

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Збірник методичних вказівок до виконання
лабораторних робіт з дисципліни

“ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОНІКА”

для студентів 3 курсу заочної форми навчання

Одеса 2014

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Збірник методичних вказівок до виконання
лабораторних робіт з дисципліни

“ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОНІКА”

для студентів 3 курсу заочної форми навчання
напряму підготовки 6.040101 Комп’ютерні науки

ЗАТВЕРДЖЕНО

На засіданні робочої групи заочної
та післядипломної освіти

Одеса 2014

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Збірник методичних вказівок до виконання
лабораторних робіт з дисципліни

“ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОНІКА”

для студентів 3 курсу заочної форми навчання
напряму підготовки 6.040101 Комп’ютерні науки

“Затверджено”

на засіданні робочої групи
заочної та післядипломної освіти
Голова групи

_____ С. М. Степаненко

“Узгоджено”

Декан заочного факультету

_____ О.В. Волошина

“Затверджено”

на засіданні кафедри АСМНС,
протокол № _____

« _____ » _____ 2014 р.

Зав. кафедри АСМНС

_____ Б.В.Перелигін

Збірник методичних вказівок до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Елетротехніка та електроніка ” для студентів 3 курсу заочної форми навчання напряму підготовки 6.040101 Комп’ютерні науки.

Укладач: Лавріненко Ю.В., к.т.н., доцент - Одеса: ОДЕКУ, 2014 р.

Збірник методичних вказівок до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Елетротехніка та електроніка ” для студентів 3 курсу заочної форми навчання напряму підготовки 6.040101 Комп’ютерні науки.

Укладач: Лавріненко Ю.В., к.т.н., доцент - Одеса: ОДЕКУ, 2014 р.

Підп. до друку
Умовн. друк. арк.

Формат
Тираж

Папір
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет

85016, Одеса, Львівська, 15

ЗМІСТ

ВСТУП	4
Лабораторна робота № 1 “Дослідження законів Кірхгофа в електричних колах постійного та змінного струму”	6
Лабораторна робота № 2 “Дослідження властивостей реактивних елементів в колі змінного струму”	11
Лабораторна робота № 3 “Зняття вольт-амперної характеристики р-п переходу та роботи випрямлячів змінного струму”	18
Лабораторна робота № 4 “Дослідження перехідних процесів в електричних колах”	27

ВСТУП

Найефективнішим засобом підготовки студентів до лабораторних робіт є їх самостійна робота безпосередньо в лабораторії. Вона повинна включати: вивчення лабораторного устаткування та методики вимірювань під час виконання лабораторної роботи; вивчення особливих вимог техніки безпеки при роботі на даному устаткуванні.

В результаті виконання лабораторних робіт студенти повинні:
знати фізичні основи роботи електричних кіл, принцип дії елементів електронних пристроїв.

Після проходження курсу лабораторних робіт студенти повинні:
вміти проводити вимірювання основних параметрів електротехнічних і електронних схем за допомогою електровимірювальних приладів.

ПРОГРАМА ПРАКТИЧНИХ МОДУЛІВ

Змістовні модулі	Теми робіт (занять)	Кіл-сть аудиторних годин	Кіл-сть годин СРС	Форми завдань на СРС	Форми поточного контр. СРС
ЗМ-П1	1. Дослідження законів Кірхгова в електричних колах постійного та змінного струму	2	10	Підготовка до усного опитування	Усне опитування Захист лаб. робіт
	2. Дослідження властивостей реактивних елементів в колі змінного струму	2	10		
	3. Зняття вольт-амперної характеристики р-п переходу та роботи випрямлячів змінного струму	2	10		
	4. Дослідження перехідних процесів в електричних колах	2	15		
Всього		8	45		

Контрольні запитання, що приведені в кожній роботі, призначені для самостійного контролю під час підготовки до занять. Вони ж використовуються викладачем під час контролю підготовленості студентів до початку занять.

Після виконання роботи студент повинен представити індивідуальний звіт про виконання лабораторної роботи. Оформлення звіту повинно здійснюватись, як правило, впродовж виконання роботи.

Згідно з робочою програмою лабораторні роботи оцінюються як практичний модуль.

ВИМОГИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ З ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯМ

1. Для роботи з електрообладнанням і електровимірювальними приладами допускаються особи, які вивчили пристрій і порядок його використання, знають правила техніки безпеки і порядок надання першої допомоги потерпілим від ураження електричним струмом.

2. Перед кожною лабораторною роботою студенти повинні проходити інструктаж під підпис в журналі з техніки безпеки.

3. Об'єм та порядок проведення робіт з устаткуванням, приладами, електрообладнанням устанавлюється викладачем.

4. Усі з'єднальні проводи повинні мати наконечник. Корпуса всієї апаратури і обладнання повинні бути заземлені.

5. Вмикання та вимикання на щитах керування проводиться викладачем або інженером лабораторії.

6. Усі особи, що працюють з електроприладами, повинні ретельно керуватися завданням.

Лабораторна робота №1

"Дослідження законів Кірхгофа в електричних колах постійного та змінного струму"

1.1 Паралельне з'єднання приймачів електричної енергії, перший закон Кірхгофа

Мета роботи. Здійснити паралельне з'єднання приймачів електроенергії. Визначити електричні струми в окремих приймачах і загальний струм; переконатися в правильності першого закону Кірхгофа.

Завдання на підготовку до лабораторної роботи. В результаті вивчення теоретичного матеріалу студент повинен

знати:

- перший і другий закони Кірхгофа;
- порядок визначення провідності елементів і споживаної ними потужності;
- правила безпеки при роботі в лабораторії;

вміти:

- збирати електричні кола постійного і змінного струму;
- проводити електричні вимірювання напруги і струму;
- обчислювати значення параметрів електричного кола за результатами вимірювань;
- обчислювати величину потужності, що розсіюється.

Пояснення. З'єднання, при якому всі провідники підключені своїми початками до затиснення A (рис. 1), а кінцями до затиснення B , називається паралельним.

Якщо до загального затиснення A або B приєднано більше двох приймачів, то цей зажим називається вузлом.

Перший закон Кірхгофа говорить, що сума всіх струмів, які протікають до даного вузла, дорівнює сумі струмів, що випливають з нього. Для схеми, представленої на рис.1, рівняння першого закону Кірхгофа буде мати вигляд:

$$I_1 + I_2 + I_3 = I.$$

Напруга на всіх приймачах однакова, тому що їхні кінці приєднані до того самого джерела напруги:

$$U_1 + U_2 + U_3 = U.$$

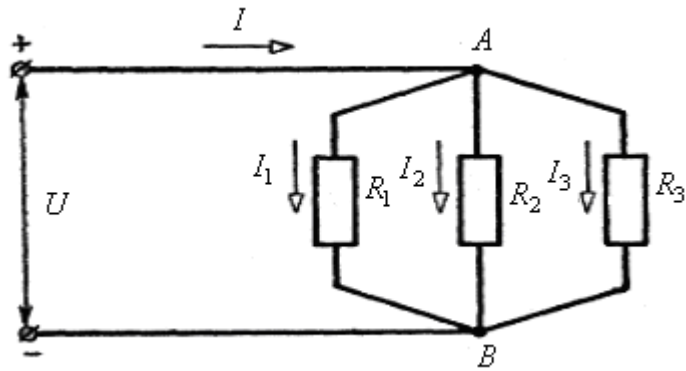


Рисунок 1 – Схема для вивчення паралельного з'єднання приймачів електричної енергії

Струми в окремих гілках визначаються наступним способом:

$$I_1 = UR_1; \quad I_2 = UR_2; \quad I_3 = UR_3.$$

Величина, зворотна опору, називається провідністю:

$$\frac{1}{R} = g; \quad \frac{1}{R_1} = g_1; \quad \frac{1}{R_2} = g_2; \quad \frac{1}{R_3} = g_3.$$

Згідно з першим законом Кірхгофа загальний струм:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}.$$

Розділивши обидві частини рівності на U одержимо:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \text{або} \quad g = g_1 + g_2 + g_3.$$

Таким чином, загальна провідність кола паралельно включених приймачів дорівнює сумі провідностей окремих приймачів.

Устаткування й апаратура

Вольтметри постійного і змінного струмів з межами вимірювань 0-30 В; амперметри постійного і змінного струмів з межами вимірювань 0 – 1 А, омметр, набір резисторів, комплект з'єднуючих проводів.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися зі схемою вимірювання і приладами.
2. Зібрати схему вимірювання (рис. 2) і перевірити правильність включення всіх приладів.
3. Підключити схему до джерела живлення, зняти показники вольтметра і всіх амперметрів.
4. Переконатися в правильності першого закону Кірхгофа.
5. Обчислити опір і провідність кожного приймача і всього кола. Записати результати в табл. 1.
6. Повторити п.п. 3-5 при живленні від джерела змінного струму.
7. Скласти звіт про виконану роботу.

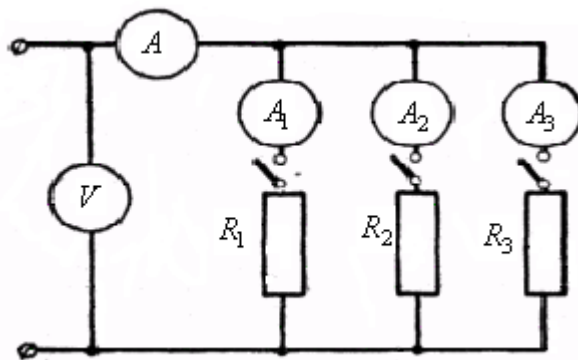


Рисунок 2 - Схема для вивчення паралельного з'єднання приймачів електричної енергії (перший закон Кірхгофа)

Таблиця 1 - Таблиця результатів експериментів

Результати експериментів	Номер елемента		
	1	2	3
Струм у колі елемента – I , А			
Струм у загальному колі – I , А			
Напруга живлення – U , В			
Опір елемента – R , Ом			
Провідність елемента – g , Сім			
Споживча потужність – P , Вт			

1.2 Другий закон Кірхгофа

Мета роботи. Здійснити послідовне з'єднання приймачів і джерел електроенергії. Визначити падіння напруги на окремих приймачах і загальний струм у колі; переконатися в правильності другого закону Кірхгофа.

Пояснення. З'єднання, при якому частина приймачів електричної енергії включені послідовно, а частина паралельно називається змішаним. У цьому випадку можуть бути виділені контури, що представляють замкнуту послідовність приймачів і джерел (рис. 5). Відповідно до другого закону Кірхгофа, алгебраїчна сума падінь напруг і напруг джерел у контурі дорівнює нулю, при будь-якому напрямі протікання струму по контурі.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися зі схемою вимірювання і приладами.
2. Зібрати схему вимірювання (рис. 3) і перевірити правильність включення всіх приладів.
3. Підключити схему до джерел живлення, виміряти падіння напруги на кожному елементі контуру за допомогою вольтметра, данні записати в табл. 2.
4. Просумувати отримані величини і переконатися в правильності другого закону Кірхгофа.
5. Скласти звіт про виконану роботу.

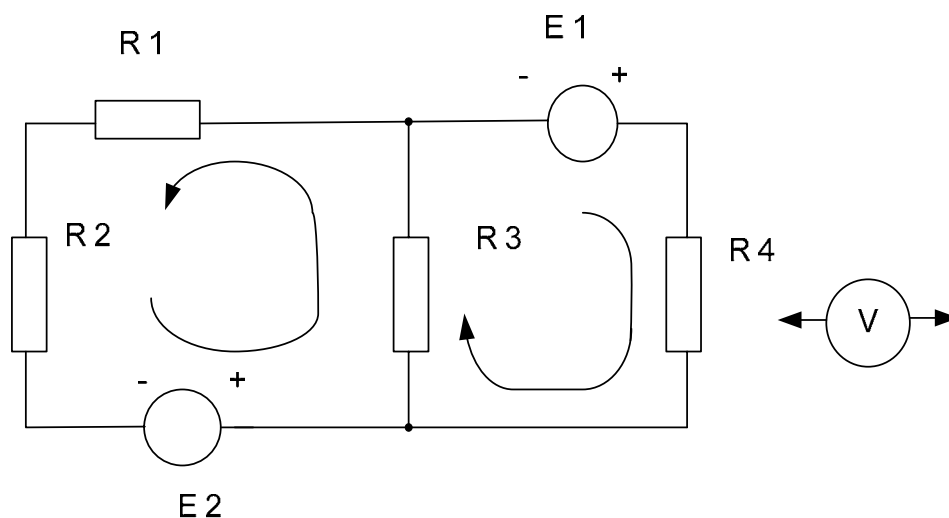


Рисунок 3 – Схема для вивчення дії другого закону Кірхгофа

Таблиця 2 - Таблиця результатів експериментів

	Спадання напруги на i -тому елементі, В					
Елемент						
Виміряна напруга – U_i , В						
Сумарна напруга першого контуру, В	$UR_1 + UR_2 + UR_3 + UE_2 =$					
Сумарна напруга другого контуру, В	$UR_3 + UR_4 + UE_1 =$					
Сумарна напруга третього контуру, В	$UR_1 + UR_2 + UR_4 + UE_1 + UE_2 =$					

Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.
2. Технічні дані електровимірювальних приладів та устаткування, що використовуються для проведення даної лабораторної роботи.
3. Електричні схеми вимірювання.
4. Табл. 1 і табл. 2 з виміряними і обчисленими величинами.
5. Формула для визначення опору паралельно з'єднаних приймачів.
6. Формула для визначення провідності окремого приймача і паралельно з'єднаних приймачів.
7. Формула для визначення потужності споживаної приймачами електричної енергії.
8. Висновки по роботі.

Контрольні запитання

1. Сформулюйте закон, на основі якого за показаннями амперметра і вольтметра визначають омичний опір?
2. В яких одиницях вимірюється сила струму, напруга й омичний опір?
3. Що таке ампер, вольт, ом?
4. Яка точність виміру омичного опору при максимальних похибках приладів, які використовуються в роботі?
5. Чому дорівнює падіння напруги на навантаженні, опір якої R (Ом), якщо через нього проходить струм I (А)?

6. Чому дорівнює напруга на входних затисненнях послідовного кола, якщо відоме падіння напруги на окремих її елементах?
7. Чому дорівнює струм у послідовному ланцюзі, якщо відомі струми в окремих її елементах?
8. Чому дорівнює споживана потужність послідовного кола, якщо відомі потужності споживані елементами?
9. Чому провідник чинить опір електричному струму?
10. Що таке провідність приймача струму, в яких одиницях вона вимірюється?
11. Чому дорівнює провідність паралельно з'єднаних приймачів, якщо опір кожного з них дорівнює R ? Чому дорівнює опір такого кола?
12. Як розподіляється струм по опорах, з'єднаних паралельно, якщо загальний струм у ланцюзі I , число опорів n , величина кожного опору R ?
13. Сформулюйте перший закон Кірхгофа?
14. Сформулюйте другий закон Кірхгофа?
15. Чому дорівнює струм в окремій гілці кола, якщо падіння напруг на ній дорівнює U , а опір дорівнює R ?
16. Як пов'язати закони Кірхгофа з законом збереження енергії?
17. Чому дорівнює напруга на входних затисненнях паралельного кола?
18. Чому дорівнює струм у паралельному ланцюзі, якщо відомі струми в окремих її елементах?
19. Чому дорівнює споживана потужність паралельного кола, якщо відомі потужності споживані елементами?

Лабораторна робота № 2

"Дослідження властивостей реактивних елементів в колі змінного струму"

2.1 Дослідження електричного кола змінного струму з активним і індуктивним опорами

Мета роботи. Ознайомитися з найпростішими колами змінного струму, що мають активні й індуктивні опори, виміряти величини струмів і напруг на окремих ділянках кола і порівняти їхню фазу.

Завдання на підготовку до лабораторної роботи. В результаті вивчення теоретичного матеріалу студент повинен

знати:

- основні характеристики змінного електричного струму;

- властивості резисторів і реактивних елементів при живленні змінним струмом;

- порядок побудови трикутників опорів;

- правила безпеки при роботі в лабораторії;

вміти:

- збирати електричні кола змінного струму;

- робити електричні вимірювання за допомогою осцилографа;

- обчислювати значення параметрів електричного кола за результатами вимірювань.

Пояснення. Струм, який періодично змінюється за величиною і напрямом, називають змінним. Синусоїдальним змінним струмом називається струм, величина якого в часі змінюється за законом синуса:

$$i = I_m \sin 2\pi ft,$$

де I_m - амплітуда змінного струму (максимальне значення), А;

f - частота змінного струму, Гц;

t - час, сек.

Зазвичай в техніці мають справу із синусоїдальним змінним струмом, тому такий струм часто називають просто змінним. Змінний струм, проходячи через котушку індуктивності, утворює навколо неї змінне магнітне поле, що наводить у котушці е. р. с. (електрорушійну силу) самоіндукції, протилежно спрямовану прикладеній напрузі. Таким чином, індуктивність кола змінного струму впливає на силу струму як опір. Відповідна розрахункова величина називається індуктивним опором; вона позначається X_L і вимірюється в омах.

Чим вища частота змінного струму, тим більша е. р. с. самоіндукції і тим більший індуктивний опір X_L . Індуктивний опір дорівнює:

$$X_L = 2\pi fL.$$

Оскільки е. р. с. самоіндукції виникає тільки при зміні струму, то і максимальні значення е. р. с. настають при максимальній швидкості зміни струму в котушці, тобто при проходженні струму через нуль від позитивного значення до негативного і навпаки — від негативного до позитивного. Тому е. р. с. самоіндукції за часом відстає від струму на чверть чи період рівно на $\frac{\pi}{2}$ електричних радіани. Напряга на котушці, будучи протилежною е. р. с., навпаки, випереджає струм на чверть чи

періоду на $\frac{\pi}{2}$ радіани. Якщо по котушці проходить синусоїдальний струм, то напруга, що діє на ній буде:

$$u_L = 2\pi fLI_m' \sin(2\pi ft + \frac{\pi}{2}),$$

де u_L - миттєве значення напруги на індуктивності.

Величина $\omega = 2\pi f$ називається кутовою частотою змінного струму і вимірюється в радіанах за секунду.

При проходженні змінного струму по ланцюзі, що складається з послідовно включених активного й індуктивного опорів (рис. 1), між вхідними затисненнями кожного з цих елементів діє змінна синусоїдальна напруга.

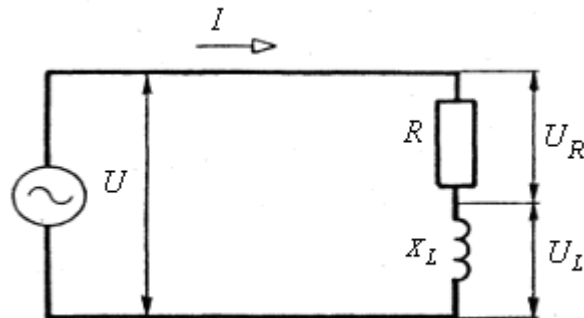


Рисунок 1 – Послідовне з'єднання активного та індуктивного елементів

Напруга, підведена до активного опору по фазі збігається зі струмом. На індуктивному опорі миттєве значення напруги

$$u_L = \omega LI_m' \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}).$$

Ця напруга по фазі випереджає струм на $\frac{\pi}{2}$ радіани.

Сума миттєвих значень напруг, що діють на елементах, дорівнює миттєвому значенню вхідної напруги, підведеної до всього кола:

$$u = u_a + u_L = rI_m' \sin \omega t + \omega LI_m' \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}),$$

$$u = zI_m' \sin(\omega t + \varphi).$$

Напруга на затисненнях активного опору, коли через нього проходить змінний синусоїдальний струм, збігається по фазі з цим струмом, тобто струм одночасно з напругою досягає максимального значення і проходить нульові значення (рис. 2).

Коли ж змінний синусоїдальний струм проходить через чисто індуктивний опір, то на затисненнях опір випереджає по фазі цей струм на $\frac{\pi}{2}$ радіани, тобто коли напруга, змінюючись синусоїдально, досягає максимуму, струм у цей миттєвий час дорівнює нулю (рис. 3).

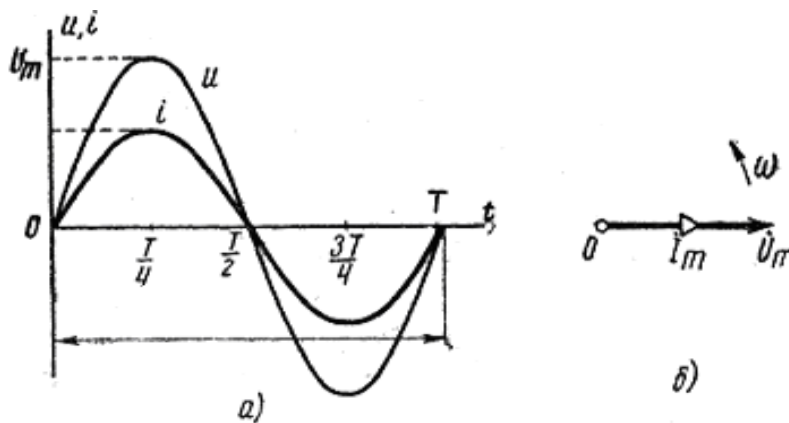


Рисунок 2 - Епюри напруги і струму на чисто активному опорі:
 а) – синусоїдальні криві миттєвих значень; б) – векторна діаграма

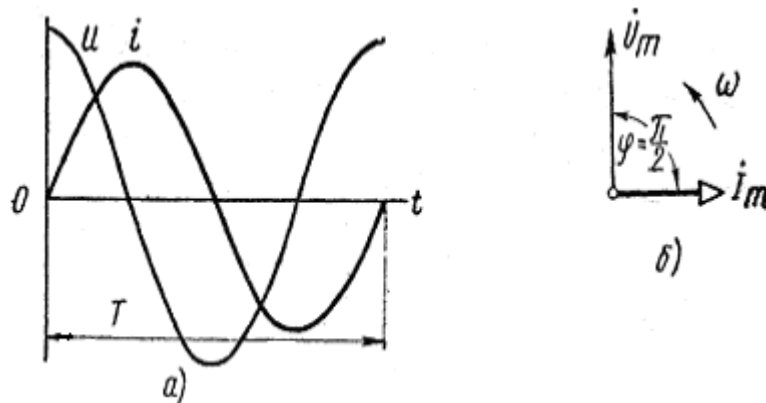


Рисунок 3 – Співвідношення напруги і струму на індуктивному опорі:
 а) – синусоїдальні криві миттєвих значень; б) – векторна діаграма

Електричний ланцюг, по якому проходить змінний струм споживає з мережі активну, реактивну і повну потужності. Повна потужність, вимірювана у вольт-амперах ($ВА$), дорівнює добутку струму I на напругу U :

$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2} .$$

Активна потужність P , вимірюється у ватах, дорівнює добутку напруги U на струм I і на коефіцієнт потужності $\cos \varphi$, або добутку квадрата струму на активний опір:

$$P = UI \cos \varphi = I^2 R .$$

Реактивна потужність Q , вимірювана у вольт-амперах реактивних (*вар*), дорівнює добутку напруги U на струм I і на синус кута зрушення фаз між прикладеною напругою і струмом $\sin \varphi$, або добутку квадрата струму на реактивний опір:

$$Q = UI \sin \varphi = I^2 x_L .$$

Співвідношення цих потужностей між собою представлені на рис. 4, вони утворюють трикутник потужностей.

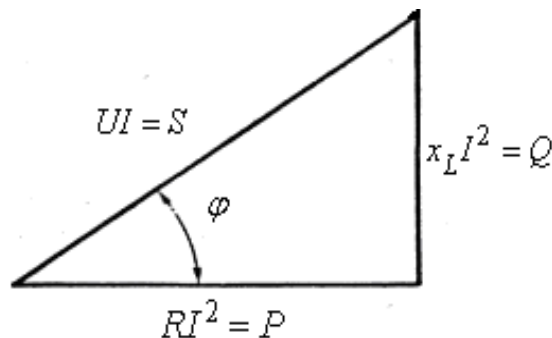


Рисунок 4 – Трикутник потужностей

При проведенні лабораторних робіт потрібно мати на увазі, що індуктивний опір являє собою котушку, намотану з провідника, а будь-який провідник має активний опір і тому індуктивний опір у чистому виді виконати дуже важко.

Реальна індуктивна котушка завжди має активний опір; таким чином, повний опір котушки визначається за формулою:

$$z = \sqrt{R^2 + x_L^2} .$$

Устаткування та апаратура

Двохпроменевий осцилограф, вольтметр змінного струму 0-30 В; амперметр змінного струму 0 – 1 А, конденсатори, котушки індуктивності, комплект з'єднуючих проводів.

Порядок виконання роботи

1. Зібрати схему (рис. 5).

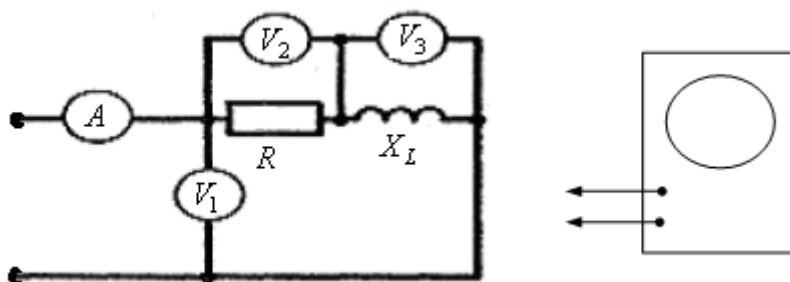


Рисунок 5 – Схема електричних вимірювань активно-індуктивного кола

2. Подати живлення на схему і виміряти напруги на активному й індуктивному опорі. Результати вимірювань записати в табл. 1.

Таблиця 1 - Таблиця результатів експериментів

	Активний опір	Індуктивний опір	Вхідні клеми
Напруга на елементі – U , В			
Струм у колі – I , А			
Величина опору – R , Ом			
Споживана потужність – P , Вт			

Примітка. Регулювання сили струму можна робити потенціометром, "Вихід" на джерелі змінного струму.

3. Обчислити за результатами вимірювання сили струму, напруги, опори і потужності.
4. За результатами обчислень побудувати трикутник опорів.
5. Обчислити значення коефіцієнта потужності.
6. Побудувати трикутник потужностей.
7. За допомогою двопроменевого осцилографа зняти епюри напруг на активному і реактивному опорі і визначити різницю їх початкових фаз.

2.2 Дослідження електричного кола змінного струму з активним і ємнісним опорами

Повторити усі вимірювання і розрахунки для випадку, коли замість котушки індуктивності в схему на рис. 10 включена ємність. Порівняти отримані результати.

Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.
2. Технічні дані електровимірювальних приладів і устаткування, які необхідні для виконання даної лабораторної роботи.
3. Електрична схема вимірювання.
4. Таблиці з виміряними й обчисленими величинами.
5. Формули для розрахунку повного опору кола, повної потужності, активної і реактивної потужності, коефіцієнта потужності.
6. Трикутники напруг, опорів і потужностей.
7. Осцилограми напруг на резисторах і реактивних опорах.
8. Порівняльна оцінка зрушення фази між струмом і напругою для реактивного опору різного виду (індуктивного і ємнісного).
9. Висновки по роботі.

Контрольні запитання

1. Який струм називається синусоїдальним змінним струмом?
2. Чому дорівнює реактивний опір індуктивності?
3. Чому дорівнює реактивний опір ємності?
4. Чому дорівнює миттєва напруга на індуктивності і на активному опорі, якщо по них протікає змінний струм?
5. Чому дорівнює кутова частота? В яких одиницях вона вимірюється?
6. Чому дорівнюють діючі значення синусоїдальних струмів і напруг?
7. Що таке активна і реактивна потужності однофазного кола змінного струму?
8. Чому дорівнює повна потужність однофазного кола змінного струму?
9. Що таке коефіцієнт потужності?
10. Чому дорівнює активна потужність кола змінного струму, якщо коефіцієнт потужності дорівнює одиниці?
11. Чому дорівнює реактивна потужність кола змінного струму, якщо коефіцієнт потужності дорівнює одиниці?

12. Чому дорівнює активна потужність кола змінного струму, якщо коефіцієнт потужності дорівнює нулю?

13. Чому дорівнює реактивна потужність кола змінного струму, якщо коефіцієнт потужності дорівнює нулю?

Лабораторна робота №3

"Зняття вольт-амперної характеристики $p-n$ переходу"

3.1 Зняття вольт-амперної характеристики $p-n$ переходу

Мета роботи. Зняти вольт-амперну характеристику (ВАХ) $p-n$ переходу та вивчити конструкцію напівпровідникових діодів.

Завдання на підготовку до лабораторної роботи. В результаті вивчення теоретичного матеріалу студент повинен

знати:

- основні характеристики напівпровідникових матеріалів, які відрізняють їх від діелектриків і металів;
- фізичну природу виникнення $p-n$ переходу в напівпровіднику;
- основні властивості і параметри $p-n$ переходу;

вміти:

- будувати за даними електричних вимірювань пряму і зворотну гілку вольт-амперної характеристики $p-n$ переходу;
- визначати працездатність напівпровідникових діодів за допомогою електровимірювальних приладів.

Пояснення. Напівпровідники займають проміжне положення між провідниками та ізоляторами. Носіями струму в них є, крім вільних електронів, ще й дірки. Це порожні місця, що виникають у кристалічних ґратах атомів при відриві електронів. На це незаміщене місце може перейти електрон із сусіднього атома, залишивши після себе нову дірку. Таким чином, дірки можуть передаватися від одного атома до іншого атому, що рівноцінно руху позитивного заряду в напрямку переміщення дірки.

У хімічно чистому напівпровіднику (попередньо ретельно очищеному від домішок) концентрація вільних електронів і дірок однакові, тому такий чистий провідник погано проводить електричний струм. Бажано, щоб у напівпровіднику, як носія струму, значно переважали електрони або дірки. Для цього в напівпровідник вводять незначну, але точно визначену кількість домішок, що додають провідності

напівпровідника визначений характер, електронний чи дірковий, і одночасно в багато разів збільшує провідність напівпровідника.

Якщо в кристал чистого чотирьохвалентного германія внести домішок п'ятивалентного елемента, наприклад сурми, то в ньому з'явиться надлишок вільних електронів. Якщо в кристал чистого германія внести домішок тривалентного елемента, наприклад індію, то він буде мати надлишок дірок.

Домішковий елемент, який утворює надлишок електронів у напівпровіднику, називається донором. Напівпровідник з електронною провідністю називається напівпровідником із провідністю n - типу. Домішковий елемент, який утворює в напівпровіднику надлишок дірок, називається акцептором (провідність p - типу).

Якщо спаяти два кристали з різними провідностями (рис. 17), то утвориться напівпровідниковий перехід $p-n$, який має дуже корисну властивість — вентильну дію, тобто добре проводить електричний струм тільки в одному напрямку, отже він може служити для випрямлення змінного струму. Його називають напівпровідниковим діодом, чи напівпровідниковим вентиляем.

Якщо прикласти до переходу $p-n$ різницю потенціалів полярністю, яка вказана на рис. 1, то електрони, що знаходяться в зоні n , під діелектричного поля перейдуть через перехід у зону p . Дірки, які знаходяться в зоні p , під дією цього ж електричного поля перейдуть через перехід у зону n . В області переходу дірки й електрони нейтралізуються, чи, як звичайно говорять, рекомбінують.

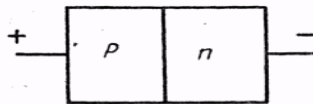


Рисунок 1 – Утворення $p-n$ переходу

Такий зустрічний рух носіїв заряду різного знаку є електричним струмом через перехід $p-n$ напівпровідникового діода.

При зворотній полярності дірки й електрони рухаються «від переходу». Через перехід немає руху носіїв заряду, тому й електричний струм через перехід майже не проходить. Малий струм у непровідному напрямку діода утворюється неосновними носіями струму - дірками, що є в малій кількості в електронному напівпровіднику, і вільними електронами, що є в дірковому напівпровіднику.

Таким чином, напівпровідниковий діод добре пропускає електричний струм тільки в одному - прямому напрямку. Коли джерело

напруги включене протилежною полярністю, струм протікає в зворотному напрямку. Відповідно до цього введені поняття: прямий струм і пряма напруга (коли діод відкритий і пропускає струм) і зворотний струм і зворотна напруга (коли діод закритий і не пропускає струму). Основною характеристикою напівпровідникового діода є його вольт-амперна характеристика, тобто залежність струму від напруги, прикладеної до діода (рис. 2б). Вольт-амперну характеристику знімають за схемою, зображеною на рис. 2 а.

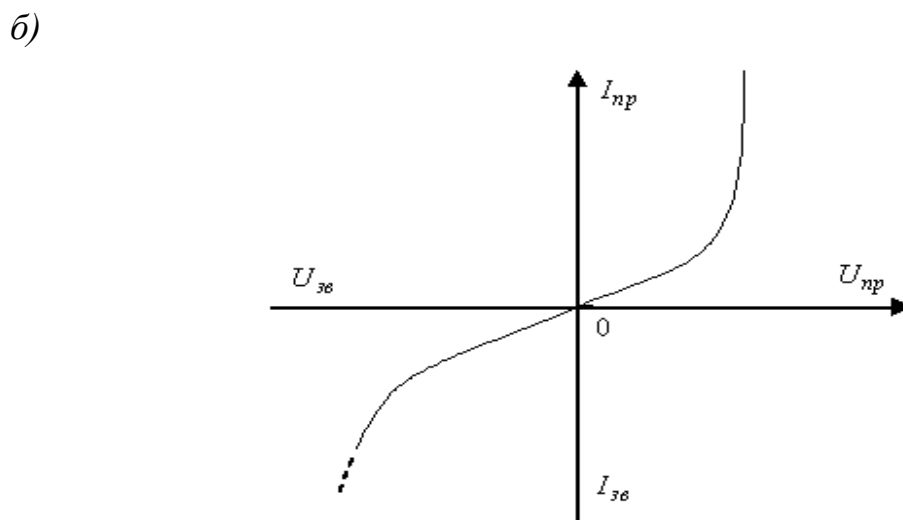
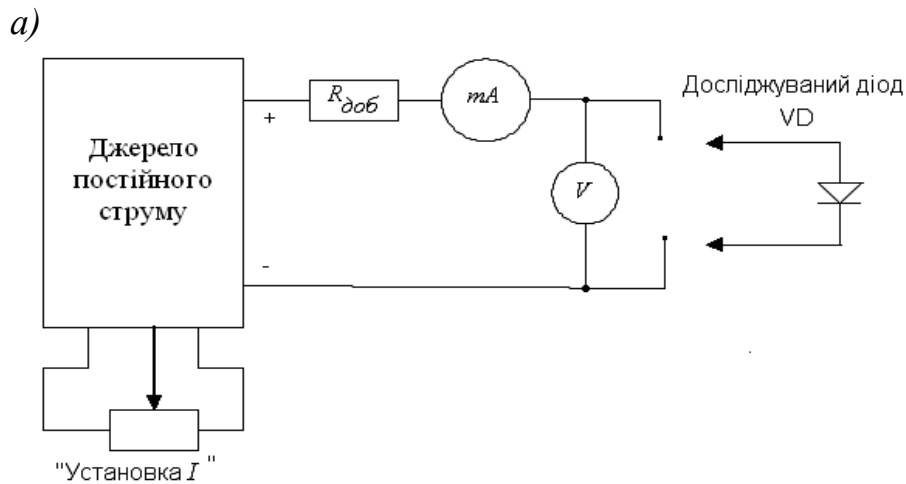


Рисунок 2 – Випробування напівпровідникових діодів:
 а) - схема включення приладів для зняття вольт - амперної характеристики напівпровідникового діода, б) – вольт-амперна характеристика діода

Устаткування й апаратура

Міліамперметр постійного струму, вольтметр, мікроамперметр, напівпровідниковий діод, баластний резистор, який регулюється джерелом постійного струму, перемикач полярності.

Порядок виконання роботи

1. Зібрати схему (рис.10 а).
2. Зняти пряму гілку ВАХ р-n переходу, для чого подати плюс джерела до аноду діода.
3. Ручкою "Установка напруги" джерела задати різні значення напруги (всього 6-8 точок) від нуля до 2 В, записати показання приладів у табл. 1.

Таблиця 1 – Вольт - амперна характеристика напівпровідникового діода

№ досліду	I_{np} , мА	U_{np} , В	I_{ze} , мА	U_{ze} , В	Зауваження

4. Зняти зворотну гілку ВАХ р-n переходу, подати мінус джерела на анод діода, для чого вийняти діод із гнізда наборного поля і повернувши його на 180° установити на попереднє місце; замінити міліамперметр на мікроамперметр та повторити п.п 3, змінюючи напругу від 0 до 30 В; записати показники приладів у табл. 1.

5. За даними табл. 4 побудувати пряму і зворотну гілки ВАХ р-n переходу, тобто напівпровідникового діода.

3.2 Перевірка працездатності напівпровідникових діодів

Мета роботи. Навчитися за допомогою найпростіших засобів перевіряти справність напівпровідникових діодів.

Пояснення. Напівпровідникові діоди мають властивість одnobічної провідності, що впливає з їх ВАХ. Спираючись на цю властивість можна за допомогою омметра в'яснити справний чи несправний напівпровідниковий діод до установки його в схему.

Устаткування й апаратура

Омметр із внутрішнім джерелом постійного струму (батареєю), набір напівпровідникових діодів, що містить несправності.

Порядок виконання роботи

1. Приєднати діод його виводами до проводів омметра, зняти показання.
2. Поміняти місцями виводи діода відносно проводів омметра, зняти показання.
3. Порівняти показання, отримані в першому і другому випадку.
4. Зробити висновки.

3.3 Дослідження роботи випрямлячів змінного струму

Мета роботи. Розглянути принцип дії різних схем випрямлячів змінного струму.

Завдання на підготовку до лабораторної роботи. В результаті вивчення теоретичного матеріалу студент повинен

знати:

- схеми і принцип дії одно- і двохнапівперіодних випрямлячів;
- основні характеристики випрямлячів;
- методи зменшення пульсацій випрямленого струму;

вміти:

- збирати різні схеми випрямлячів;
- вимірювати основні параметри випрямлячів за допомогою електровимірювальних приладів і електронного осцилографа;
- підключати різні фільтри нижніх частот для зменшення пульсацій випрямленого струму.

Пояснення. Для живлення різних електро-радіотехнічних пристроїв потрібен постійний струм різної напруги. Промислова мережа постачає споживачам змінний струм напругою 220/380 В, частотою 50 Гц. Використання змінного струму обумовлене тим, що за допомогою трансформатора легко змінити його напругу до сотень тисяч вольт для передачі на великі відстані, після чого понизити напругу до необхідної величини з мінімальними втратами.

Таким чином, типовий блок живлення повинен мати на вході трансформатор, що знижує або підвищує мережеву напругу до необхідної величини. Далі знаходиться випрямляч, який перетворює змінний синусоїдальний струм у пульсуючий постійного напрямку.

Звичайно, апаратура, що живиться, вимагає максимального згладжування пульсацій. Це досягається включенням після випрямляча фільтра (нижніх частот), що зменшує пульсації випрямленої напруги до припустимої величини.

Схеми випрямлення. За допомогою випрямлячів змінний струм можливо перетворити у постійний струм, ця процедура називається випрямленням. Відомо кілька різних схем випрямлячів змінного струму. В

роботі передбачене вивчення двох основних схем випрямлення: однонапівперіодної схеми і двохнапівперіодної схеми випрямлення.

Однонапівперіодна схема випрямлення. При наявності однофазного струму і тільки одного випрямного діода (вентиля) можна скласти найпростішу схему випрямлення (рис. 3 а).

Випрямлений струм, як видно з рис. 3 б, фактично не є постійним струмом; його величина увесь час змінюється (пульсує) з частотою первинної напруги. Ця схема випрямлення струму застосовується досить рідко, тому що через випрямляч B пропускається тільки одна напівхвиля струму, а інша заціпається. В результаті коефіцієнт корисної дії (к. к. д.) такого випрямлювача дуже низький.

Така дія випрямляча пояснюється залежністю опору напівпровідникового діода від полярності прикладеної напруги і, отже, напрямку струму, що протікає через нього. Як впливає з вольт-амперної характеристики напівпровідникового діода, струм вільно проходить через нього, коли до області з p -провідністю підведений позитивний потенціал. Зі зміною потенціалу на негативний при тому ж значенні напруги сила струму стає значно меншою, тому що опір його в цьому напрямку в багато разів збільшується.

Двохнапівперіодна мостова схема випрямлення. Для випрямлення струму за двохнапівперіодною схемою випрямлення однофазного змінного струму (рис. 3 в) потрібно чотири випрямних діоди (вентиля). В цьому випадку випрямляється кожна напівхвиля змінного струму і випрямлений струм більше наближається до постійного струму. За двохнапівперіодною схемою випрямлення випрямлений струм (кожна напівхвиля) послідовно проходить через два діоди, внаслідок чого втрати в випрямлячі трохи зростають. Ця схема випрямлення знайшла дуже широке застосування в електронній техніці.

Для згладжування випрямленого струму і зменшення пульсацій застосовують фільтри нижніх частот, які включаються послідовно з навантаженням, що споживає випрямлений струм. Як фільтр використовуються дроселі і конденсатори. Дроселі, що включаються послідовно з навантаженням, мають підвищений опір для змінної складової і безперешкодно пропускають постійний струм. Конденсатори, що включаються паралельно навантаженню, мають малий опір для змінної складової і шунтують вихід випрямляча.

В якості випрямлячів застосовуються напівпровідникові діоди (германієві або кремнієві). Основною характеристикою напівпровідникових випрямлячів є вольт-амперна характеристика.

Напівпровідникові діоди добре працюють при температурі не вище $80 - 95^{\circ}\text{C}$, тому для поліпшення охолодження силових випрямлячів їх установлюють на радіатори і застосовують вентилятори для охолодження.

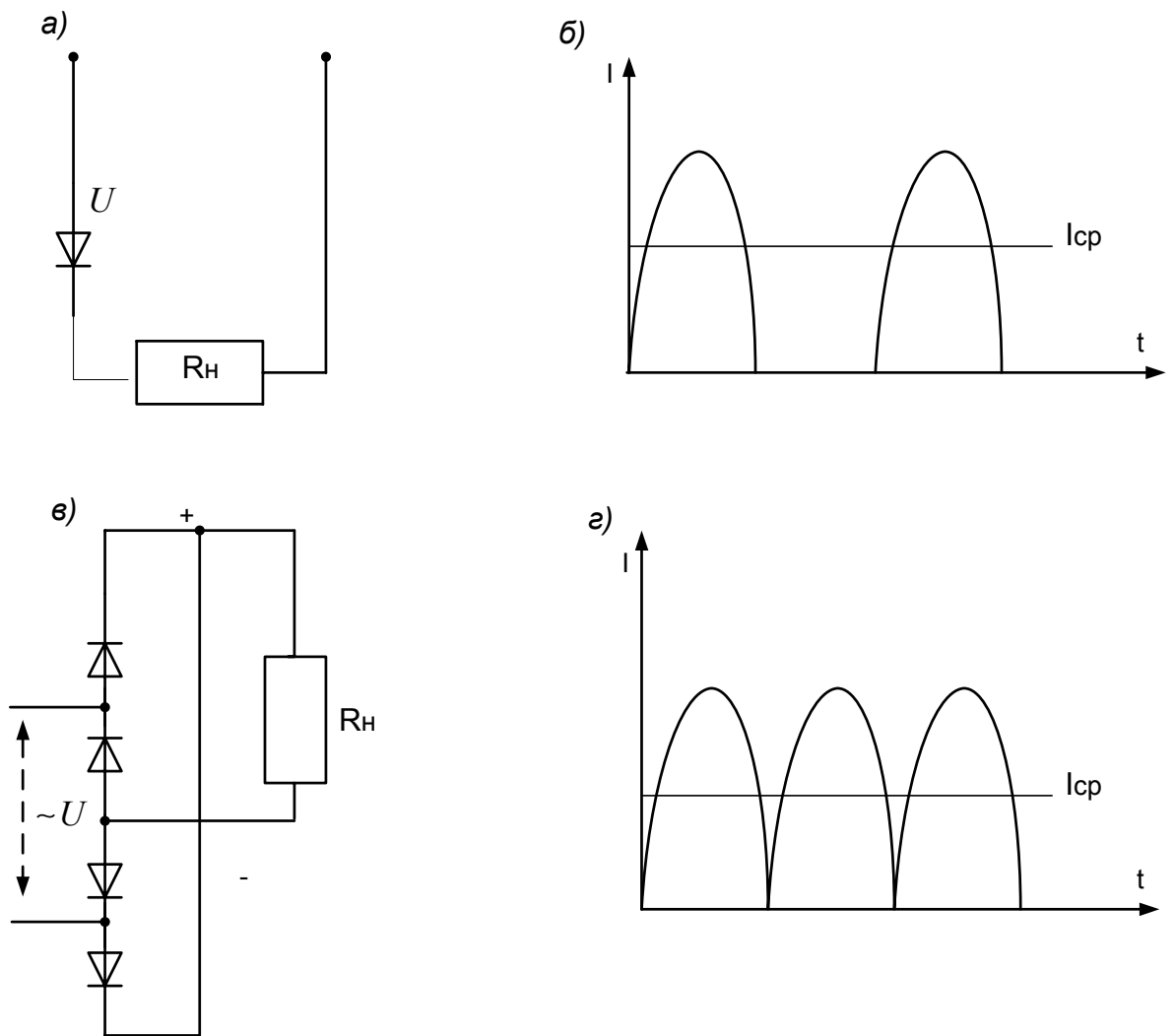


Рисунок 3- Схеми випрямлення і форми випрямленого струму:
a - однонапівперіодна схема випрямлення змінного струму; *б* - форма випрямленого струму при схемі *a*; *в* - двохнапівперіодна однофазна схема випрямлення змінного струму; *г* - форма випрямленого струму при схемі *в*

Устаткування й апаратура

Амперметр змінного струму на 1 А, амперметр постійного струму на 1 А, вольтметр постійного струму на три межі вимірювання: 0 - 3 В, 0 - 15 В, 0 - 30 В, осцилограф електронний, проводи з'єднуючі, джерело змінного струму напругою 50 В, навантажувальний резистор.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з устаткуванням і апаратурою, необхідними для роботи.
2. Зібрати схему з одним діодом і включити прилади (рис. 4).

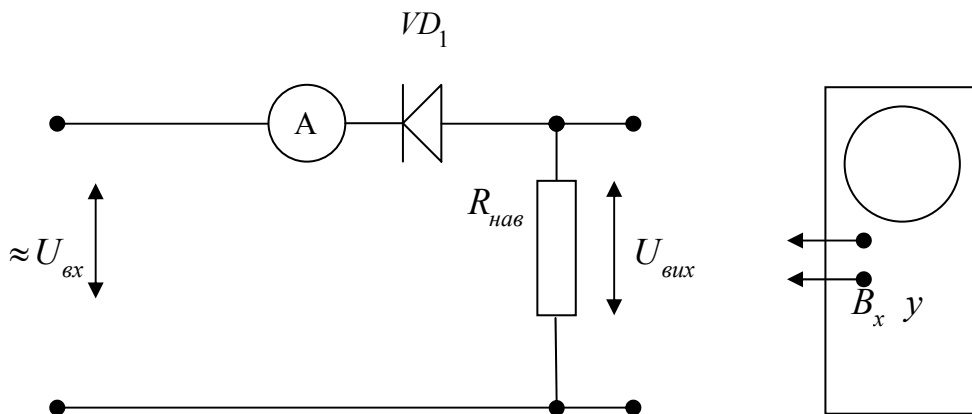


Рисунок 4 - Схеми для випробування
однапівперіодного випрямляча

3. Подати живлення змінної напруги $U_{ex} = 30 - 50$ В, виміряти струм у ланцюзі, за допомогою осцилографа виміряти амплітуду і зняти осцилограму вихідної напруги, виміряти вольтметром напругу на навантажувальному опорі, отримані дані записати в табл. 2.

4. Зарисувати з екрана осцилографа форму випрямленого струму.

5. На підставі даних табл. 5 обчислити потужності: вхідну, вихідну за даними, отриманими за допомогою вольтметра, і вихідну за даними, отриманими за допомогою осцилографа.

Таблиця 2 - Таблиця результатів експериментів

U_{ex}, B - змін.	I, A струм у ланцюзі	$U_{вих}, B$ - за вольтмет.	$U_{вих}, B$ - за осцил.	$P_{ex},$ Вт	$P_{вих}, Вт$ за вольтмет.	$P_{вих}, Вт$ за осцил.

6. Зібрати схему двонапівперіодного випрямляча (рис. 5) і зарисувати з екрана осцилографа форму випрямленого струму, у табл. 6 записати показники приладів при навантаженні випрямляча $R_{нав}$.

7. Включити конденсатор паралельно навантаженню і зняти епюри, у табл. 6, записати показники приладів при наявності ємнісного фільтра.

8. Включити дросель послідовно в ланцюг випрямленого струму, зняти епюри, у табл. 3 записати показники приладів при наявності індуктивного фільтра.

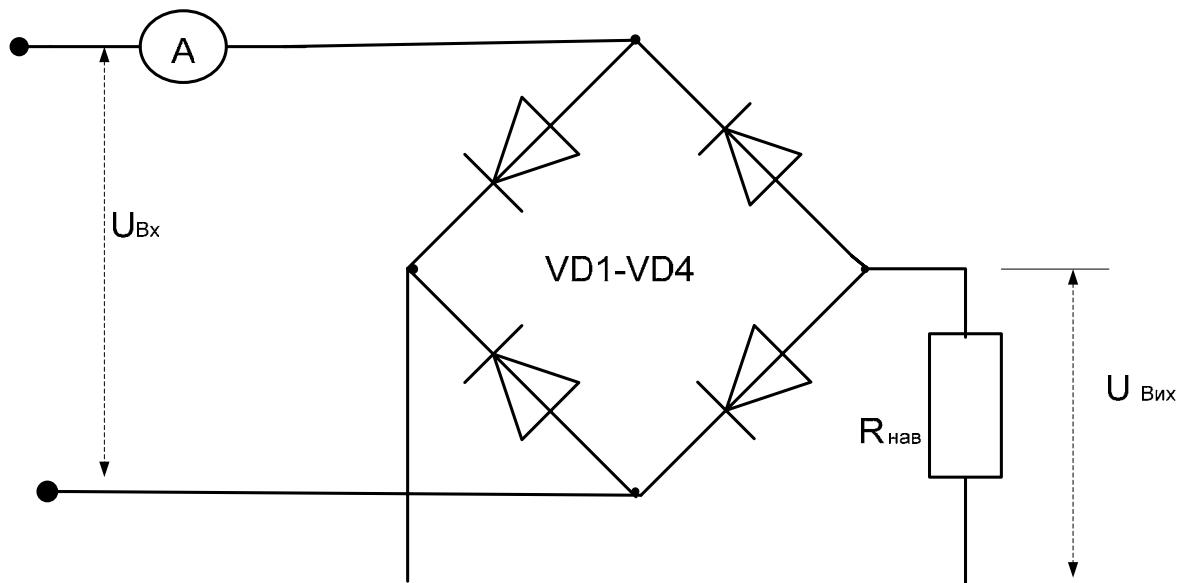


Рисунок 5 – Схема двохнапівперіодного випрямляча

9. Підключити конденсатор паралельно навантаженню, а дросель – послідовно, зняти епюри, у табл. 3 записати показники приладів при наявності індуктивно-ємнісного фільтра.

Таблиця 3 - Таблиця результатів експериментів

Вид випрямляча	Двохнапів-періодний випрямляч без фільтра	Двохнапів-періодний випрямляч з C фільтром	Двохнапів-періодний випрямляч з L фільтром	Двохнапів-періодний випрямляч з LC фільтром
$U_{вх\ змінна}$, В				
$U_{вих\ пост}$, В				
$U_{пульсуюча}$, В				
I , А				

10. Збільшити навантаження випрямляча, шляхом зменшення опору навантажувального резистора в два рази, зняти епюри, виміряти вихідну напругу, зробити висновки.

11. Скласти звіт.

Зміст звіту

1. Назва звіту лабораторної роботи.
2. Технічні дані діодів, електровимірювальних приладів і устаткування, використаних у роботі.
3. Схема однонапівперіодного випрямляча (рис. 4).
4. Схема двохнапівперіодного випрямляча (рис. 5).
5. Табл. 5 і 6 з результатами досліджень.
6. Висновки по роботі.

Контрольні запитання

1. Яка конструкція напівпровідникового діода?
2. Який принцип роботи напівпровідникового діода?
3. Що таке напівпровідник?
4. Чому до напівпровідникового діода необхідно прикласти різницю потенціалів (мінусом до зони n і плюсом до зони p), щоб з'явився електричний струм?
5. Що називають прямою і зворотною напругою діода?
6. Що називають прямим і зворотним струмом діода?
7. За яким законом змінюється струм через діод при зміні прямої напруги?
8. За яким законом змінюється струм через діод при зміні зворотної напруги?
9. Що таке напівпровідниковий випрямляч і чому він випрямляє змінний струм?
10. Які існують типи випрямлячів?
11. Поясніть роботу дроселя як фільтра.
12. Поясніть роботу конденсатора як фільтра.
13. Як визначити несправність напівпровідникового діода?
14. Що таке пульсації випрямленої напруги?
15. Як зменшити пульсації випрямленої напруги?

Лабораторна робота №4

Дослідження перехідних процесів в електричних колах

Мета роботи. Вивчення перехідних процесів, які протікають в електричних колах, складених із опорів, індуктивностей і ємностей (RC – і RL – колах).

Завдання на підготовку до лабораторної роботи. В результаті вивчення теоретичного матеріалу студент повинен

знати:

- порядок розрахунку параметрів перехідних процесів в електричних колах класичним методом;

- фізичний зміст процесів, які протікають в електричних колах в перехідному режимі;

- схеми інтегруючих, диференціальних і перехідних кіл;

вміти:

- вимірювати характеристики перехідних процесів за допомогою приладів;

- визначати вплив величин електричних параметрів елементів на характеристики перехідних процесів в колах.

Перехідними процесами в електричних колах називаються процеси, що виникають при переході від одного установленого режиму до другого в результаті зміни напруги джерела, частоти, форми сигналу і т.д. Зміна параметрів джерел і елементів кіл називається комутацією. Важливим елементом в цих колах є RC – і RL –кола. RC – і RL –кола, які широко використовуються в обчислювальній і імпульсній техніці. За їх допомогою можна інтегрувати або диференціювати електричні сигнали. Використовуючи властивості RC – і RL –кіл, можна формувати робочу смугу частот електронних приладів.

Використання таких кіл можна показати на прикладі інтегруючого RC –кола. В фізичних приладах воно часто зустрічається в кінцевому каскаді посилювача. За допомогою цього кола досягають згладжування або іноді кажуть інтегрування сигналу. При цьому шумова доріжка сигналу стає меншою за рахунок "електронного" усереднення сусідніх значень реєструючого сигналу, тобто вони стають скорельованими. Характеристикою, що описує цю кореляцію, є постійна часу. При виборі оптимальних умов вимірювань в експерименті, таких як швидкість і точність вимірювань, постійна часу грає важливу роль.

Другим прикладом може бути типова проблема пробою при включенні і виключенні електричних кіл, які містять реактивні елементи. В таких колах перехід до нового установленого режиму пов'язаний з збільшенням або зменшенням електричної та магнітної енергії W в реактивних елементах. Як відомо, потужність P пов'язана з енергією W таким виразом:

$$P = \frac{dW}{dt} = UI.$$

При миттєвій зміні енергії ($dt = 0$) потужність P нескінченно велика, що може бути тільки при нескінченно великих струмах і напругах в колі. В більшості випадках це і є причиною виходу із ладу електронної апаратури.

4.1 Електричний імпульс, який проходить через RC – коло

Розглянемо електричне коло, зображене на рис. 1. Нехай в початковий момент часу ($t=0$) конденсатор не заряджений. Перекинемо ключ K в положення a на час T , потім знову повернемо його в положення b . Така схема еквівалентна генератору прямокутного імпульсу з нульовим внутрішнім опором, напруга на виході якого:

$$U_{\text{вх}} = \begin{cases} 0 & \text{при } t < 0 \\ e & \text{при } 0 \leq t \leq T \\ 0 & \text{при } t > T \end{cases}$$

Якщо до такого генератора (рис. 1) підключити резистор і конденсатор (RC –коло), а на виході знімати напругу U_C з $\square b$ клядок конденсатора, то RC –коло називається інтегруючою, якщо знімати U_R на резисторі, RC –коло називається диференціальним. Зміст цих назв буде пояснюватися нижче. Зараз відмітимо, що при $0 < t < T$ відбувається зарядження конденсатора, а при $t > T$ - його розрядження.

4.1.1 Заряд конденсатора. При замиканні кола (ключ в положенні a , рис. 1) конденсатор почне заряджатися. Заряди, що з'являються на пластинках, почнуть зменшувати струм в колі. Цей процес описується рівнянням

$$I = \frac{dq}{dt}, \quad q = CU, \quad RI = \varepsilon - U, \quad (1)$$

де U - напруга на конденсаторі.

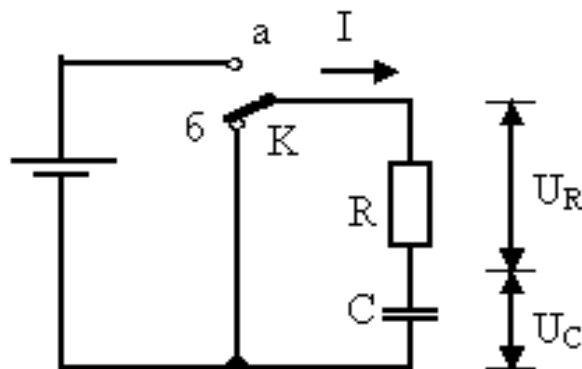


Рисунок 1 – Еквівалентна схема генератора імпульсної напруги прямокутної форми, навантаженої на RC – коло

Виключивши I і U із формули (1), отримаємо лінійне диференціальне рівняння першого порядку:

$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = \frac{\varepsilon}{R},$$

де ε - електрорушійна сила джерела.
Рішенням цього рівняння є вираз

$$q = A \cdot \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) + C\varepsilon.$$

Виходячи із початкових умов зарядки конденсатора (при $t=0$, $q=0$), можна визначити значення постійної інтегрування:

$$A = -C\varepsilon, \quad q = C\varepsilon \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right]. \quad (2)$$

Тут τ - постійна часу RC -кола (характерний час заряду). Закон зміни напруги на конденсаторі під час зарядки можна отримати із рівняння (2), поділивши обидві частини рівняння на C :

$$U_C = \frac{q}{C} = \varepsilon \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right]. \quad (3)$$

При зарядці конденсатора напруга на пластинках конденсатора збільшується до максимальної величини за експоненціальним законом. На рис. 2 показані залежність U_C від часу для трьох постійних часу, τ - постійна часу RC -кола, що визначає швидкість перехідного процесу.

Для знаходження U_R спочатку знайдемо струм через опір R :

$$I = \frac{dq}{dt}.$$

Величину U_R знайдемо із закону Ома:

$$U_R = IR = \frac{C\varepsilon}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}}. \quad (4)$$

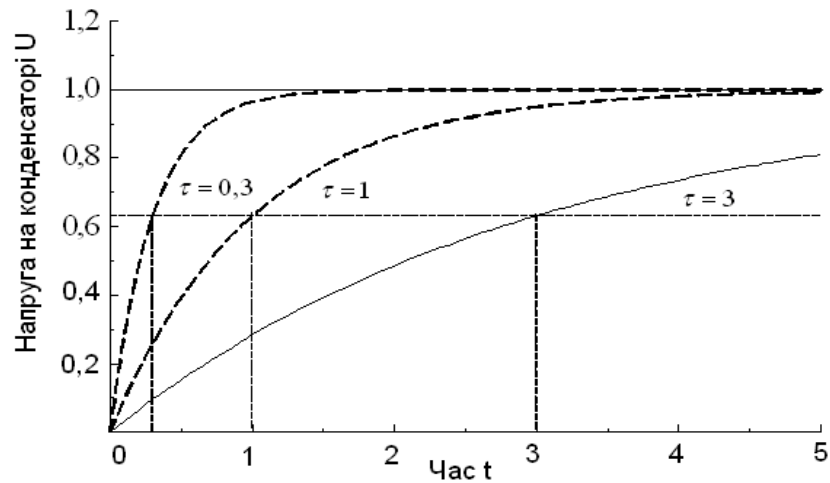


Рисунок 2 – Залежність напруги від часу при зарядці конденсатора

4.1.2 Розряд конденсатора відбувається, якщо переключити ключ K в положення b (рис. 1). Для вивчення розряду конденсатора запишемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} q = CU_C \\ I = \frac{U_R}{R} \end{cases} \quad (5)$$

Із рис. 1 видно, що $U_C = -U_R$. Крім того, $I = \frac{dq}{dt}$.

Отримуємо рівняння

$$\frac{dq}{dt} = -\frac{q}{RC} \quad (6)$$

При вирішенні цього рівняння будемо вважати, що в момент $t = T$ заряд конденсатора визначається рівнянням (2), тобто

$$q(T) = C\varepsilon \left(1 - e^{-\frac{T}{\tau}} \right).$$

Тут $\tau = RC$. Звідси

$$q(t) = C\varepsilon \left[e^{-\frac{(t-T)}{\tau}} - e^{-\frac{t}{\tau}} \right] \text{ при } t > T,$$

і напруга на виході

$$U_C = U_R = \varepsilon \left[e^{-\frac{(t-T)}{\tau}} - e^{-\frac{t}{\tau}} \right]. \quad (7)$$

Таким чином, в розглянутих колах напруги і струми під час перехідного процесу змінюються за експоненціальним законом. Постійна часу τ характеризує швидкість перехідного процесу. За час $t = \tau$ убиваюча за експонентою величина зменшується в e разів (тобто приблизно в 2,7 разів) і досягає 0,37 свого первинного процесу, а наростаюча 0,63 сталого значення. На рис. 15 показано як наростаюча величина U_C при $\tau = 1$ досягає значення 0,63 від сталого значення рівного 1. За час $t = 3\tau$ і $t = 5\tau$ вона досягне відповідно, 0,95 і 0,99. Практично перехідний процес можна вважати закінченим за час $t = (3-5)\tau$. Аналогічно убиваюча величина за час $t = 3\tau$ і $t = 5\tau$ досягає, відповідно, 0.05 і 0.01 свого первинного значення.

Розглянемо на рис. 1 різні граничних ситуації, за якими можна розрізнити RC -кола (аналогічно і RL -кола). Вводячи за визначенням падіння напруги на опорі і ємності,

$$U_R = IR = \frac{dq}{dt} R,$$

$$U_C = \frac{q}{C}.$$

і враховуючи зв'язок між ними

$$U_R = \frac{dq}{dt} \frac{RC}{C} = \tau \frac{dU_C}{dt},$$

$$\tau = RC,$$

$$U_C = \frac{Rq}{RC} = \frac{1}{\tau} \int U_R dt,$$

отримаємо два паралельних випадки:

якщо $U_R \ll U_C$, то $U_{вх} \sim U_C$ і, знімаючи сигнал з U_R , маємо

$U_R \sim \tau \frac{dU_{вх}}{dt}$ - похідна від вхідного сигналу, тобто диференціальне коло;

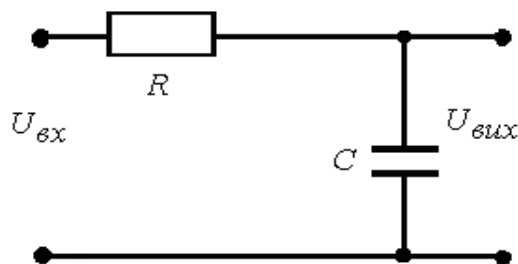
якщо $U_R \gg U_C$ то $U_{вх} \sim U_R$ і, знімаючи сигнал з U_C , маємо $U_C \sim \frac{1}{\tau} \int U_{вх} dx$ - інтеграл від вхідної напруги, тобто інтегруюче коло.

4.1.3. Інтегруюче RC-коло. Об'єднуючи формули (3) і (7), отримуємо

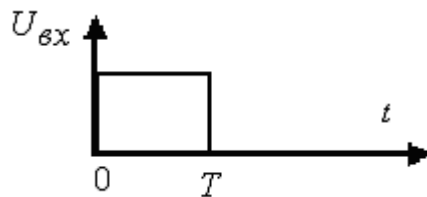
$$U_C = \begin{cases} \varepsilon \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) & \text{при } 0 < t < T \\ \varepsilon \left(e^{-\frac{(t-T)}{\tau}} - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) & \text{при } t > T \end{cases}$$

Графік цієї функції показаний на рис. 3 порівнюючи графіки на рис. 16 б і рис. 16 в, бачимо, що інтегруюче коло згладжує сигнал. Зокрема при $T \ll \tau$ напруга на виході пропорційна інтегралу від напруги на вході. Це відповідає вище написаній умові $U_R \gg U_C$, що виконується при великих R або C , що і пояснює походження назви R - кола даного типу.

а)



б)



в)

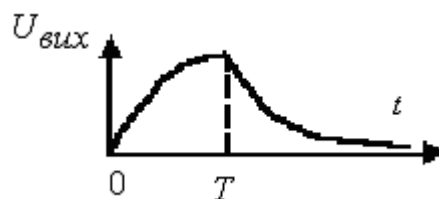


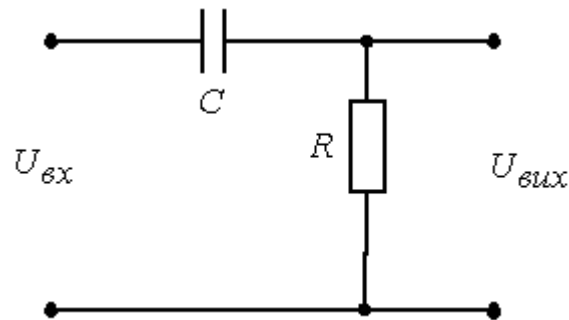
Рисунок 3 – Принципова схема:

а) форма вхідного імпульсу; б) вихідного; в) інтегруюче RC-коло

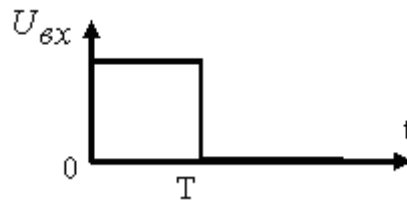
4.1.4 Диференціальне RC – коло (рис. 4). Якщо на виході знімається напруга не на конденсаторі, а на резисторі, то

$$U_R = \begin{cases} \varepsilon \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} & \text{при } 0 < t \leq T \\ \varepsilon \left(e^{-\frac{(t-T)}{\tau}} - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) & \text{при } t > T \end{cases} .$$

а)



б)



в)

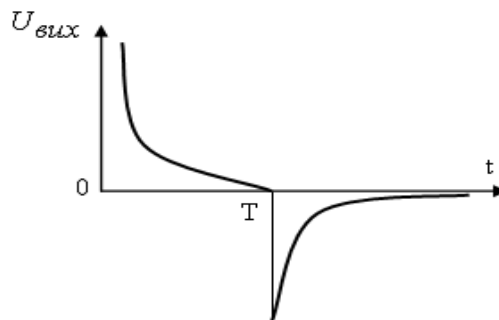


Рисунок 4 – Диференціальне коло:

а) принципова схема; б) форма імпульсу на вході;

в) форма імпульсу на виході кола

Зокрема, при $\tau \ll T$ зарядження і розрядження конденсатора відбувається дуже швидко в порівнянні з тривалістю вхідного імпульсу, що відповідає умові $U_R \ll U_C$, і струм через опір відрізняється від нуля протягом незначального часу з початку і на кінці імпульсу, а напруга на

опорі пропорційна похідній прямокутного імпульсу. Це пояснює походження назви "Диференціальне коло".

4.2 Електричний імпульс, який проходить через RL – коло

Еквівалентна схема генератора імпульсної напруги прямокутної форми, що напружена на RL – коло показана на рис. 5.

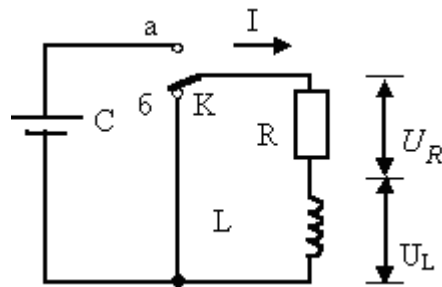


Рисунок 5 - Еквівалентна схема генератора імпульсної напруги прямокутної форми, що напружена на RL – коло

Розгляд цього генератора аналогічний теорії, яка викладена в п. 1.1, з різницею, що в інтегруючому RL – колі напруга на виході знімається з опора (рис. 6), а в диференціальному – з індуктивності (рис. 7).

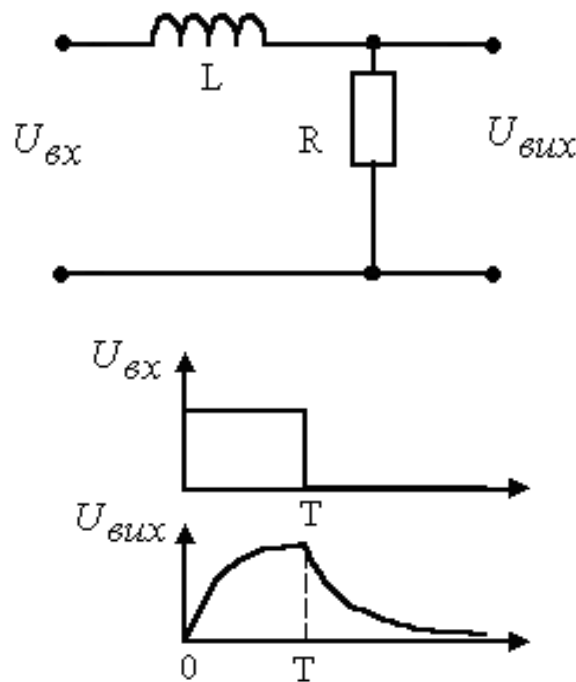


Рисунок 6 – Інтегруюче коло

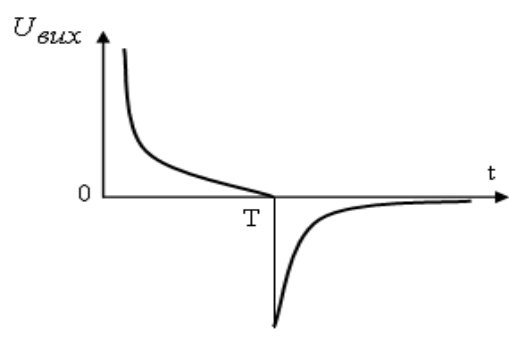
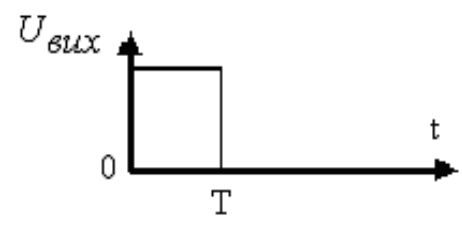
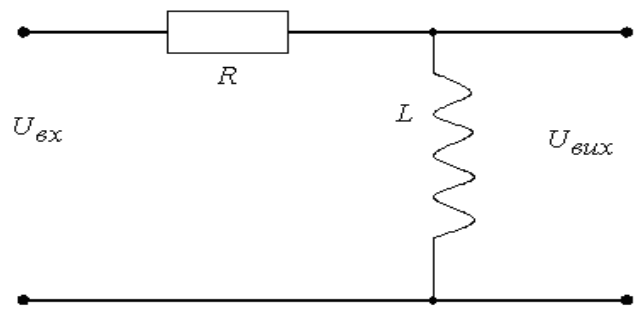


Рисунок 7 – Диференціальне коло

Коротко розглянемо процеси, що протікають при включенні напруги при нульовій енергії в індуктивності. Відключення від джерела постійної напруги пропонується розглянути самостійно. При включенні прикладена напруга U дорівнює сумі падінь напруг на опорі і падінь напруг урівноваженої електрорушійної сили самоіндукції в і індуктивності L .

$$L \frac{dI}{dt} + IR = U .$$

При вирішенні цього диференціальне рівняння отримаємо:

$$I = \frac{U}{R} + Ae^{-\frac{L}{R}t} .$$

В початковий момент часу, коли $t = 0$, струм дорівнює нулю. Звідси

$$I(0) = \frac{U}{R} + A = 0, \quad A = -\frac{U}{R}.$$

Тоді струм, що протікає в колі:

$$I = \frac{U}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right).$$

Підставимо в формулу $U_L = L \frac{dI}{dt}$ значення струму, визначимо напругу на індуктивності:

$$U_L = U e^{-\frac{t}{\tau}},$$

де величина постійної часу τ тепер визначається співвідношенням $\tau = \frac{L}{R}$.

Устаткування та апаратура

Вольтметр постійного струму на три межі вимірювання: 0—3 В, 0—15 В, осцилограф електронний двопробеневий, генератор імпульсів Г5-15, з'єднувальні дроти, джерело постійного струму напругою 30В, набір резисторів, конденсаторів, котушок індуктивності.

Порядок виконання роботи

4.3 Зняття залежності напруги на конденсаторі при зарядженні та розрядженні

1. Зібрати схему, що наведена на рис. 1, використовувати номінали елементів за вказівкою викладача.
2. Установити вихідну напругу блока живлення 10 В.
3. Під'єднати вхід вольтметра до гнізд " U_C " лабораторної установки.
4. Поставити ключ в положення "Заряд", нажати та утримувати кнопку "Скидання".
5. Виміряти вольтметром напругу на конденсаторі, відпустити кнопку "Скидання" і далі проводити відлік значення напруги на конденсаторі через кожні десять секунд, доки вона не прийде до сталого значення, отримані дані занести в табл. 1.

Таблиця 1 – Таблиця результатів експериментів

	U_C при $t = 0$	U_C при $t = 10$	U_C при $t = 20$...	U_C при $t = n0$
Перший цикл					
Другий цикл					
...					
Усереднене U_C по циклам					

6. Повторити п. 5 три-п'ять раз, після чого провести усереднення отриманих результатів для кожного моменту часу реєстрації напруги.

7. Поставити ключ в положення "Розряд" і повторити п.п. 5 і 6, результати записати в табл. 1.

8. Побудувати графіки отриманих залежностей, порівняти з розрахунковими для даної сталої часу.

4.4 Зняття залежності струму через конденсатор при розрядженні та зарядженні

1. Зібрати схему, що наведена на рис. 1, використовувати номінали елементів за вказівкою викладача.

2. Установити вихідну напругу блока живлення 10 В.

3. Під'єднати вхід вольтметра до гнізд " U_R " лабораторної установки.

4. Поставити ключ в положення "Заряд", нажати та утримувати кнопку "Скидання".

5. Виміряти вольтметром напругу на резисторі, відпустити кнопку "Скидання" і далі проводити відлік значення напруги на резисторі через кожні десять секунд, доки вона не прийде до сталого значення, отримані дані занести в табл. 8.

6. Повторити п. 5 три-п'ять раз, після чого провести усереднення отриманих результатів для кожного моменту часу реєстрації напруги.

7. Поставити ключ в положення "Розряд" і повторити п.п. 5 і 6, результати записати в табл. 2, перерахувати значення отриманої напруги в струм для відомого R , використовуючи закон Ома.

8. Побудувати графіки отриманих залежностей, порівняти з розрахунковими для даної сталої часу.

Таблиця 2– Таблиця результатів експериментів

	U_R при $t = 0$	U_R при $t = 10$	U_R при $t = 20$...	U_R при $t = n0$
Перший цикл					
Другий цикл					
...					
Усереднене U_R по циклам					
Значення струму для кожного t					

4.5 Дослідження інтегруючого кола

Електрична схема для вивчення інтегруючого RC – кола представлена на рис. 8

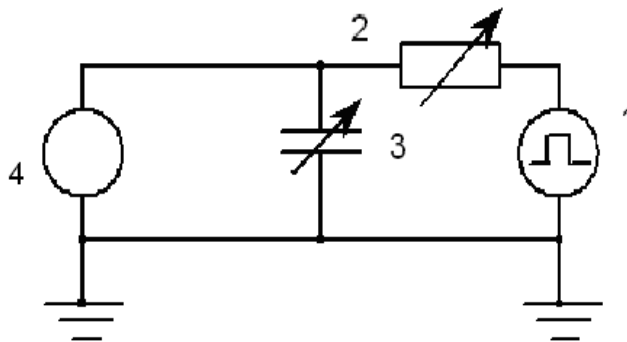


Рисунок 8 – Інтегруюче RC – коло:

1 – осцилограф; 2 – магазин опорів; 3 – магазин ємностей; 4 – генератор імпульсів

1. Задати частоту повторення сигналу генератора та тривалість імпульсів такими, щоб отримати послідовність типу "меандр" і амплітуду 3В. Виміривши амплітуду та час імпульсу на екрані осцилографа в сантиметрах, перевести їх в звичайні одиниці вимірювання цих величин, скориставшись перехідними коефіцієнтами, що вказані на перемикачах осцилографа.

2. Розрахувати ємність C при якій постійна часу τ буде дорівнювати тривалості заданого сигналу ($\tau \approx t$) при заданому опорі $R=100$ Ом. Зібрати схему інтегруючого кола. Зарисувати її в зошит.

3. Установити отриману ємність і опір 100 Ом на магазині ємностей і опорів відповідно.

4. Отримати на осцилографі криві напруг для диференціального та інтегруючого кола, скопіювати їх на міліметровку для випадків:

а) з постійними часу τ , значно більшими тривалості імпульсів, що подаються T ($\tau \gg T$);

б) з постійними часу τ , значно меншими тривалості імпульсів, що подаються $t_{имп}$ ($\tau \ll T$);

в) з постійними часу τ , що дорівнюють тривалості імпульсів ($\tau = T$);

5. Пояснити їх.

6. Провести дослідження диференціального RC – кола відповідно з завданням п.п 1-4.

7. Слідуючи п.п. 1-4 провести дослідження інтегруючого і диференціального RL – кола.

Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.
2. Технічні дані електровимірювальних приладів і устаткування, які необхідні для виконання роботи.
3. Електрична схема вимірювань.
4. Табл. 1 і табл. 2 з вимірними величинами.
5. Графіки залежностей: $U_C = f(t)$, $I = f(t)$.
6. Епюри напруг на виході інтегруючого та диференціального кола при різних величинах ємності конденсаторів і опорів резисторів.
7. Висновки по роботі.

Контрольні запитання

1. Що називається перехідним процесом в електричних колах?
2. Накресліть схеми основних типів RL – і RC – кіл?
3. Чому дорівнює постійна часу для RL – і RC – кіл? Яка її розмірність і чому?
4. Як залежить амплітуда вихідного сигналу від величини вхідних в RL – і RC – кіл елементів?

5. Відомо, що однакові умови інтегрування та диференціювання можна забезпечити при різних величинах R , L і C . Із яких міркувань треба вибирати конкретні величини R , L і C ?
6. Як вимірюється напруга на виході в диференціальних і інтегруючих RL – і RC – колах?
7. Поясніть сенс назви "диференціальне" та "інтегруюче" коло?

Перелік навчальної літератури

1. Лавріненко Ю.В. Основи електротехніки та електроніки: Конспект лекцій. – Одеса, 2009. (електронний варіант)