

Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю. М. Потєбні

Кафедра: Електроніки, інформаційних систем та програмного
забезпечення

Практичне заняття 1

з дисципліни Аналогова та оптохемотехніка

Пасивні компоненти електронних схем.

Дільники напруги

Студента (ки) 2 курсу, групи _____

(прізвище та ініціали)

Викладач _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

м. Запоріжжя – 2024 рік

Метою вивчення теми є засвоєння вимог до параметрів та схемних рішень пасивних елементів електронних схем.

Ключові терміни та поняття: резистор, опір, конденсатор, ємність, індуктивність, добротність.

План самостійного опрацювання теми.

1. Засвоїти розрахунки схем на резисторах.
2. Засвоїти розрахунки схем на конденсаторах.
3. Засвоїти розрахунки схем на котушках індуктивності.

Методичні вказівки до вивчення питань та виконання завдань.

Пасивні елементи, в залежності від функцій, які вони виконують, діляться на такі групи:

- резистори;
- конденсатори;
- котушки індуктивності.

1.1 Резистори - це електронні елементи, які служать для зміни струму та напруги в електричних колах. Розрізняють два основні типи резисторів: постійні та змінні. Постійні резистори задають зміну струму на деяку певну фіксовану величину, а змінні мають можливість регулювати зміну струму і напруги у широких межах.

Резистори працюють як з постійними, так і з змінними видами електричних сигналів. У загальному випадку опір резистора знаходиться згідно закону Ома:

$$I = \frac{U}{R}.$$

При цьому потужність резистора визначається з виразу:

$$P = UI = I^2 R.$$

Постійні, діляться на дві групи: загального та спеціального призначення (рис. 1.1).

До резисторів загального призначення не ставляться високі вимоги щодо точності виготовлення і стабільності параметрів. Ці резистори використовуються, в основному, як елементи побутової техніки. До резисторів спеціального призначення відносяться елементи підвищеної стабільності, високо-частотні, високоомні, а також резистори для мікромодулів та мікрозбірок.

Прецизійні - відрізняються значною точністю виготовлення - допуск від 0,001% до 1%. Стабільність параметрів дуже висока. Використовують такі резистори в вимірювальних приладах, обчислювальній техніці, системах автоматики. Потужність прецизійних резисторів не більше 2 Вт, при більших потужностях розсіювання складно виконати вимоги стабільності параметрів.

Високочастотні (ВЧ) резистори мають малу власну ємність та індуктивність.

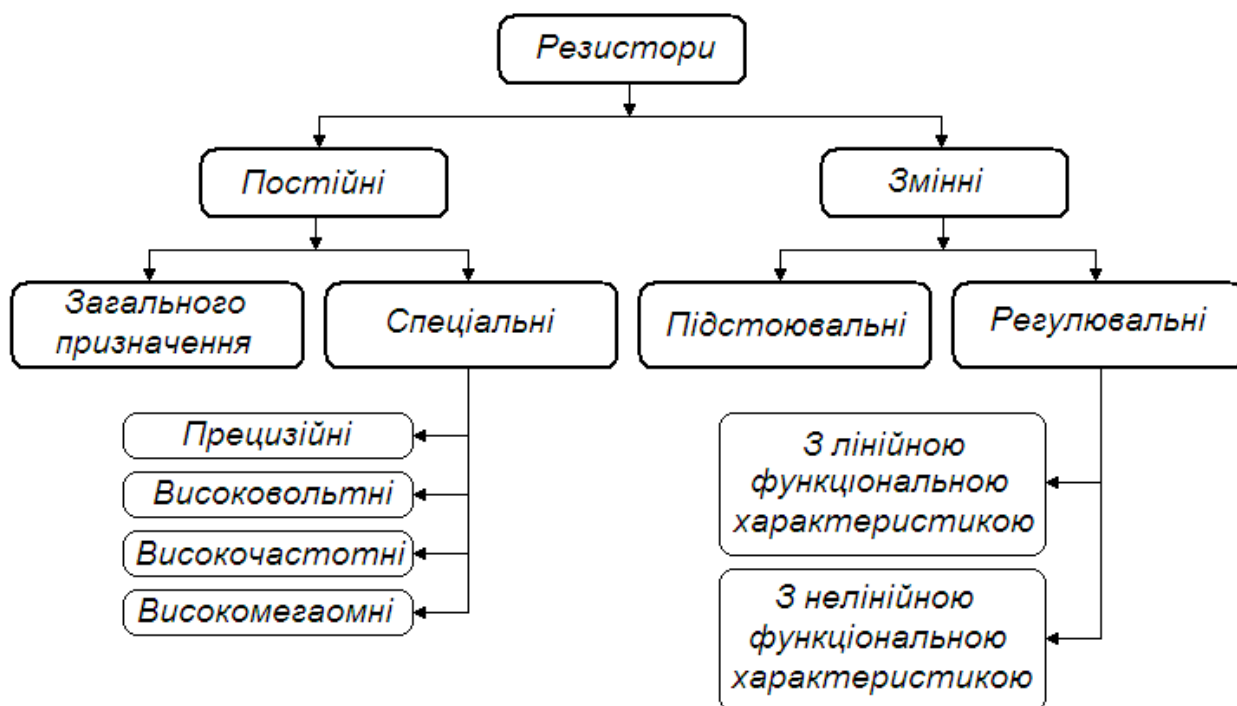


Рисунок 1.1 – Розподіл резисторів за призначенням

Використовують в ВЧ колах, кабелях та хвилеводах - це узгодження навантажень або сигналів, в атенюаторах, відгалужувачах, працюють як еквіваленти різноманітних антен (в основному передавальних). ВЧ резистори (не дротяні) використовують на частотах від одиниць МГц до десятків ГГц, дротяні - до 1 МГц.

Високовольтні резистори розраховані на значні робочі напруги - до десятків кіловольт. Використовуються як діляники напруги, іскрогасників, поглиначів в зарядних (розрядних) високовольтних колах та ін.

Високомегаомні резистори мають діапазон номінальних опорів від десятків МОм до сотень тераом (ТОм), робочі напруги до 400 В, потужності розсіювання $< 0,5$ Вт. Область використання - електричні кола з незначними струмами, прилади нічного бачення, дозиметри, вимірювальна апаратура.

Змінні резистори діляться на підстроювальні та регулюючі.

Підстроювальні резистори розраховані на періодичне підстроювання апаратури. Зносостійкість підстроювальних резисторів незначна - до 1000 циклів переміщення рухомої системи резистору.

Регулюючі резистори використовуються для багаторазового регулювання апаратури > 5000 циклів. Функціональна характеристика резисторів може бути: А - лінійна; Б - логарифмічна; В - обернено логарифмічна, або типів Е, И, S, Н та ін.

До основних параметрів резисторів відносяться:

- номінальний опір;
- номінальна потужність;
- допустиме відхилення номінального опору.

Номінальний опір R - це опір резистора в омах у відповідності з нормативною документацією.

Номинальна потужність P - це максимальна потужність (Вт), яка може розсіюватись резистором на протязі тривалого часу при заданих умовах роботи.

Допустиме відхилення ΔR - це відхилення номінального опору резистора (%) в бік збільшення чи зменшення, задане у технічній документації.

Значення номінального опору, номінальної потужності та допустимого відхилення наносяться на корпусі резистора.

Для позначення опору й одиниць його вимірювання на резисторах наносять відповідні марки з букв та цифр. Наприклад, резистори 220 Ом, 680 Ом, 3,3 МОм, 4,7 ГОм позначають як 220R, 680K, 3M3, 4G7. Тобто буква одночасно позначає множник 1 , 10^3 , 10^6 , 10^9 і розташування коми десяткового знака. Числові значення є стандартизованими, зокрема, встановлено шість рядів: E6, E12, E24, E48, E96, E192, у яких цифра після букви E вказує на кількість номінальних значень у кожному десятковому інтервалі.

Тип маркування, при якому на корпус резистора наноситься фарба у вигляді кольорових кілець або точок називають колірним кодом. Кожному кольору відповідає певне цифрове значення.

Для кожного типу резистора з врахуванням його конструкції, розмірів, застосованих матеріалів та забезпечення тривалої працездатності встановлюється значення робочої напруги, перевищувати яке не можна. Це найбільша напруга, яка обмежується тепловими процесами у струмопровідному шарі резистора та електричною міцністю його ізоляції.

Найбільша робоча напруга U обмежується значеннями номінального опору резистора $R_{ном}$ та його номінальною потужністю розсіювання $P_{ном}$:

$$U = \sqrt{R_{ном} \cdot P_{ном}}$$

Важливою характеристикою резистора є температурний коефіцієнт опору α - відносна зміна опору при зміні його температури на 1 К:

$$\alpha = \frac{1}{R} \frac{\Delta R}{\Delta T}$$

Чим α менший, тим кращу температурну стабільність забезпечує резистор. Температурний коефіцієнт опору вимірюють у величинах $10^{-6}/\text{К}$.

В електронних схемах часто потрібно отримати частину від якоїсь величини напруги. Це завдання вирішує дільник напруги (рис. 1.2). При цьому вхідна напруга подається на два послідовно з'єднаних резистори, а вихідна знімається з одного з них.

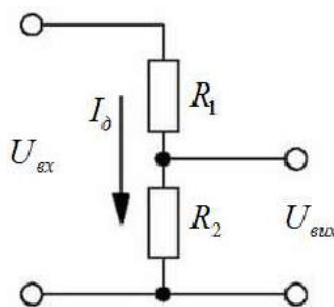


Рисунок 1.2 - Схема дільника напруги

Відповідно до закону Ома:

$$I_{\partial} = \frac{U_{\text{вх}}}{R1 + R2}, \quad U_{\text{вих}} = I_{\partial} \cdot R2$$

Звідси: $\frac{R2}{R1 + R2}$ називається коефіцієнтом передачі подільника (який завжди менше одиниці). Тому вихідна напруга завжди менша вхідної.

1.2 Конденсатори – це система з двох електродів, розділених між собою діелектриком, яка має здатність запасати електричну енергію. У техніці розрізняють полярні і неполярні конденсатори постійної та змінної ємності.

Конденсатори класифікують за:

- робочою напругою: низьковольтні ($U_{\text{роб}} < 1600 \text{ В}$), високовольтні ($U_{\text{роб}} > 1600 \text{ В}$);
- областю застосування - при малих струмах і малих напругах та при великих струмах і високих напругах;
- видом діелектрика - твердим, рідким, газоподібним, окисним, органічним;
- діапазоном робочих частот - для постійної або пульсуючої напруги; для напруги звукових частот (100 ÷ 10000 Гц); для напруги радіочастотного діапазону (вище 100 кГц);
- призначенням - широкого застосування і спеціальні.

Основними параметрами конденсаторів є:

- номінальна ємність,
- допустиме відхилення від номінального значення ємності,
- номінальна робоча напруга,
- частотні властивості,
- допустима амплітуда змінної напруги.

Номінальна ємність C - це відношення накопиченого заряду до прикладеної напруги.

$$C = \frac{Q}{U_c}$$

Ємність вимірюється у фарадах, мікро-, нано-, і пікофарадах.

Допустиме відхилення від номінального значення ємності ΔC (%) характеризує точність значення ємності конденсатора.

Номінальна робоча напруга конденсатора $U_{\text{ном}}$ - це максимальна напруга, при якій конденсатор може працювати на протязі мінімального часу до відмови. Значення робочої напруги встановлюється технічною документацією на виріб.

Частотні властивості характеризують зміну ємності конденсатора від частоти прикладеної змінної напруги.

Допустима амплітуда змінної напруги на конденсаторі - це напруга, при якій втрати енергії в конденсаторі не перевищують допустимих. Її значення обчислюється за формулою:

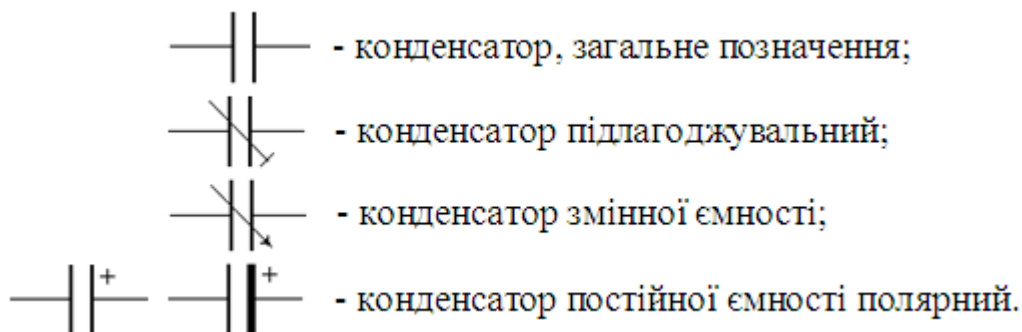
$$U_{\text{доп}} = \sqrt{\frac{P_{\text{р.доп}}}{Cf\pi}},$$

де $P_{\text{р доп}}$ - допустима реактивна потужність, ВА; f - частота змінної напруги на конденсаторі, Гц; C - ємність конденсатора, Ф.

Для напівпровідникових і електролітичних (полярних) конденсаторів $U_{\text{м доп}}$ повинна становити не більш ніж 20 % від значення робочої напруги, яка вказана на корпусі конденсатора.

Позначення конденсаторів наноситься на їхніх корпусах і складається з букви К, двозначного числа, яке вказує вид діелектрика, умовного індексу, який визначає призначення конденсатора, і порядкового номеру розробки. Нижче вказується номінальна ємність і рік випуску елемента.

Умовні графічні позначення конденсаторів на електричних принципових схемах наведені нижче:



Кодове маркування конденсаторів часто використовується на маленьких конденсаторах, на яких важко розмістити повне числове значення ємності конденсатора. Перша цифра означає першу цифру ємності Друга цифра - другу цифру ємності, третя цифра означає число нулів, які необхідно додати до перших двох цифр, щоб отримати значення ємності конденсатора в рF. Наступні знаки означають допуск і напругу. Наприклад: 152 означає 1500 рF (не 152 рF) Наприклад: 512j означає 5100 рF (1 означає 5% допуск).

На деяких типах значення ємності конденсатора надруковано безпосередньо на корпусі без всякого множника. Наприклад: 0.1 означає 0,1μF = 100 nF. Іноді множник використовують замість коми, наприклад: 5n6 означає 5.6 nF.

Котушки індуктивності (КІ) - це намоточні вузли електронних схем, які застосовуються як елементи коливальних контурів, для фільтрації сигналів різних частот, отримання магнітного зв'язку між окремими елементами електричних ланок, для створення на окремих ділянках електричної ланки заданих індуктивних опорів.

КІ поділяються на КІ для коливальних контурів та дроселі. Дроселем називається котушка індуктивності, яка вмикається в коло для створення опору струмам високої або низької частоти. Опір дроселя постійному струмові повинен бути мінімальним, а повний опір - достатньо високим і мати індуктивний характер. Чим вища частота фільтрації - тим розміри дроселя є меншими.

Котушки індуктивності бувають двох видів - з постійною та змінною індуктивністю.

Основними параметрами дроселів та котушок індуктивності є:

- індуктивність;
- допустиме відхилення індуктивності;
- добротність;
- власна ємність.

Індуктивність L - це відношення потокозчеплення ψ самоіндукції котушки до струму I , який протікає через неї.

$$L = \frac{\psi}{I}$$

Чим більша індуктивність котушки або дроселя, тим більша енергія магнітного поля, якими вони запасуються при заданому значенні струму. Індуктивність вимірюється у генрі, мілігенрі, мікрогенрі ($1 \text{ Гн} = 10^3 \text{ мГн} = 10^6 \text{ мкГн}$).

Індуктивність котушки в мкГн визначається співвідношенням:

$$L = L_0 W^2 D \cdot 10^{-3},$$

де W - число витків; D - діаметр котушки, см; L_0 - коефіцієнт, залежний від відношення довжини котушки l до її діаметру D . Для одношарових котушок величина L_0 визначається співвідношенням:

$$L_0 = \frac{1}{0,1 \left(\frac{l}{D} + 0,45 \right)}.$$

Оптимальними в цьому випадку являються відношення $l / D = 0,6 \dots 1,0$, а діаметр котушки в межах від 1 до 2 см. При розрахунку діаметр котушки D приймають рівним діаметру каркаса D_0 .

Для багатшарових котушок величина D_0 залежить не лише від відношення l / D , але і від відношення товщини намотування t до діаметру котушки D . У цьому випадку величину D_0 визначають по графіках (рис. 1.3), а зовнішній діаметр котушки приймають рівним

$$D = D_0 + 2t.$$

При розрахунку котушки індуктивності заздалегідь задають геометричні розміри котушки і визначають коефіцієнт L_0 , а потім за заданою величиною індуктивності L знаходять число витків:

$$W = \sqrt{\frac{L \cdot 10^3}{L_0 \cdot D}},$$

де L вказується в мікрогенрі, а D - в сантиметрах.

Для намотування котушки зазвичай застосовують дріт оптимального діаметру, що дозволяє створити котушку індуктивності з найменшими втратами.

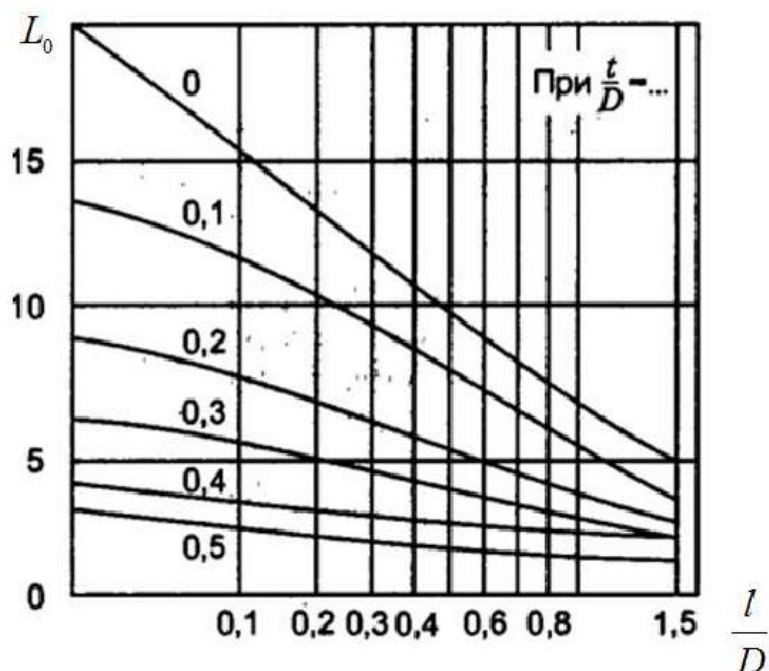


Рисунок 1.3 – Графіки для розрахунку котушок індуктивності

Допустиме відхилення індуктивності - це відношення у (%) відхилення індуктивності котушки чи дроселя від заданого значення, наведене у технічній документації.

Добротність Q - це відношення реактивного опору котушки до її активного опору.

$$Q = \frac{\omega L}{R}$$

Добротність визначає ККД та резонансні властивості контурів.

Власна ємність - це ємність, яка виникає між витками та шарами обмотки котушки. Власна ємність є паразитним параметром, який збільшує втрати енергії і зменшує стабільність роботи коливальних контурів.

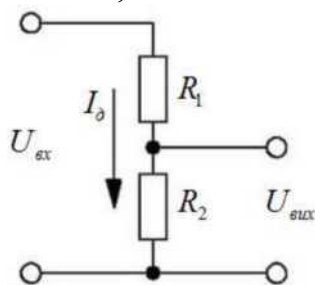
В основному, котушки індуктивності бувають двох типів - об'ємні (циліндричні, квадратного і інших перерізів) та площинні (спіральні).

Питання для закріплення вивченого матеріалу та самоконтролю.

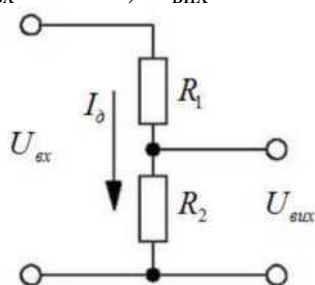
1. Назвіть пасивні компоненти та їхні основні властивості.
2. Назвіть призначення резисторів.
3. Назвіть основні параметри пасивних компонентів.
4. Поясніть вплив опору резистора на струм в його колі.
5. Поясніть, за яких умов в колі конденсатора може протікати постійний струм.
6. Поясніть механізм протікання змінного струму в колі конденсатора.
7. Поясніть виникнення опору котушки індуктивності.
8. Поясніть вплив опору навантаження на вихідну напругу резистивного подільника.

Практичні завдання.

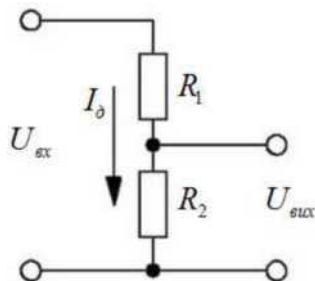
1. Визначити величину напруги на вході дільника напруги ($U_{вх}$), зображеного на рисунку, якщо: $R_1 = 5 \text{ Ом}$, $R_2 = 10 \text{ Ом}$, $U_{вих} = 12 \text{ В}$.



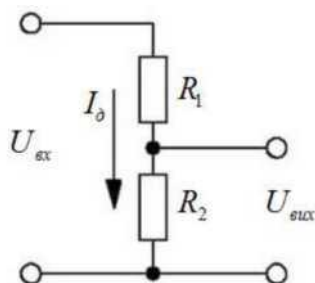
2. Розрахувати величину опору R у дільнику напруги, зображеного на рисунку, якщо: $R_2 = 9 \text{ Ом}$, $U_{вх} = 20 \text{ В}$, $U_{вих} = 8 \text{ В}$.



3. Розрахувати величину опору R у дільнику напруги, зображеного на рисунку, якщо: $R_1 = 16 \text{ Ом}$, $U_{вх} = 18 \text{ В}$, $U_{вих} = 6 \text{ В}$.



4. Визначити величину сили струму I_0 , який протікає через дільник напруги, зображеного на рисунку, якщо коефіцієнт передачі подільника $0,8$, а $R_1 = 6 \text{ Ом}$, $U_{вих} = 12 \text{ В}$.



5. Визначити допустиму амплітуда змінної напруги частотою 50 Гц на плоскому слюдяному конденсаторі, якщо площа його пластин 12 см^2 , відстань між пластинами 2 мм , а допустима реактивна потужність 50 ВА .

6. На одношарову котушку діаметром 1,8 см та довжиною 1 см намотано 20 витків дроту. Визначити індуктивність котушки.

7. Необхідно виготовити одношарову котушку діаметром 2 см, довжиною 1,2 см та індуктивністю 120 мкГн. Визначити скільки витків дроту необхідно намотати на каркас котушки.

8. Необхідно виготовити багатшарову котушку індуктивністю 6 мкГн з діаметром каркасу 2 см, довжиною 1,6 см, яка має товщину обмотки 1 см. Визначити скільки витків дроту необхідно намотати на каркас котушки.

9. Багатшарова котушка має 120 витків дроту. Визначити кількість витків дроту, намотаних на каркас котушки довжиною 1,4 см, якщо діаметр каркасу 2,2 см, а товщина, обмотки 0,8 см.

10. Через одношарову котушку діаметром 1,9 см, довжиною 1,6 см та індуктивністю 80 мкГн проходить струм частотою 50 Гц. Опір котушки 0,5 Ом. Визначити добротність котушки.