну складову струму в навантаження.

$$\left(\frac{1}{\omega C} \parallel R \right)$$

Дросель L вмикають послідовно навантаженню R , тоді при виконанні умови $\omega L \gg R$ змінна напруга з виходу випрямляча затримується на дроселі фільтра й у навантаження не попадає.

LC-фільтр забезпечує добре згладжування випрямленої напруги. Якість фільтра можна оцінити коефіцієнтом згладжування

$$K_{згл} = \frac{K_{п.вх.}}{K_{п.вих.}},$$

де $K_{п.вх.}$ і $K_{п.вих.}$ – коефіцієнти пульсацій випрямляча на вході і виході фільтра. Чим більше $K_{згл}$, тим ефективніше працює фільтр.

У лабораторній роботі передбачається дослідження форми кривої і вплив фільтра на роботу випрямляча. Для цього використовується осцилограф.

При роботі випрямляча частина випрямленої напруги падає на активному опорі вторинної обмотки трансформатора, на прямому опорі відкритого діода, на елементах фільтра, що згладжує. Зі збільшенням випрямленого струму I_o подібні втрати напруги збільшуються, і напруга в навантаженні U_o зменшується. Залежність $U_o = f(I_o)$ називається зовнішньою характеристикою (рисунок 5.6). Чим менше змінюється напруга в навантаженні при зміні струму I_o , тим вище якість випрямляча.

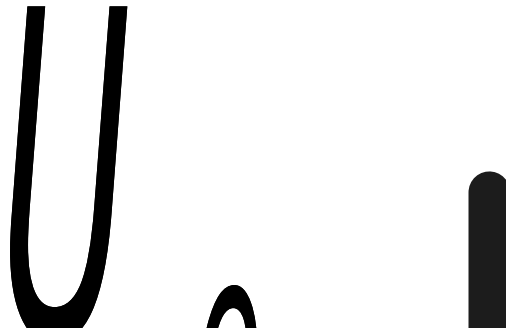


Рисунок 5.6 – Зовнішня характеристика випрямляча

ХІД ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1 Скласти схему лабораторної установки (рисунок 5.7). Накреслити зображення кривих з екрана осцилографа для випадків одно- і двопівперіодного випрямлячів без фільтрів, що згладжують, і при використанні всіх можливих фільтрів (ємнісного, індуктивного і змішаних).

Рисунок 5.7 – Схема лабораторної установки для дослідження випрямляча

2 Виміряти постійну напругу і напругу пульсації і визначити коефіцієнт пульсації без фільтрів і з фільтрами

$$K_n = \frac{\sqrt{2}U_n}{U_0} \cdot 100\%$$

де U_n і U_0 – напруга пульсації і постійна напруга, вимірюється вольтметром.

Отримані дані вимірів занести в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Дані вимірів

	Без фільтра	З ємнісним фільтром	З індуктивним фільтром	З Г-подібним фільтром	З П-подібним фільтром
$U_0, \text{В}$					
$U_n, \text{В}$					
$K_n, \%$					

3 За даними таблиці 5.1 визначити коефіцієнт згладжування для різних фільтрів.

Зняти зовнішню характеристику випрямляча $U_0 = f(I_0)$ для випадку двопівперіодного випрямляча при відсутності і при наявності П-подібного фільтра. Струм навантаження змінювати регулюванням опору навантаження R_2 . Отримані дані вимірів занести в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Дані вимірів

$I_0, \text{мА}$	$U_0, \text{В}$	
	Без фільтра	з П-подібним фільтром

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

- 1 Поясніть призначення елементів схеми випрямляча.
- 2 Зобразіть вольт-амперну характеристику вентиля.
- 3 Які елементи можна використовувати як вентиля?
- 4 Перелічіть відомі вам схеми випрямлячів.
- 5 Від чого залежить частота пульсації випрямленої напруги?

6 Дайте визначення коефіцієнтів пульсації і згладжування.

7 З яких співвідношень обираються елементи фільтра, що згладжує?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПІДСИЛЮВАЧА

Мета роботи: дослідження основних характеристик підсилювального каскаду низької частоти.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

У лабораторній роботі досліджується каскад підсилювача напруги низької частоти (ПНЧ), що широко застосовується в електронних автоматичних пристроях.

Підсилювачем називається пристрій, призначений для посилення вхідних електричних сигналів (наприклад, від датчиків) за напругою, струмом або потужністю за рахунок перетворення енергії джерела живлення в енергію вихідного сигналу. Підсилювач містить у собі нелінійний елемент, керований вхідним електричним сигналом $U_{вх}$, джерело живлення $U_{ж}$ і навантажувальний пристрій з опором $Z_{н}$ (рисунок 6.1). Вхідний сигнал $U_{вх}$ керує параметрами нелінійного елемента. Як нелінійний елемент використовуються, як правило, транзистори.

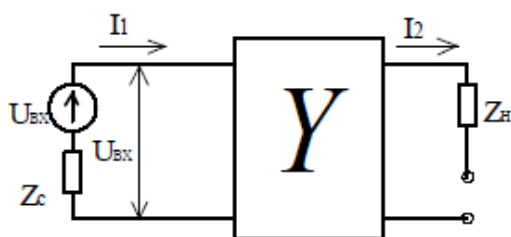


Рисунок 6.1 – Структурна схема підсилювального пристрою

Для одержання високих коефіцієнтів підсилення до складу підсилювача входить звичайно кілька каскадів. Першим каскадом, як правило, є попередній підсилювач, потім ідуть проміжний підсилювач і підсилювач потужності. Попередній підсилювач

забезпечує зв'язок джерела сигналу з підсилювачем. Він повинен мати великий вхідний опір для того, щоб не послабляти вхідний сигнал.

Проміжний підсилювач забезпечує основне посилення, а підсилювач потужності забезпечує задану вихідну потужність.

При побудові підсилювальних пристроїв найбільше поширення набули каскади на біполярних транзисторах, увімкнених з ЗЕ(ОУ) або з ЗК (ОС).

Підсилювачі класифікують за такими ознаками:

за видом посилюваного сигналу вони діляться на підсилювачі аналогових і імпульсних сигналів;

за типом посилюваного сигналу підсилювачі підрозділяють на підсилювачі напруги, струму й потужності;

за діапазоном посилюваних частот розрізняють підсилювачі постійного струму й підсилювачі змінного струму.

Підсилювачі можуть бути також однокаскадними й багатокаскадними. Основними характеристиками підсилювача є:

- амплітудна характеристика, що являє собою залежність: $U_{\text{вих}} = \varphi(U_{\text{вх}})$;

- амплітудно-частотна характеристика (АЧХ): $U_{\text{вих}} = \varphi(f)$ показує залежність амплітуди вихідного сигналу від частоти. Реально в підсилювачах через наявність паразитних ємностей і індуктивностей різні частоти підсилюються неоднаково;

- фазово-частотна характеристика $U_{\text{вих}} = \lambda(f)$, показує залежність кута зсуву фази вихідного сигналу стосовно фази вхідного сигналу.

Найважливішими параметрами підсилювача є:

коефіцієнти підсилення за струмом k_i , напругою k_u і потужністю k_p :

$$k_i = I_{\text{вих}} / I_{\text{вх}} ; k_u = U_{\text{вих}} / U_{\text{вх}} ; k_p = P_{\text{вих}} / P_{\text{вх}} ,$$

де $I_{\text{вх}}$, $I_{\text{вих}}$, $U_{\text{вх}}$, $U_{\text{вих}}$, $P_{\text{вх}}$, $P_{\text{вих}}$ – діючі значення струмів, напруг і

потужностей на входах і виходах підсилювача.

Принципова схема найпростішого підсилювального каскаду зображена на рисунку 6.2.

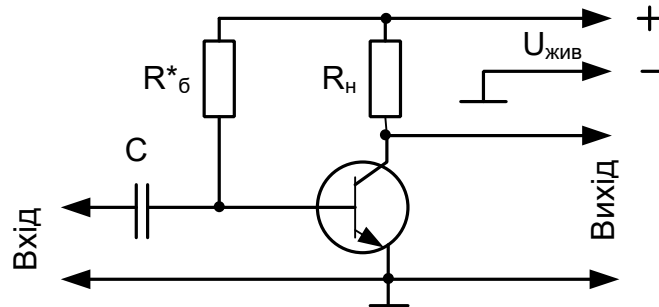


Рисунок 6.2 – Схема простого підсилювального каскаду

Найпростіший підсилювальний каскад утворюють три елементи: транзистор VT , його навантажувальний резистор R_n і базовий резистор R_b^* , підбором опору якого (на схемах позначають зірочкою) установлюють оптимальний режим роботи транзистора. Вхідний сигнал подають (через конденсатор C) на базу транзистора, а посилений сигнал знімають із навантажувального резистора R_n . При ввімкненні транзистора за схемою ЗЕ каскад дає найбільше посилення за напругою і струмом, тому таке ввімкнення найбільш широко використовується. З виходу каскаду посилений сигнал може бути поданий на вхід аналогічного каскаду для додаткового посилення.

Конденсатор C на вході служить сполучним елементом між джерелом сигналу й підсилювальним каскадом. Він вільно пропускає до транзистора змінну напругу сигналу й запобігає замиканню постійного складового базового кола транзистора на емітер через джерело сигналу. Конденсатор, що виконує таку функцію, називають також розділовим або перехідним.

Рекомендований режим роботи транзистора за постійним струмом встановлюють підбором резистора R_b^* , через який на базу транзистора (відносно емітера) подають напругу зсуву (позитивну для $n-p-n$ транзистора, негативну для $p-n-p$ транзистора), що

відкриває його. Без зсуву транзистор сильно спотворює посилюваний сигнал або взагалі не виконує функцію підсилювача.

ХІД ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- 1 Отримати вихідні дані у викладача ($U_{вх}$, f , тип транзистора).
- 2 Побудувати схему підсилювача у програмному комплексі Electronics Workbench 5.12 (рисунок 6.3).
- 3 Зняти значення вхідних та вихідних струмів і напруг підсилювача.
- 4 Розрахувати значення k_i , k_u , k_p
- 5 Підключити клему Channel 1 осцилографа до точки А, підібрати масштаб зображення, зарисувати осцилограму. Відключити Channel 1 від точки А.
- 6 Підключити клему Channel 2 осцилографа до точки В, підібрати масштаб зображення і зарисувати осцилограму.
- 7 Підключити клему Channel 1 осцилографа до точки А та зарисувати осцилограму сигналів в точках А і В.
- 8 Визначити кут зсуву фази вихідного сигналу стосовно фази вхідного сигналу.
- 9 Зробити та записати висновки.

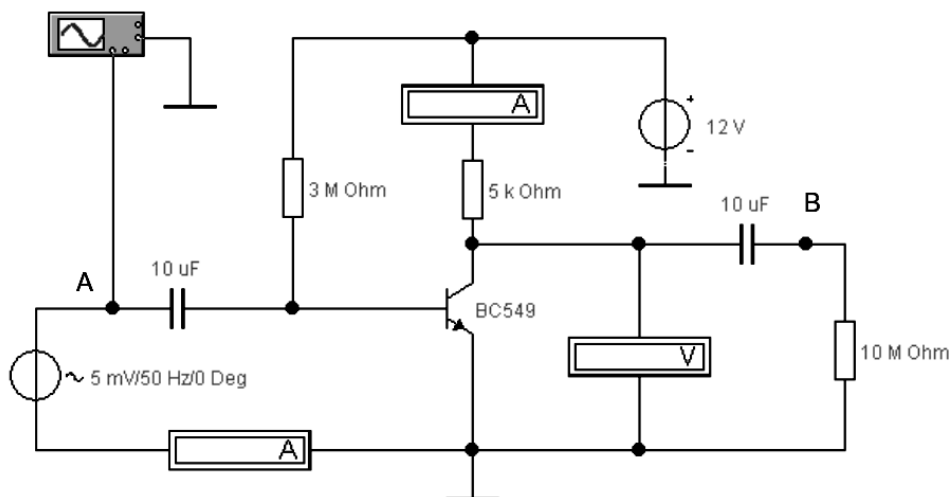


Рисунок 6.3 – Схема дослідного підсилювального каскаду

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 1 За якими ознаками класифікують підсилювачі?
- 2 Яку вимогу ставлять до вхідної напруги підсилювача?
- 3 Поясніть призначення конденсатора С на вході підсилювача.
- 4 Назвіть основні характеристики підсилювача.
- 5 Поясніть призначення базового резистора.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Болотин М.М., Осинский Л.Л. Автоматизация производственных процессов при изготовлении и ремонте вагонов: Учеб. для вузов ж.д. трансп. – М.: Транспорт, 1989. – 206 с.

2 Основы автоматического регулирования и управления. / Под ред. В.М. Пономарева і А.П. Литвинова Учебн. для неэлектротехн. специальностей вузов. – М.: Высшая школа, 1974. – 439 с.

3 Воронов А.А. Элементы теории автоматического регулирования. – М.: Изд. Мин. Обороны СССР, 1954. – 471 с.

4 Емельянов А.И., Емельянов В.А., Калініна С.А. Практические расчеты в автоматике. – М.: Машиностроение, 1967. – 316 с.

5 Майзель М.М. Основы автоматики и автоматизации производственных процессов. – М.: Высшая школа, 1964. – 579 с.

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
Українська державна академія залізничного транспорту

Кафедра “Вагони”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

з дисципліни

**«Автоматика та автоматизація устаткування вагонів
та технологічних процесів»**

**Декан механічного факультету
О.В.**

Устенко

**Голова методичної комісії
З.О.**

Іванова

В.о. зав.кафедри «Вагони»

Візняк Р.І.

Розробники:

Бондаренко В.В.

В.М.Петухов,

Харків 2009