

УДК 581.55:332.31:001.891.57

КП XXXXXX

№ держреєстрації XXXXXXXXXXXX

Інв. №

ЗВІТ ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

РС, СР чотирьохполюсники.

2020

Рукопис закінчено 20 травня 2020 р.

Список авторів

Студентка 5-Б групи 2 курсу
фізичного факультету
КНУ ім. Тараса Шевченка

(Підпис) Павленко Н. О.
(Дата)

Студент 5-Б групи 2 курсу
фізичного факультету
КНУ ім. Тараса Шевченка

(Підпис) Русаков В. В.
(Дата)

Студент 5-Б групи 2 курсу
фізичного факультету
КНУ ім. Тараса Шевченка

(Підпис) Ленівенко М. Г
(Дата)

Реферат

Звіт про НДР: 10 с., 7 рис., 3 джерела.

Об'єкт дослідження – RC, CR чотириполосники.

Мета роботи – вивчення характеристик пасивних лінійних RC-чотириполосників, а також перетворення сигналів з їх допомогою.

Метод дослідження - за допомогою функціонального генератора та осцилографа відбувається дослідження перехідних процесів у RC та CR-чотириполосниках. На вхід відповідної схеми підключається генератор сигналів. Роль вхідного сигналу в цій роботі виконує одиничний прямокутний імпульс та синусоїдальний сигнал. На розгортці осцилографа, який підключено до виходу чотириполосника, спостерігаємо вихідний сигнал. Знаючи амплітудне значення прямокутного імпульса та його тривалість, а також маючи експериментальну криву з осцилографа, далі розраховуються основні параметри перехідного процесу: час наростання, сколювання, стала RC-контур тощо. Одночасно складаємо відповідні електричні кола у програмі WorkBench та за допомогою спеціальних функцій цього середовища будуємо потрібні нам перехідні характеристики. Після цього будуємо графіки амплітудно-частотних та фазо-частотних характеристик для відповідних чотириполосників та проводимо їх всебічний кількісний та якісний аналіз, робимо висновки про можливості та особливості використання об'єкта дослідження в радіoeлектроніці.

Зміст

1	Вступ	5
2	Суть звіту	5
2.1	Дослідження диференціюючого CR-чотирьохполюсника	5
2.2	Дослідження інтегруючого RC-чотирьохполюсника	7
2.3	Порівняння значень τ	9
3	Висновки	10
4	Література	11

1 Вступ

Чотириполюсник — електрична схема з чотирма виводами, на два з яких подається вхідний сигнал, а з двох інших знімається вихідний сигнал.

Прикладом чотириполюсника є підсилювач, і будь-який прилад зі входом та виходом, призначени для передачі й переробки сигналів. Окремі функціональні блоки в радіотехнічних чи електронних схемах теж є чотириполюсниками.

Сигнал, що подається на вхід чотириполюсника можна охарактеризувати вхідним струмом I_1 і напругою U_1 , а сигнал на виході характеризується вихідним струмом I_2 і напругою U_2 .

Чотириполюсники можуть мати у своєму складі як лінійні, так і нелінійні елементи.

Для чотириполюсника з лінійними елементами існує лінійний взаємозв'язок між вхідними і вихідними величинами.

2 Суть звіту

2.1 Дослідження диференціюючого CR-чотирьохполюсника

Перехідну характеристику чотирьохполюсника визначають як залежність від часу вихідного сигналу, якщо на його вхід подано стандартний сигнал – сходи́нка одиничної амплітуди. В просторі Лапласа він має вигляд $\frac{U_1}{p}$, а вихідний сигнал визначатиме перехідну характеристику чотирьохполюсника.

Для диференціюючого CR ланцюжка легко знайти зображення і оригінал вихідного сигналу:

$$U_2(p) = U_1 \frac{1}{p} \frac{R}{R + 1/pC} = U_1 \frac{1}{p + 1/\tau}$$

$$U_2(t) = U_1 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Сколювання – параметр, що описує такий перехідний процес – визначають в такий спосіб:

$$\delta = \frac{\Delta U_2(t_1)}{U_{max}} = 1 - e^{-\frac{t_1}{\tau}} \approx \frac{t_1}{\tau}$$

Як відомо, параметри перехідних характеристик чотирьохполюсників мають зв'язок з відповідними параметрами їх частотних характеристик:

$$\omega_{\Pi} = \frac{1}{t_1} \ln \left(\frac{1}{1 - \delta} \right) \approx \frac{\delta}{t_1}$$

$$\omega_B = \frac{\ln(9)}{t_H} \approx \frac{2,2}{t_H}$$

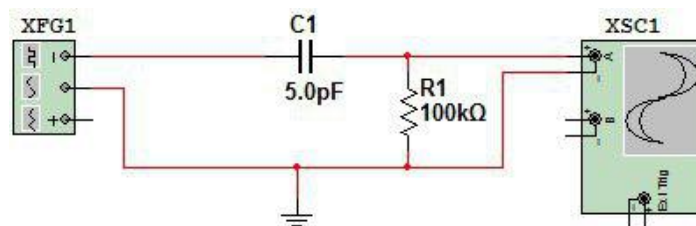


Рис. 1: Схема диференціюючого CR-чотирьохполюсника

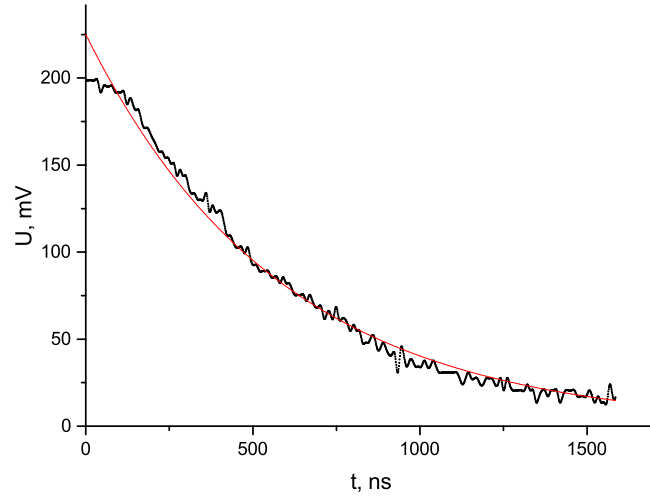


Рис. 2: Оброблена перехідна характеристика CR-чотирьохполосника

Апроксимація кривої відбувається за допомогою функції $U = Ae^{bt}$. За допомогою вбудованих математичних пакетів Origin отримуємо, що: $A = 225.12086, b = -0.00172$.

З теоретичних відомостей отримуємо значення характеристик: $t_1 = -\frac{\ln(2)}{b} = 402.993$ нс,
 $\tau = -\frac{1}{b} = 581,4$ нс, $\omega = \frac{1}{2t_1} = 1.24$.

Проведемо аналіз фазово-частотних і амплітудно-частотних залежностей.

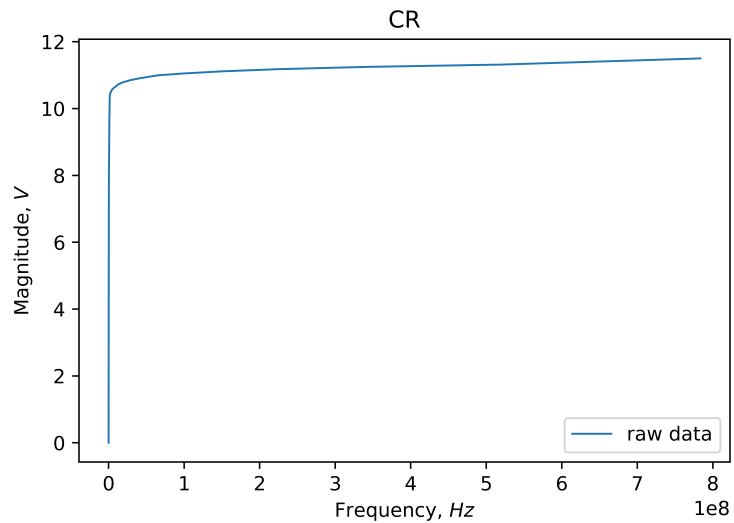


Рис. 3: Амплітудно-частотна характеристика CR-чотирьохполосника

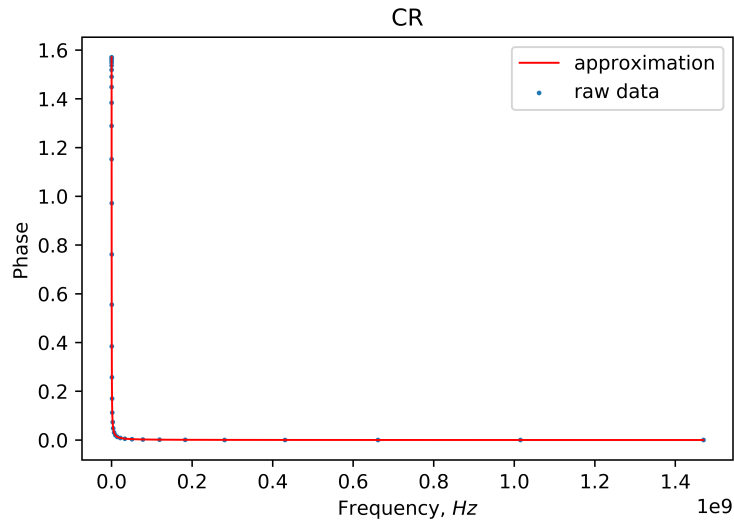


Рис. 4: Фазово-частотна характеристика CR-чотирьохполосника

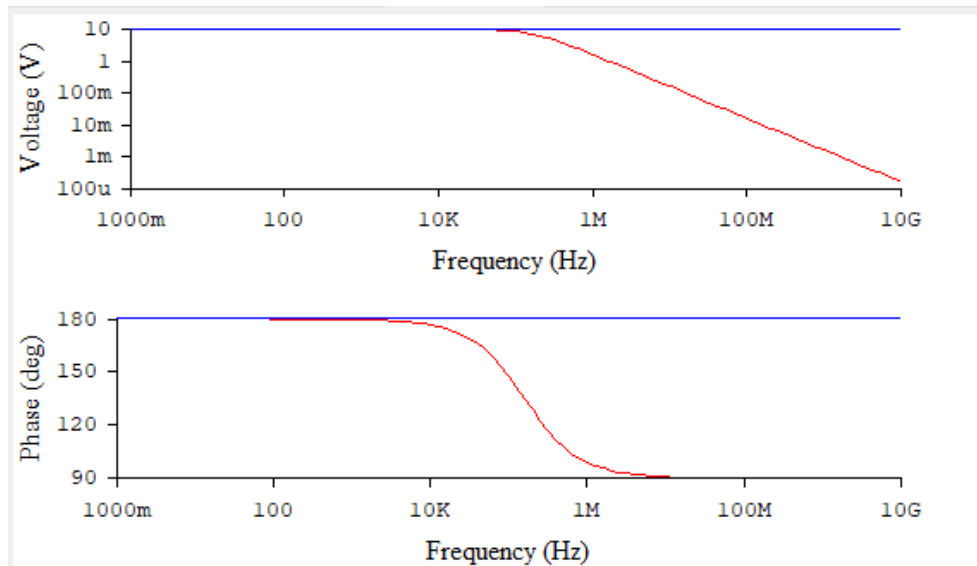


Рис. 5: АЧХ і ФЧХ CR-чотирьохполосника змодельовані в програмі Workbench

Аналіз цих залежностей показує, що CR-контури практично майже без спотворень передають сигнали досить високих частот (на відповідних ділянках АЧХ та ФЧХ), у той самий час, як сигнали досить низьких частот майже зникають. Така властивість обумовлює використання CR-чотирьохполосників в якості фільтрів високих частот (ФВЧ).

2.2 Дослідження інтегруючого RC-чотирьохполосника

Для інтегруючого RC-ланцюжка зображення вихідного сигналу набуває вигляду:

$$U_2(p) = U_1 \frac{1}{p} \frac{1/pC}{R + 1/pC} = U_1 \frac{1}{p(p\tau + 1)}$$

Оригінал (перехідну характеристику) знаходимо по таблицях перетворення Лапласа:

$$U_2(t) = U_1(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

Графік перехідної характеристики показано на рис.2, де вказано також визначення часу наростання сигналу – час, за який вихідний сигнал зростає від величини 0.1 до 0.9 U_{max} : $t_H = \tau \ln(9)$.

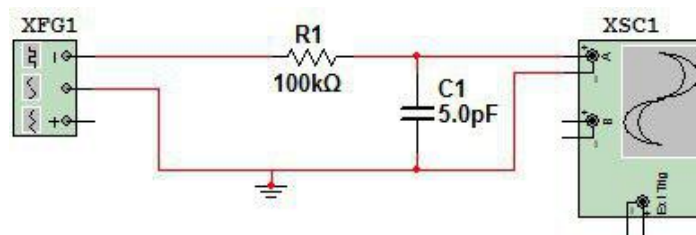


Рис. 6: Схема інтегруючого RC-чотирьохполюсника

Апроксимація кривої відбувається за допомогою функції $U = A(1 - e^{-bt})$. За допомогою вбудованих математичних пакетів Origin отримуємо, що: $A = 184.45047, b = 0.00176$.

З теоретичних відомостей отримуємо значення характеристик: $\tau = \frac{1}{b} = 568.182\text{нс}$,
 $t_H = \tau \cdot \ln(9) = 1248.423\text{ нс}$, $\omega_B = b = 1.76\text{МГц}$.

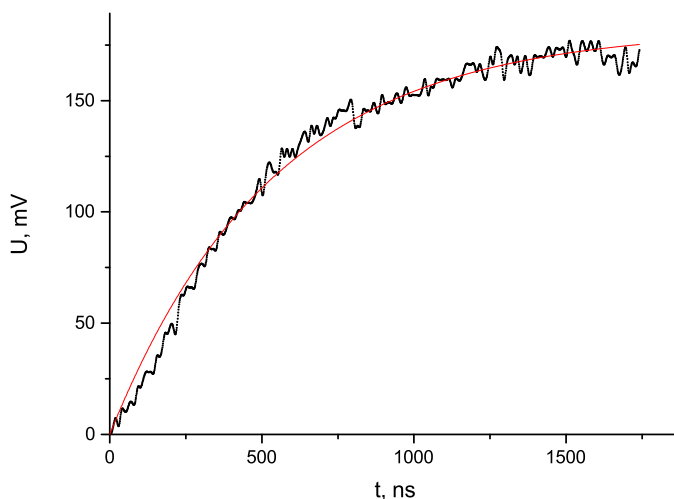


Рис. 7: Оброблена перехідна характеристика RC-чотирьохполюсника

Аналіз амплітудно-частотної залежності показує, що RC-контури майже без спотворень передають сигнали низьких частот (на відповідних ділянках АЧХ та ФЧХ), у той самий час, як сигнали досить високих частот майже зникають (на відповідних ділянках АЧХ та ФЧХ). Така властивість обумовлює використання RC-чотирьохполюсників в якості фільтрів низьких частот (ФНЧ).

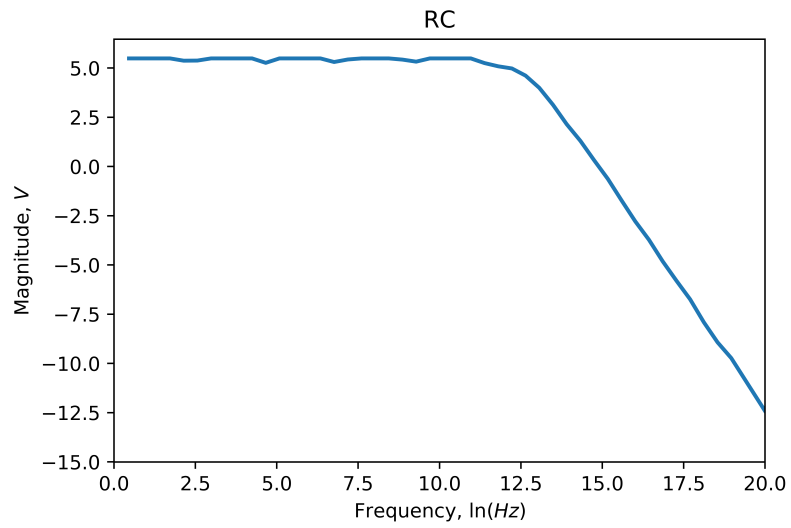


Рис. 8: Амплітудно-частотна характеристика RC-чотирьохполосника

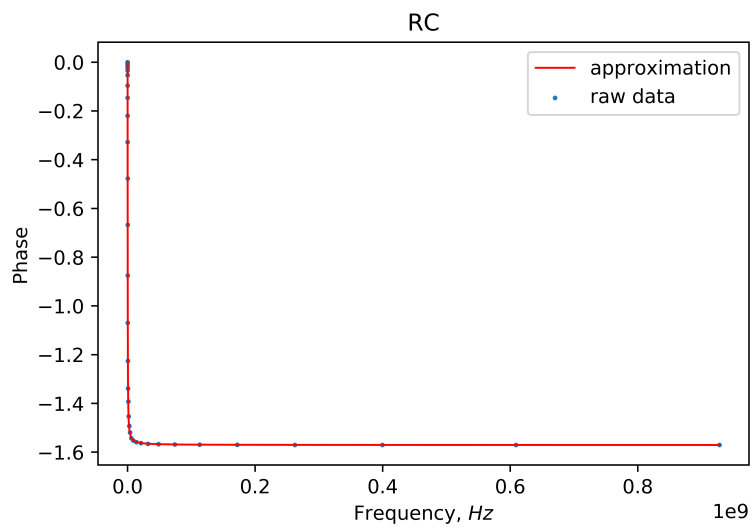


Рис. 9: Фазово-частотна характеристика RC-чотирьохполосника

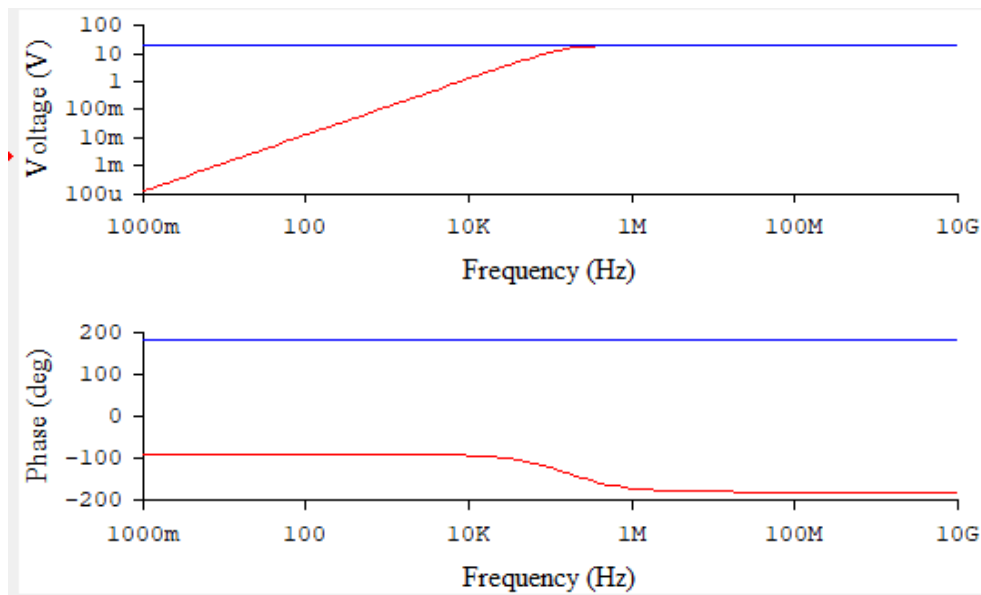


Рис. 10: АЧХ і ФЧХ RC-чотирьохполюсника змодельовані в програмі Workbench

2.3 Порівняння значень τ

τ_1	Початкові значення опору і ємності	500 нс
τ_2	Перехідна характеристика CR -чотирьохполюсника	581,4 нс
τ_3	Перехідна характеристика RC -чотирьохполюсника	568,2 нс
τ_4	Частотна характеристика CR -чотирьохполюсника	545,7 нс
τ_5	Частотна характеристика RC -чотирьохполюсника	585,2 нс

Рис. 11: Порівняння отриманих значень τ

Група обрала резистор опором $R = 100$ кОм і конденсатор ємністю $C = 5$ пФ, отже отримане значення $\tau = RC = 500$ нс.

З перехідної характеристики CR -чотирьохполюсника отримуємо: $\tau = 581,4$ нс.

З перехідної характеристики RC -чотирьохполюсника отримуємо: $\tau = 568,2$ нс.

Апроксимація частотної характеристики CR -чотирьохполюсника відбувається за допомогою функції $\varphi = \arctg \frac{1}{\tau\omega}$, з якої знаходимо $\tau = 545,7$ нс.

Апроксимація частотної характеристики RC -чотирьохполюсника відбувається за допомогою функції $\varphi = -\arctg \tau\omega$, з якої знаходимо $\tau = 585,2$ нс.

3 Висновки

Виконавши запропоновану лабораторну роботу, ми навчилися працювати з CR та RC чотирьохполюсниками, зрозуміли принцип їхньої дії, навчилися проводити якісний та кількісний аналіз розгортки осцилографа, виміряли основні параметри перехідних процесів (сколювання, час наростання, характерні частоти, сталу RC -контура), побудували перехідні, а також амплітудно-частотні та фазо-частотні характеристики для чотирьохполюсників кожного типу з двома різними номінальними значеннями опорів та ємностей, навчилися проводити всебічний їх аналіз та вимірювати характерні параметри отриманих характеристик. Відповідно до цього ми з'ясували, чому саме RC -чотирьохполюсники застосовуються в радіоелектроніці як фільтри верхніх (CR) та нижніх (RC) частот. Також у ході виконання даної роботи ми покращили навички використання комп'ютера для задання потрібного нам сигналу на функціональному генераторі.

4 Література

- [1] Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника.- М.: Мир.- 1982.- С.9-21.
- [2] Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники.- М.: Мир.- 1984.-Т.1.-С.11-64.- Т.2.- С.502-505.
- [3] Молчанов А.П., Занадворов П.Н. Курс электротехники и радиотехники.-М.: Наука.- 1969.- С.9-28.