

Лабораторна робота № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІНІЙНИХ ЧОТИРИПОЛЮСНИКІВ

Мета роботи: Вивчення параметрів і частотних характеристик лінійних чотириполіусників.

Обладнання: генератор сигналів низькочастотний ГЗ-123, осцилограф універсальний С1-83, резистори типу МЛТ, конденсатори типу БМ.

1. Теоретичні відомості

Двополіусник - елемент кола із двома полюсами (клемами), які називаються входами (Рис. 4.1).

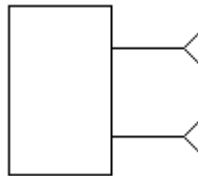


Рисунок 4.1

Чотириполіусник - елемент кола із двома парами полюсів (клем): входом і виходом (Рис. 4.2).

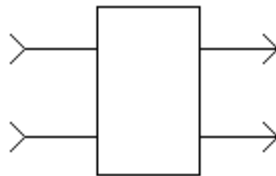


Рисунок 4.2

Вольт-амперна характеристика чотириполіусника показує залежність сили струму, який протікає через чотириполіусник, від зміни напруги на його клеммах (Рис. 4.3).

Лінійний чотириполіусник має лінійну вольт-амперну характеристику. (При синусоїдальному законі зміни напруги в лінійному колі струм в ньому також змінюється синусоїдально).

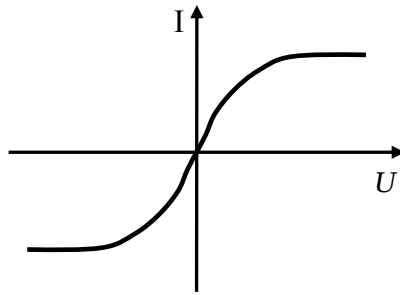


Рисунок 4.3

Вольт-амперна характеристика лінійного пасивного чотириполюсника - пряма лінія, що проходить через початок координат (Рис. 4.4).

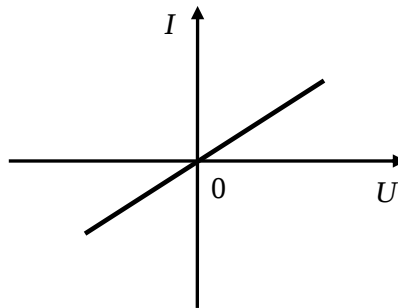


Рисунок 4.4

Вольт-амперна характеристика лінійного активного чотириполюсника – пряма лінія, що не проходить через початок координат (Рис. 4.5).

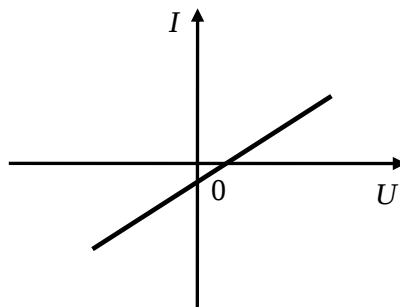


Рисунок 4.5

У лінійного чотириполюсника діюче значення напруги між клемми пропорційно діючому значенню сили струму.

За законом Ома

$$U = Z \cdot I, \quad (4.1)$$

Повний опір Z лінійного чотириполюсника визначається за допомогою двох параметрів: модуля опору z і фази φ (фазового кута). Повний опір вимірюється в омах (Ом).

Активний опір (R): фазовий кут дорівнює нулю $\varphi = 0$.

Реактивний опір (X): фазовий кут не дорівнює нулю $\varphi \neq 0$.

Індуктивний опір $X_L = \omega L$, де $\omega = 2\pi \cdot f$ - кутова частота, L - індуктивність.

Ємнісний опір $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$, де C - ємність.

Модуль повного опору при послідовному з'єднанні R , C , L : $z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$, фаза $\cos\varphi = \frac{R}{z}$, знак φ визначає знак $(X_L - X_C)$.

Провідність (g) - величина, зворотна опору $g = 1/z$; вимірюється в Сименсах (См).

Пасивний чотириполюсник складається з індуктивностей, ємностей, резисторів.

Ослаблення чотириполюсника - величина, що характеризує зменшення напруги U , струму I або потужності $P = I \cdot U$ при передаванні через чотириполюсник.

Ослаблення вимірюється в децибелах:

а) якщо вихідна потужність P_2 , а вхідна P_1 , то ослаблення дорівнює:

$$\alpha = 10 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1}, \quad (4.2)$$

б) у випадку напруг, U_2 - вихідної та U_1 - вхідної, ослаблення становить:

$$\alpha = 20 \cdot \lg \frac{U_2}{U_1}, \quad (4.3)$$

Ослаблення в чотириполюснику залежить від опорів генератора і навантаження.

Активний чотириполюсник має можливість передавати в навантаження потужність, більшу за ту, що надходить до нього, оскільки до його складу входять джерела живлення електронних підсилювальних ламп, транзисторів.

Коефіцієнт передавання - відношення величини напруги, струму або потужності на виході чотириполюсника до відповідної величини на вході.

Модуль вхідного опору $Z_{вх}$ чотириполюсника дорівнює відношенню збільшення вхідної напруги ΔU_1 на вхідних клеммах до викликаного ним зростання вхідного струму ΔI_1

$$Z_{\text{вх}} = \frac{U'_1 - U_1}{I'_1 - I_1} = \frac{\Delta U_1}{\Delta I_1}, \quad (4.4)$$

де U_1 - початкова вхідна напруга;

U'_1 - збільшена вхідна напруга;

I_1 - початковий вхідний струм.

I'_1 - збільшений вхідний струм.

Модуль вихідного опору $Z_{\text{вих}}$ чотириполюсника дорівнює відношенню збільшення вихідної напруги ΔU_2 до відповідної зміни величини вихідного струму ΔI_2 :

$$Z_{\text{вих}} = \frac{U'_2 - U_2}{I'_2 - I_2} = \frac{\Delta U_2}{\Delta I_2}, \quad (4.5)$$

де U_2 - початкова вихідна напруга;

U'_2 - збільшена вихідна напруга;

I_2 - початковий вихідний струм.

I'_2 - збільшений вихідний струм.

2. Завдання

2.1 Зібрати схему лінійного чотириполюсника та схему дослідження його АЧХ і ФЧХ у відповідності з варіантом Рис 4.6 (а–в) та рис.4.7.

2.2 Зняти АЧХ і ФЧХ чотириполюсника.

2.3 Розрахувати коефіцієнт передавання та фазовий зсув між вихідною та вхідною напругами чотириполюсника для 10 значень частот відповідно п.2.2.

2.4 Побудувати експериментальні та розрахункові характеристики на одному графіку відповідно для АЧХ та ФЧХ.

3. Порядок виконання роботи

3.1 Варіанти лінійних чотириполюсників задаються у відповідності до рисунку 4.6.

Номінали елементів плати набірного поля наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Рисунок	R , кОм	R_1 , кОм	R_2 , кОм	C , мкФ	C_1 , мкФ	C_2 , мкФ
4.6, а		1	2,2	0,1		
4.6, б		1	2,2	0,01		
4.6, в	1				0,1	0,01

Зібрати схему дослідження частотних характеристик одного з варіантів (рисунок 4.6, а–в) лінійного чотирьохполюсника у відповідності до рисунку 4.7.

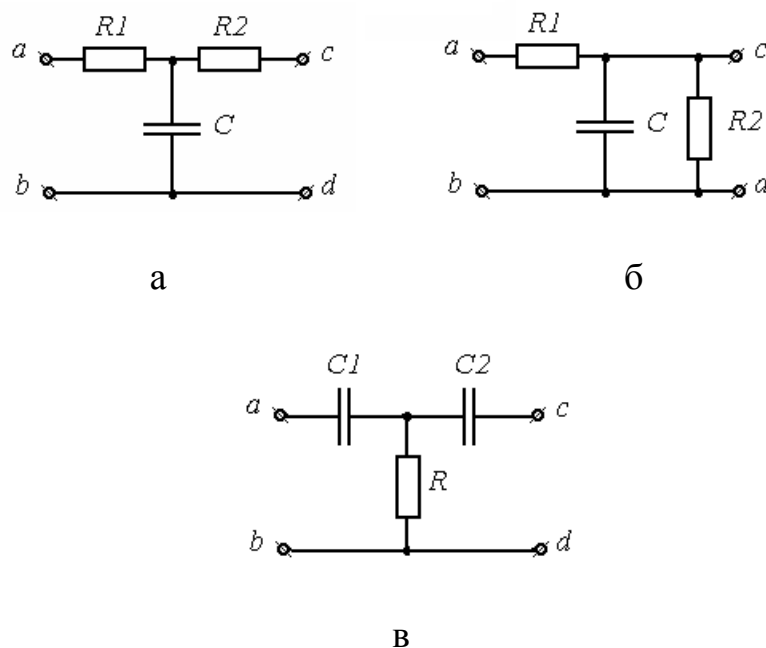


Рисунок 4.6

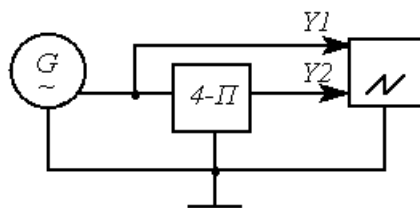


Рисунок 4.7

3.2 Увімкнути прилади. Осцилограф використати у режимі спостереження сигналів по обох каналах (перемикач роду робіт встановити в положення „---”). На виході генератора задати напругу 10 В частотою $f = 2$ кГц. Дискретно змінюючи частоту через $(0.2 \div 0.5)$ кГц визначити діапазон вимірювань $f_{min} - f_{max}$, в якому змінюється амплітуда вихідного сигналу. Розбити визначений діапазон на 10 рівних інтервалів і значення частоти кожного вписати замість позначок частоти f_i в таблиці 4.2.

3.3 Розрахувати параметри схеми запропонованого варіанту чотирьохполюсника для десяти частот, зазначених в таблиці 4.2:

- вхідний Z_1 , вихідний Z_2 опори (див. таблицю - додаток);
- коефіцієнт передавання $K(f) = \frac{U_2}{U_1}$.

Дані розрахунку занести до таблиці 4.2. Побудувати залежності $Z(f)$, $K(f)$.

Таблиця 4.2 Результати вимірювання АЧХ та ФЧХ чотириполюсника

Значення f , кГц		f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	f_9	f_{10}
$Z_{\text{вх}}$	розр.										
$Z_{\text{вих}}$	розр.										
$U_{\text{вих}}$, В											
$K(f)$	розр.										
	експ.										
ФЧХ	X_1										
	X_2										
$\Delta\varphi$, град	розр.										
	експ.										

3.4 Виставити на виході генератора напругу $U=10\text{В}$. Встановлюючи частоти, зазначені в таблиці 4.2 і підтримуючи вхідну напругу сталою, зняти АЧХ чотириполюсника, вимірюючи вихідну напругу за допомогою осцилографа. Одержані дані занести до таблиці 4.2. Побудувати експериментальну АЧХ $|K(f)/K_0|$ на одному графіку з розрахунковою.

3.5 Зняти ФЧХ методом фігур Лісажу у такій послідовності. Осцилограф використати у режимі характериографа (перемикач роду роботи підсилювача встановити в положення „II, X-Y”; перемикач синхронізації - в положення „X-Y”). Ручками перемикачів „V/дел” виставити зображення в межах екрану при їх однакових положеннях по входах X та Y. Установити зображення в центрі екрану. Виміряти відстані X_1 та X_2 у поділках, як зображено на рисунку 4.3.

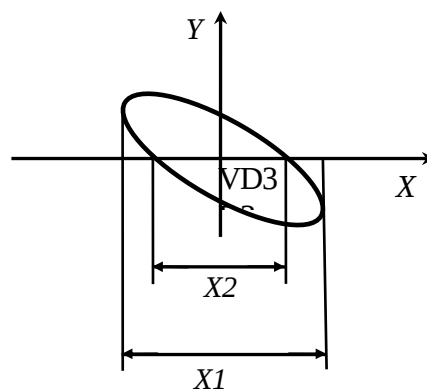


Рисунок 4.3

Змінюючи частоту від $f_{\min}$ до $f_{\max}$, зняти ФЧХ, вимірюючи X_1 та X_2 у поділках, як зображено на рисунку 4.3. Фазовий зсув розрахувати за формулою:

$$\Delta\varphi = \pm \arcsin \frac{X_2}{X_1}, \quad (4.6)$$

3.6 Одержані результати занести до таблиці 4.2. Побудувати фазо-частотну характеристику $\varphi(f)$ на одному графіку з розрахунковою.

3.7 Побудувати амплітудно-фазову характеристику лінійного чотириполюсника, використовуючи відповідність між частотою і амплітудою та між фазовим зсувом і частотою у таблиці 4.2.

Додаток. Пояснення до виконання лабораторної роботи

Розрахункові значення вхідного $Z_{\text{вх}}$ і вихідного $Z_{\text{вих}}$ опорів виразити комплексними числами в показниковій і алгебричній формах:

- додавання/віднімання двох і більшої кількості комплексів робити в алгебричній формі, наприклад, $(a_1 + jb_1) + (a_2 + jb_2) + \dots = (a_1 + a_2 + \dots) + j(b_1 + b_2 + \dots)$;

- ділення і множення комплексних чисел робити в показниковій формі запису,

наприклад,

$$Z_3 \cdot e^{j\varphi_3} = \frac{Z_1 \cdot e^{j\varphi_1}}{Z_2 \cdot e^{j\varphi_2}} = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot e^{j(\varphi_1 - \varphi_2)} \text{ або } Z_3 \cdot e^{j\varphi_3} = Z_1 \cdot e^{j\varphi_1} \cdot Z_2 \cdot e^{j\varphi_2} = Z_1 \cdot Z_2 \cdot e^{j(\varphi_1 + \varphi_2)}$$

Для переходу від показникової форми запису до алгебраїчної визначають значення активного $R = Z \cdot \cos \varphi$ і реактивного $X = Z \cdot \sin \varphi$ опорів.

Для переходу від алгебраїчної форми до показникової знаходять модуль комплексного опору $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ та φ ($\tan \varphi = \frac{X}{R}$).

Одержані значення Z домножають на множник $e^{\pm j\varphi}$, відповідно;

Векторні діаграми розташувати на осях ± 1 , $\pm j$. Фазові кути додатні при русі проти часової стрілки і від'ємні при русі за часовою.

Таблиця 4.3

Рисунок 4.1	$Z_{\text{вх}}$	$Z_{\text{вих}}$	U_2	K
а	$R_1 - jX_C$	$R_2 - jX_C$	$U_{\Gamma} \cdot (-jX_C) / Z_{\text{вх}}$	U_2 / U_{Γ}
б	$R_1 - \frac{R_2 \cdot jX_C}{R_2 - jX_C}$	$-\frac{jX_C \cdot R_2}{R_2 - jX_C}$	$U_{\Gamma} \cdot \frac{Z_{\text{вих}}}{Z_{\text{вх}}}$	U_2 / U_{Γ}
в	$R - jX_{C_1}$	$R - jX_{C_2}$	$U_{\Gamma} \cdot \frac{R}{Z_{\text{вх}}}$	U_2 / U_{Γ}

Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Початкові дані для розрахунку.
3. Попередній розрахунок.
4. Принципова схема лабораторної установки.
5. Таблиці експериментальних і розрахункових даних.
6. Графіки залежностей, отриманих в результаті експерименту і розрахунку.
7. Короткі висновки за результатами розрахунку і експерименту.

Контрольні запитання

1. Дати означення чотириполюсника. Навести приклади різних за властивостями чотириполюсників.
2. Назвати основні параметри лінійного чотириполюсника, дати їх означення.
3. Пояснити залежність амплітуди сигналу від частоти.
4. За якої умови амплітуди вхідного і вихідного сигналів чотириполюсника рівні?
5. В чому полягає особливість підготовки осцилографа до зняття фазо-частотної характеристики?
6. Пояснити причину зміни різниці фаз зі зміною частоти чи опору.
7. Якими методами можна визначити фазовий зсув?
8. Викласти сутність методу фігур Лісажу.