

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ЗВІТ

ПРОХОДЖЕННЯ СИГНАЛІВ ЧЕРЕЗ ПАСИВНІ
ЛІНІЙНІ ЧОТИРИПОЛЮСНИКИ

студента 2-го курсу
5-Б групи
Стрибулевича Олександра Сергійовича

Київ. КНУ ім. Т. Шевченка, 2021

РЕФЕРАТ

Об'єкт дослідження – RC та CR чотириполіусники, їх частотні та перехідні характеристики.

Мета роботи – вивчити роботу найпростіших частотних фільтрів, виміряти їх частотні та перехідні характеристики.

Методи дослідження – аналіз вхідного та вихідного сигналів чотириполіусників за допомогою осцилографа.

Зміст

| | |
|------------------------------|----|
| 1 RC фільтр | 4 |
| 1.1 Схема та характеристики | 4 |
| 1.2 Перехідні характеристики | 6 |
| 1.3 Частотні характеристики | 8 |
| 2 CR фільтр | 10 |
| 2.1 Схема та характеристики | 10 |
| 2.2 Перехідні характеристики | 12 |
| 2.3 Частотні характеристики | 13 |

1 RC фільтр

1.1 Схема та характеристики

RC фільтром називають чотириполіусник, схема якого зображена на рис. 1.1

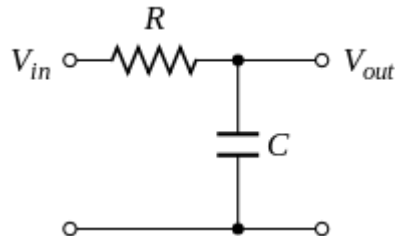


Рис. 1.1

Розрахуємо його амплітудно-частотну та фазо-частотну характеристику.

Нехай на вхід подається змінна напруга з комплексною амплітудою \tilde{V}_{in} . Тоді напруги на виході і вході відносяться як імпеданс конденсатора до імпедансу всієї схеми:

$$\frac{\tilde{V}_{out}}{\tilde{V}_{in}} = \frac{\frac{1}{i\omega C}}{R + \frac{1}{i\omega C}} = \frac{1}{1 + i\omega RC} = \frac{1}{1 + i\omega\tau},$$

де $\tau = RC$ – час релаксації.

Відношення амплітуд вихідного і вхідного сигналів рівне:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 \tau^2}}, \quad (1)$$

тоді як зсув фаз:

$$\phi = - \arctg(\omega\tau).$$

Графіки цих характеристик зображені на рис. 1.2 [1].

Вводять поняття частоти зрізу, для якої відношення (1) рівне $\frac{1}{\sqrt{2}}$: $\omega_c = \frac{1}{\tau}$.

Щоб проаналізувати перехідні характеристики чотириполусника потрібно

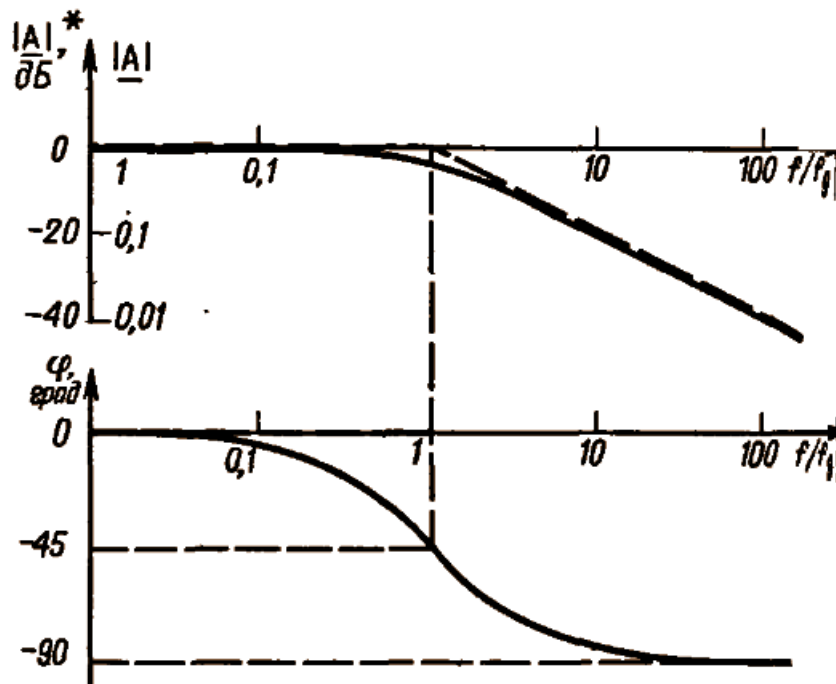


Рис. 1.2

подати на його вхід сходинок. Вихідна напруга схеми зображена на рис. 1.3

[1], де U_e – вхідна напруга, U_a – вихідна, U_r – висота сходинок. Її вигляд:

$$U_{out} = U_{max} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \text{ (рис. 1.3a),}$$

$$U_{out} = U_{max} e^{-\frac{t}{\tau}} \text{ (рис. 1.3б).}$$

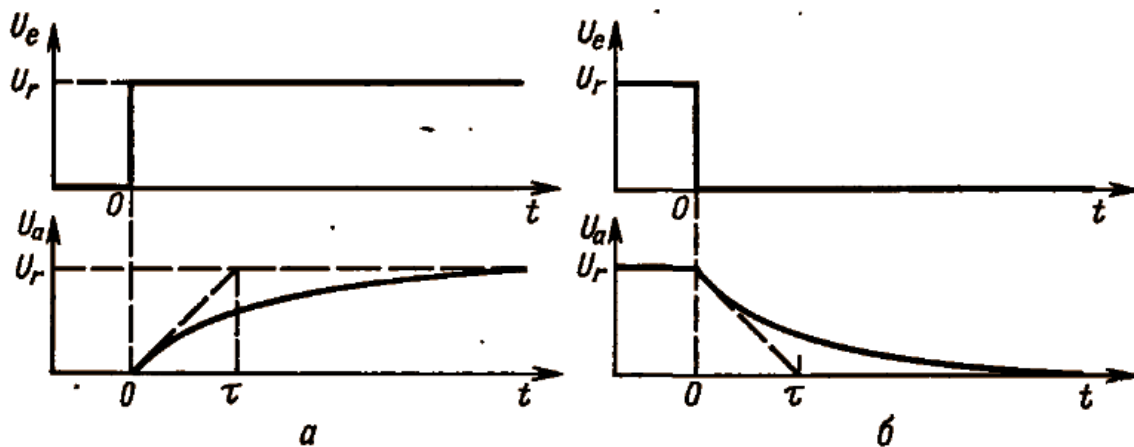


Рис. 1.3

Вихідна напруга наближається до кінцевого значення асимптотичного. Час за який вона збільшується від $0.1U_{max}$ до $0.9U_{max}$ називають часом наростання.

Він рівний:

$$t_n = \tau \ln \ln (9) \approx 2.2\tau.$$

У роботі досліджувався RC фільтр з характеристиками компонентів $R = 13.9$ кОм, $C = 150$ нФ. При цьому маємо теоретичне значення $\tau = 2.085$ мс.

1.2 Перехідні характеристики

Спочатку досліджувалися перехідні характеристики чотириполюсника. Для цього на вхід був поданий прямокутний сигнал (меандр) з частотою 100 Гц. Вхідна і вихідна напруга чотириполюсника показана на рис. 1.4.

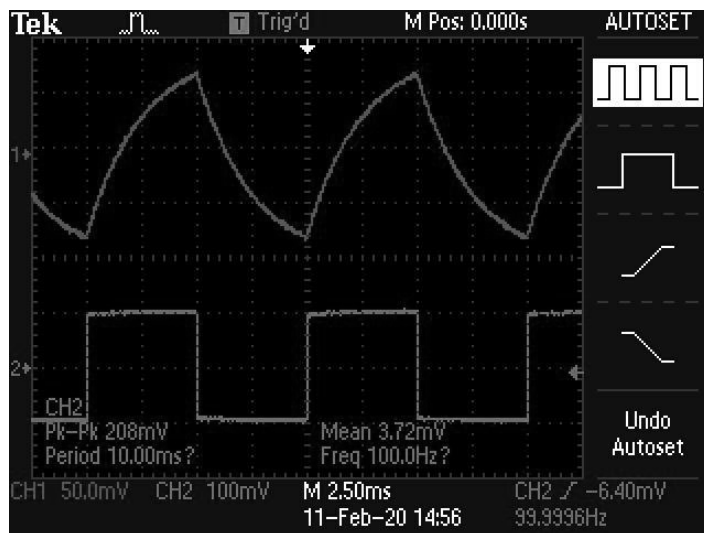


Рис. 1.4

З цієї залежності знаходимо час наростання $t_n = 5.69$ мс. Звідси $\tau = 2.59$ мс.

Будуючи залежність логарифма напруги від часу (рис. 1.5), знаходимо, що

$$\frac{1}{\tau} = 383.9,7 \text{ с}^{-1}. \text{ Тоді } \tau = 2.61 \text{ мс.}$$

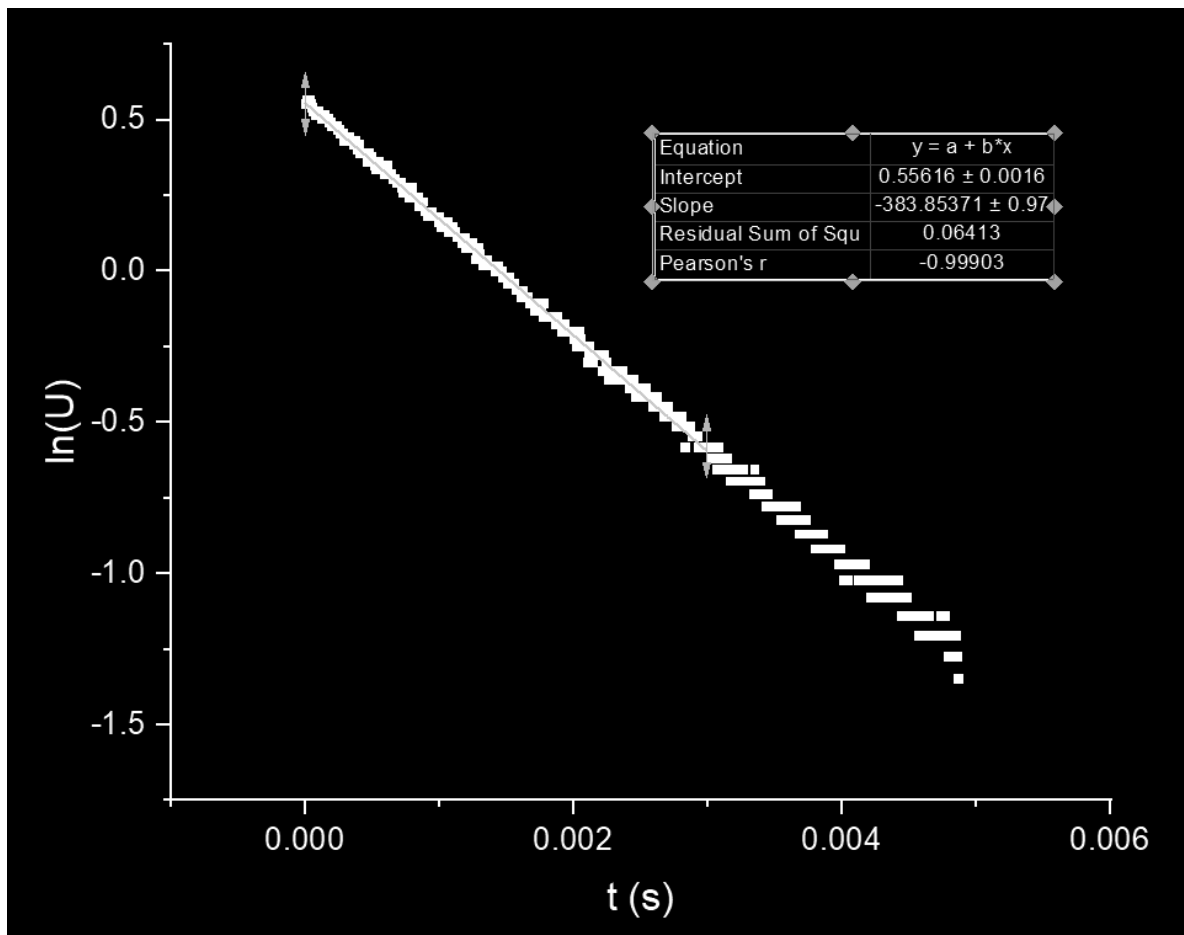


Рис. 1.5

Надалі будемо вважати $\tau = 2.61$ мс, $f_c = 61.1$ Гц.

1.3 Частотні характеристики

Для дослідження частотних характеристик на вхід чотирьохполюсника подавався синусоїдальний сигнал, і вихідний сигнал порівнювався з ним на осцилографі. Виміряна амплітудно-частотна характеристика зображена на рис. 1.6, де по осі Ох відкладено відношення частоти сигналу, до частоти зрізу, а по осі Оу – відношення амплітуди вихідного сигналу до вхідного в децибелах. Фазово-частотна характеристика зображена на рис. 1.7. Червоною лінією зображені теоретичні залежності.

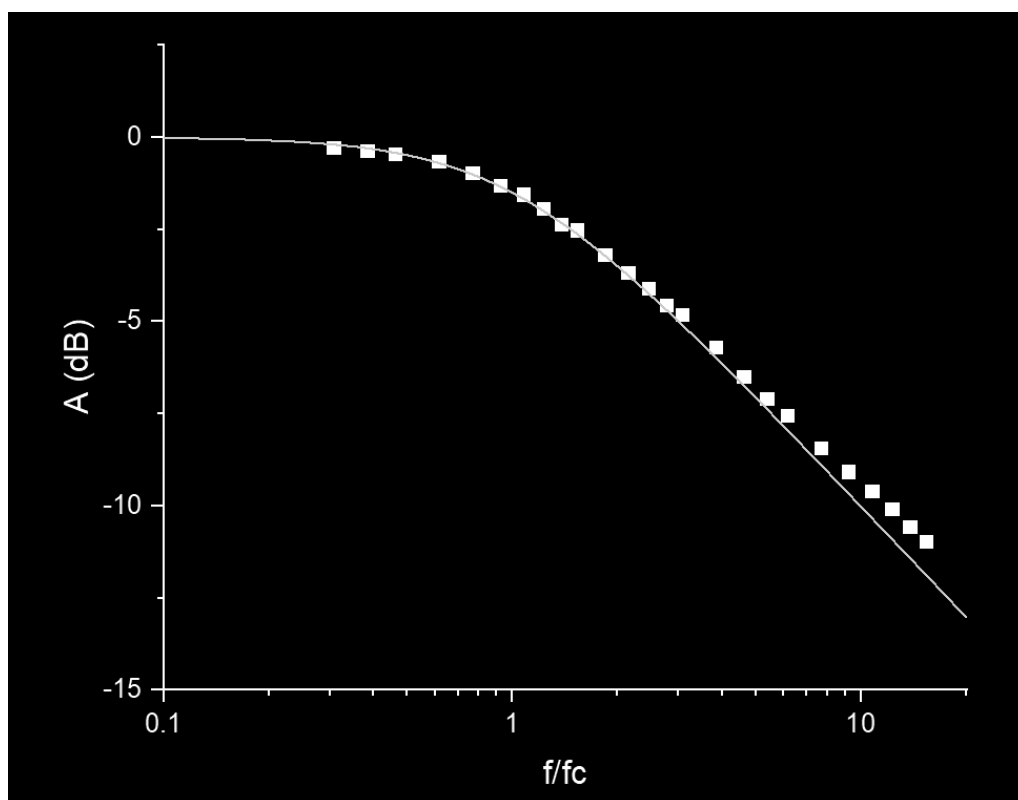


Рис. 1.6

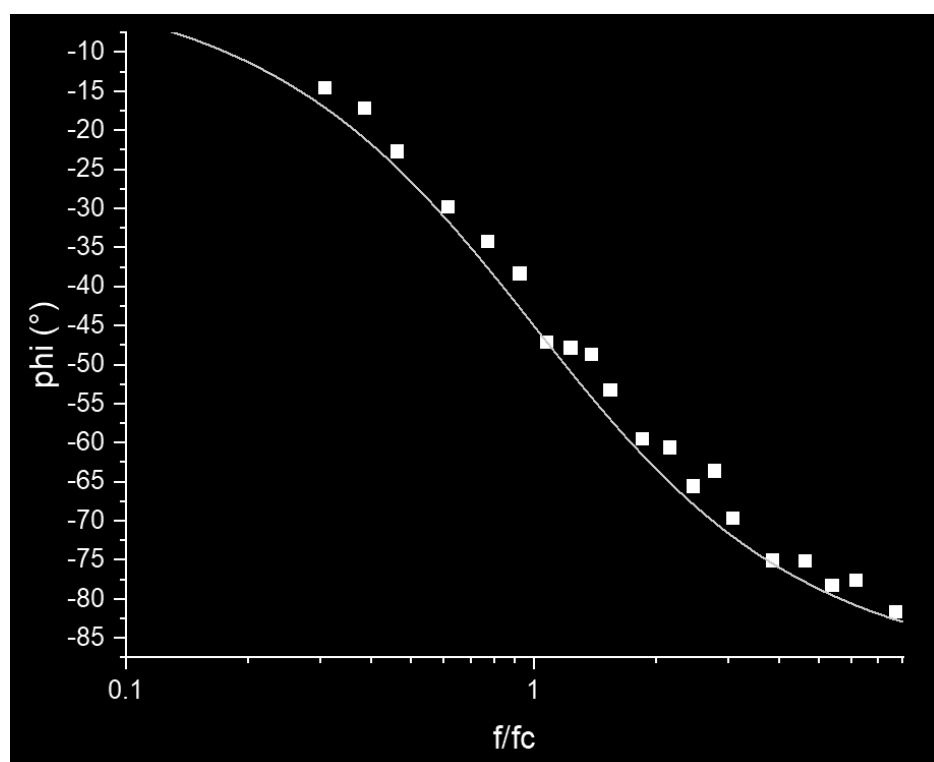


Рис. 1.7

2 CR фільтр

2.1 Схема та характеристики

CR фільтром називають чотирьохполюсник, схема якого зображена на рис. 2.1.

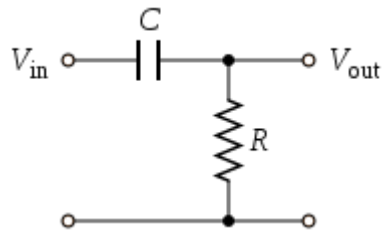


Рис. 2.1

Розрахуємо його амплітудно-частотну та фазо-частотну характеристику.

Нехай на вхід подається змінна напруга з комплексною амплітудою \tilde{V}_{in} . Тоді напруги на виході і вході відносяться як імпеданс резистора до імпедансу всієї схеми:

$$\frac{\tilde{V}_{out}}{\tilde{V}_{in}} = \frac{R}{R + \frac{1}{i\omega C}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{i\omega RC}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{i\omega\tau}},$$

де $\tau = RC$ – час релаксації.

Відношення амплітуд вихідного і вхідного сигналів рівне:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\omega^2\tau^2}}}, \quad (1)$$

тоді як зсув фаз:

$$\phi = \arctg\left(\frac{1}{\omega\tau}\right).$$

Графіки цих характеристик зображені на рис. 2.2 [1].

Частота зрізу для цього фільтру теж рівна $\omega_c = \frac{1}{\tau}$.

Щоб проаналізувати перехідні характеристики чотирипол'юсника потрібно

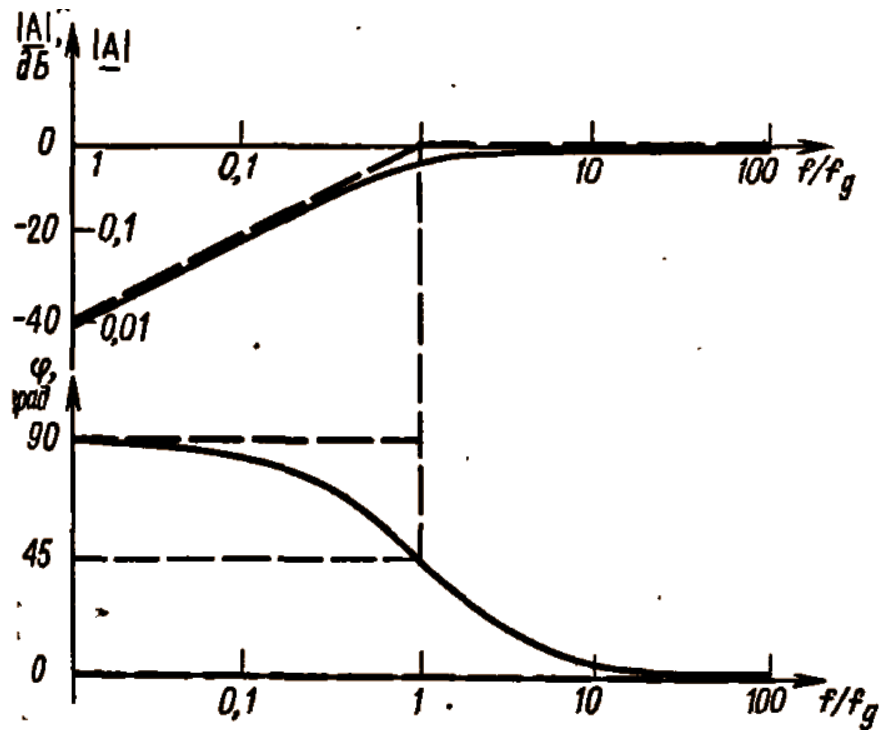


Рис. 2.2

подати на його вхід сходинок. Вихідна напруга схеми зображена на рис. 2.3

[1], де U_e – вхідна напруга, U_a – вихідна, U_r – висота сходинок. Її вигляд:

$$U_{out} = U_{max} e^{-\frac{t}{\tau}} \text{ (рис. 2.3a),}$$

$$U_{out} = - U_{max} e^{-\frac{t}{\tau}} \text{ (рис. 2.3б).}$$

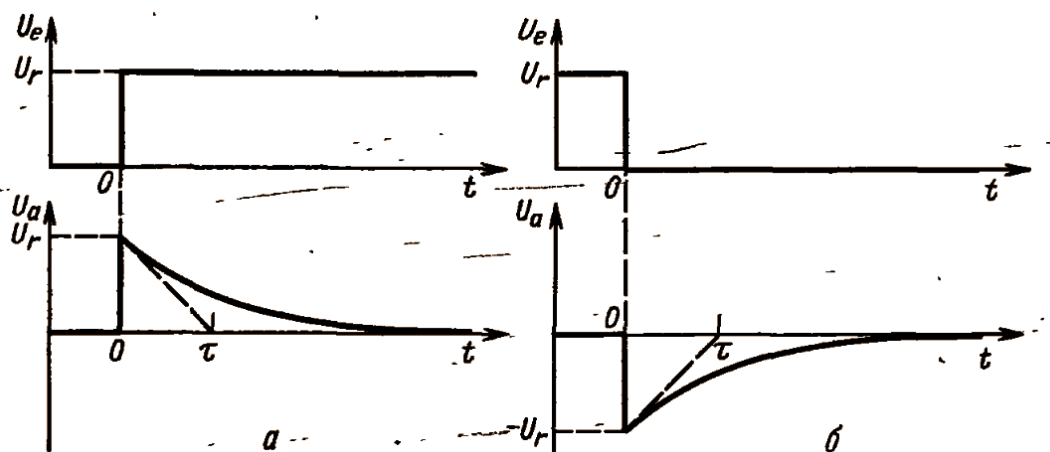


Рис. 2.3

Вихідна напруга асимптотично наближається до нуля. Те, наскільки вона зменшується за час t називають сколюванням:

$$\delta = \left| \frac{U(t) - U_{max}}{U_{max}} \right| = 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \approx \frac{t}{\tau}.$$

У роботі досліджувався CR фільтр з характеристиками компонентів $R = 13.9$ кОм, $C = 150$ нФ. При цьому маємо теоретичне значення $\tau = 2.085$ мс.

2.2 Перехідні характеристики

Спочатку досліджувалися перехідні характеристики чотиріполюсника. Для цього на вхід був поданий прямокутний сигнал (меандр) з частотою 50 Гц. Вхідна і вихідна напруга чотиріполюсника показана на рис. 2.4.

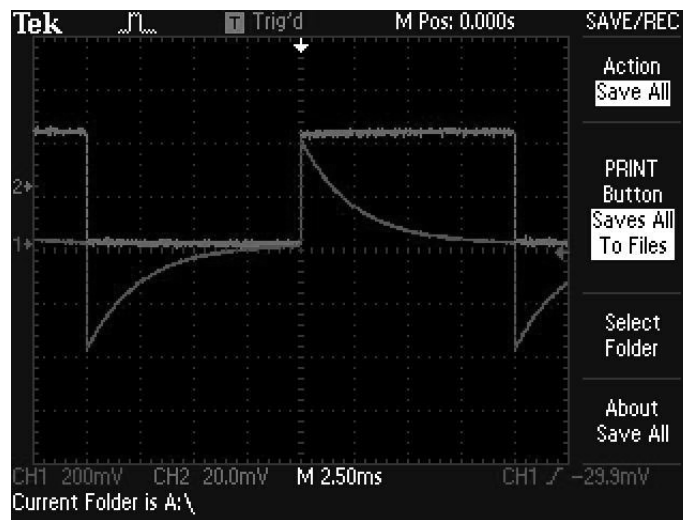


Рис. 2.4

З цієї залежності знаходимо час $t_1 = 1.7$ мс, за який сколювання рівне

$\delta = 0.5$. Звідси $\tau = 2.45$ мс.

Будуючи залежність логарифма напруги від часу (рис. 2.5), знаходимо, що

$\frac{1}{\tau} = 411,7 \text{ с}^{-1}$. Тоді $\tau = 2.43$ мс.

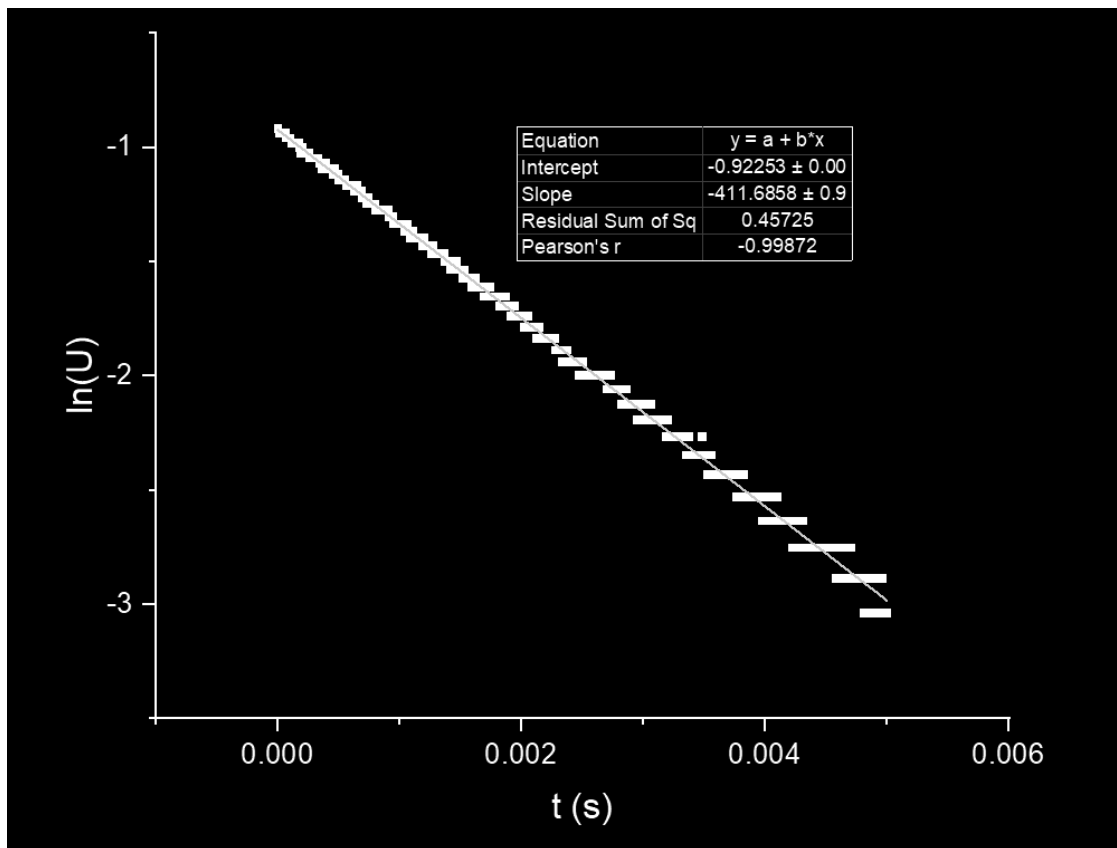


Рис. 2.5

Надалі будемо вважати $\tau = 2.44$ мс, $f_c = 65.2$ Гц.

2.3 Частотні характеристики

Для дослідження частотних характеристик на вхід чотириполюсника подавався синусоїдальний сигнал, і вихідний сигнал порівнювався з ним на осцилографі. Виміряна амплітудно-частотна характеристика зображена на рис. 2.6, де по осі Ox відкладено відношення частоти сигналу, до частоти зрізу, а по осі Oy – відношення амплітуди вихідного сигналу до вхідного в децибелах. Фазово-частотна характеристика зображена на рис. 2.7. Червоною лінією зображені теоретичні залежності.

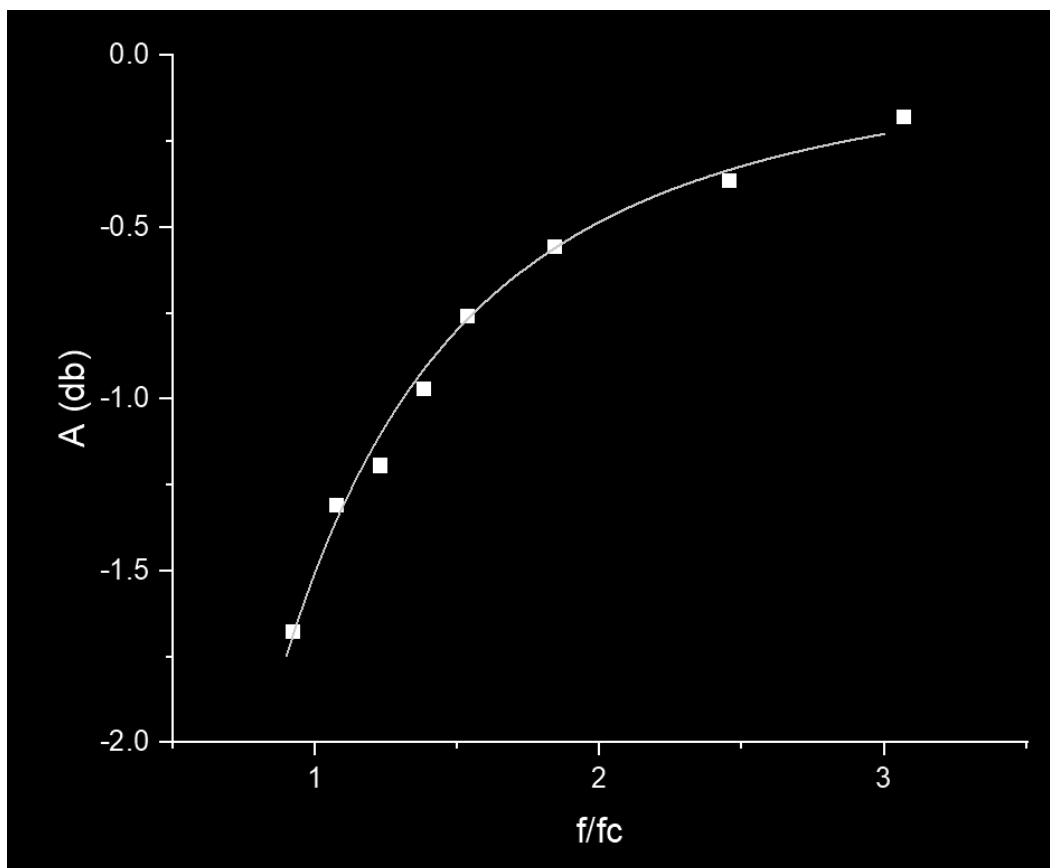
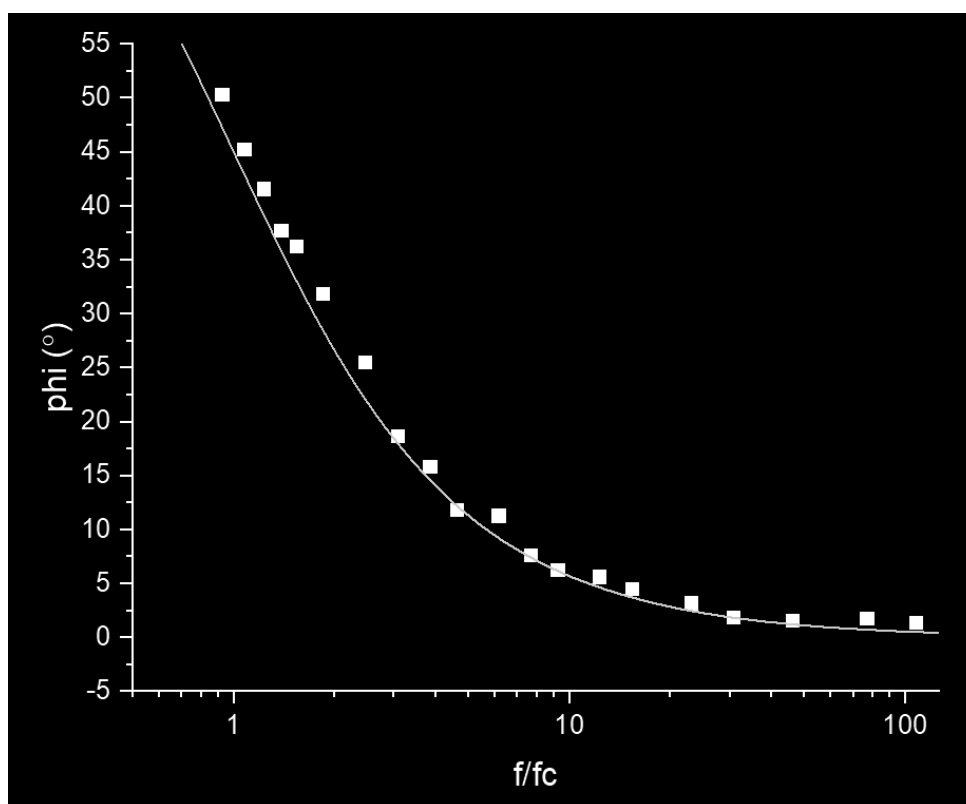


Рис. 2.6



ВИСНОВОК

У результаті даної лабораторної роботи були виміряні перехідні та частотні характеристики RC та CR чотириполіусників. Вигляд обох характеристик збігається з теоретично розрахованим. Час релаксації, отриманий з перехідних характеристик, співпадає з часом, отриманим з частотних характеристик, проте вони відрізняються від часу, розрахованого через номінали елементів. Це можна пояснити допустимою похибкою в номіналах. В цілому експериментальні дані збігаються з теорією.

ДЖЕРЕЛА

1. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника.- М.: Мир.- 1982.- С.14-18.