

Отчет по лабораторной работе №210
**Исследование линейных двухполюсников и
четырёхполюсников**

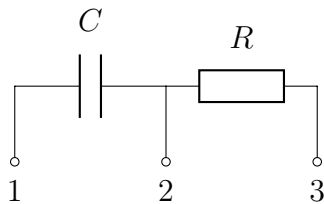
Выполнили студенты 420 группы
Понур К.А., Сарафанов Ф.Г., Сидоров Д.А.

Нижний Новгород, 2017

Содержание

1	Схема №1. Последовательная RC – цепочка	2
2	Вторая схема	4
3	Третья схема	6
4	Четвертая схема	7
5	Пятая схема	8
6	Шестая схема	8

1. Схема №1. Последовательная RC – цепочка



Рассчитаем импеданс конденсатора методом комплексных амплитуд.

$$\hat{U} = U_0 e^{i(\omega t + \phi_U)} \quad (1)$$

Величину $\hat{U}_0 = U_0 e^{i\phi_U}$ будем называть комплексной амплитудой напряжения

$$I = C \frac{dU}{dt} \quad (2)$$

Отсюда получаем:

$$\hat{I} = U_0 \omega i C \exp(i\omega t + \phi_U) \quad (3)$$

И комплексная амплитуда тока:

$$\hat{I}_0 = U_0 i \omega C e^{i\phi_U} \quad (4)$$

Получаем комплексный импеданс конденсатора

$$\hat{z}_C = \frac{\hat{U}_0}{\hat{I}_0} = \frac{U_0 e^{i\phi_U}}{U_0 i \omega C e^{i\phi_U}} = \frac{1}{i \cdot \omega C} \quad (5)$$

Нетрудно получить, что $\hat{z}_R = R$. Тогда импеданс RC –цепочки

$$\hat{z} = \frac{1}{i \cdot \omega C} + R \quad (6)$$

$$z = \sqrt{\frac{1}{\omega^2 C^2} + R^2} = \sqrt{\frac{1}{\omega^2 C^2} + \frac{R^2 \omega^2 C^2}{\omega^2 C^2}} = \frac{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}{\omega C} \quad (7)$$

Экспериментально можно снимать зависимость $U_{13} \equiv U_{\text{вх}}$ и $U_{23} \equiv U_{\text{вых}}$ от частоты. Из закона Ома найдем тогда импеданс цепочки.

$$\hat{J}_{13} = \hat{J}_{23} \Rightarrow \frac{\hat{U}_{13}}{\hat{z}} = \frac{\hat{U}_{23}}{R} \quad (8)$$

Взяв по модулю получим нужное соотношение

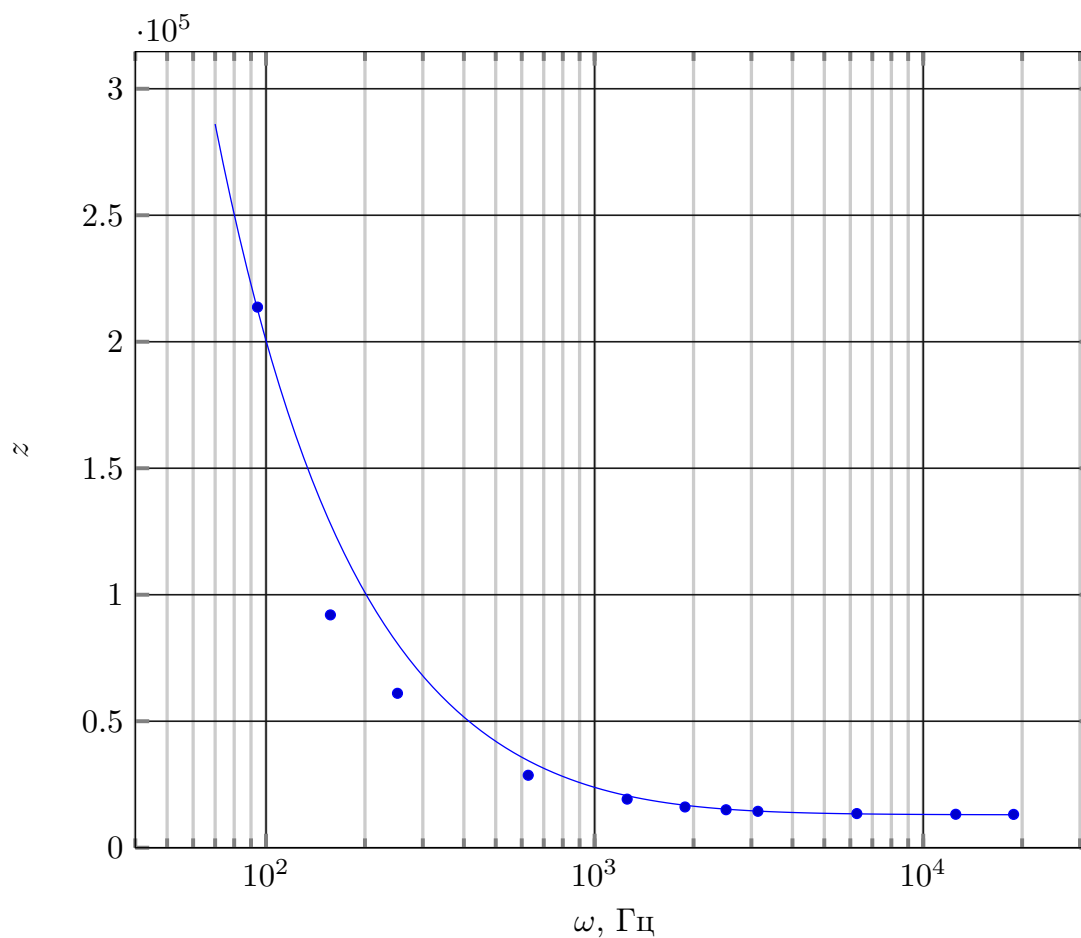
$$z = \frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{вых}}} R \quad (9)$$

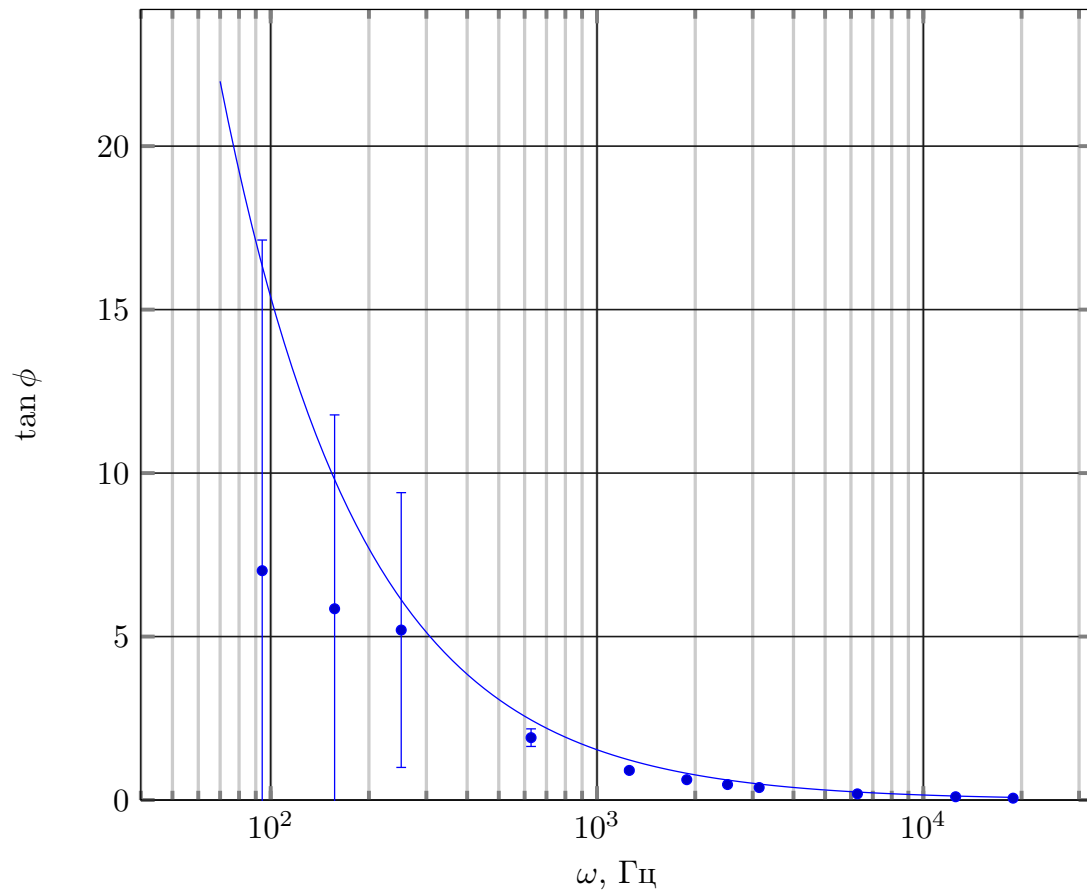
Также найдем зависимость разности фаз от частоты:

$$|\tan \phi| = \left| \frac{\text{Im } \hat{z}}{\text{Re } \hat{z}} \right| = \left| \frac{-(\omega C)^{-1}}{R} \right| = \frac{1}{\omega RC} \quad (10)$$

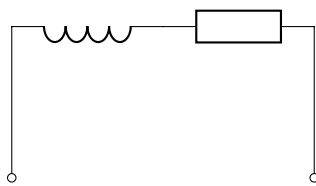
Таблица 1: Результаты эксперимента для первой схемы

ν , Гц	ω , Гц	a	b	ϕ , рад	$\tan \phi$	U_{in} , В	U_{in} , В	z , Ом
15	94	6.9	7.0	1.19	2.502	7.446	0.453	213 683
25	157	6.9	7.0	1.19	2.502	7.532	1.064	92 026
40	251	6.9	7.0	1.19	2.502	7.512	1.600	61 035
100	628	6.2	7.0	1.00	1.566	7.412	3.364	28 643
200	1 256	4.7	7.0	0.74	0.906	7.410	5.016	19 205
300	1 884	3.7	7.0	0.56	0.623	7.320	5.909	16 104
400	2 512	3.0	7.0	0.44	0.474	7.270	6.297	15 009
500	3 140	2.5	7.0	0.37	0.382	7.236	6.536	14 392
1 000	6 280	1.3	7.0	0.19	0.189	7.300	7.030	13 499
2 000	12 560	0.7	7.0	0.10	0.101	7.282	7.160	13 221
3 000	18 840	0.4	7.0	0.06	0.057	7.270	7.175	13 172

Рис. 1: Зависимость $z(\omega)$ для последовательной RC -цепочки

Рис. 2: Зависимость $\tan \phi(\omega)$ для последовательной RC -цепочки

2. Вторая схема



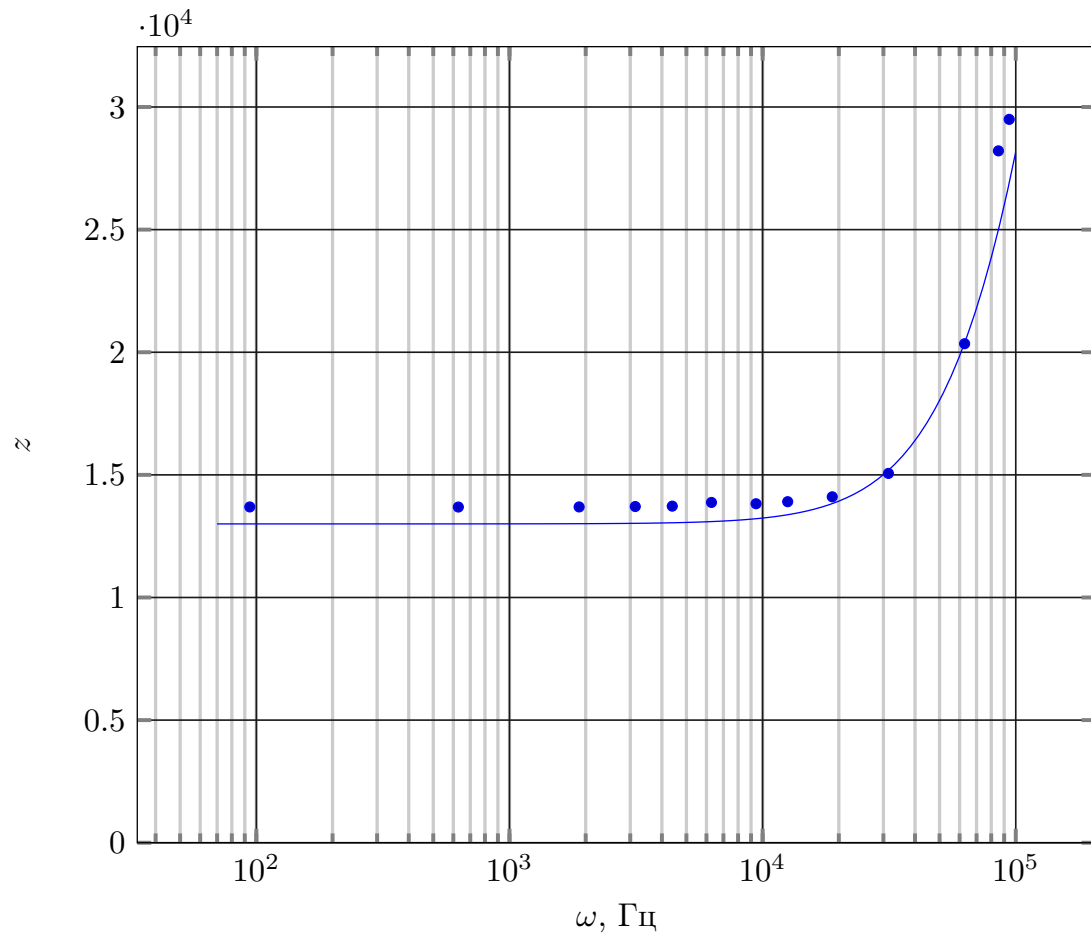
$$\hat{I} = I_0 e^{i(\omega t + \phi_I)} \quad (11)$$

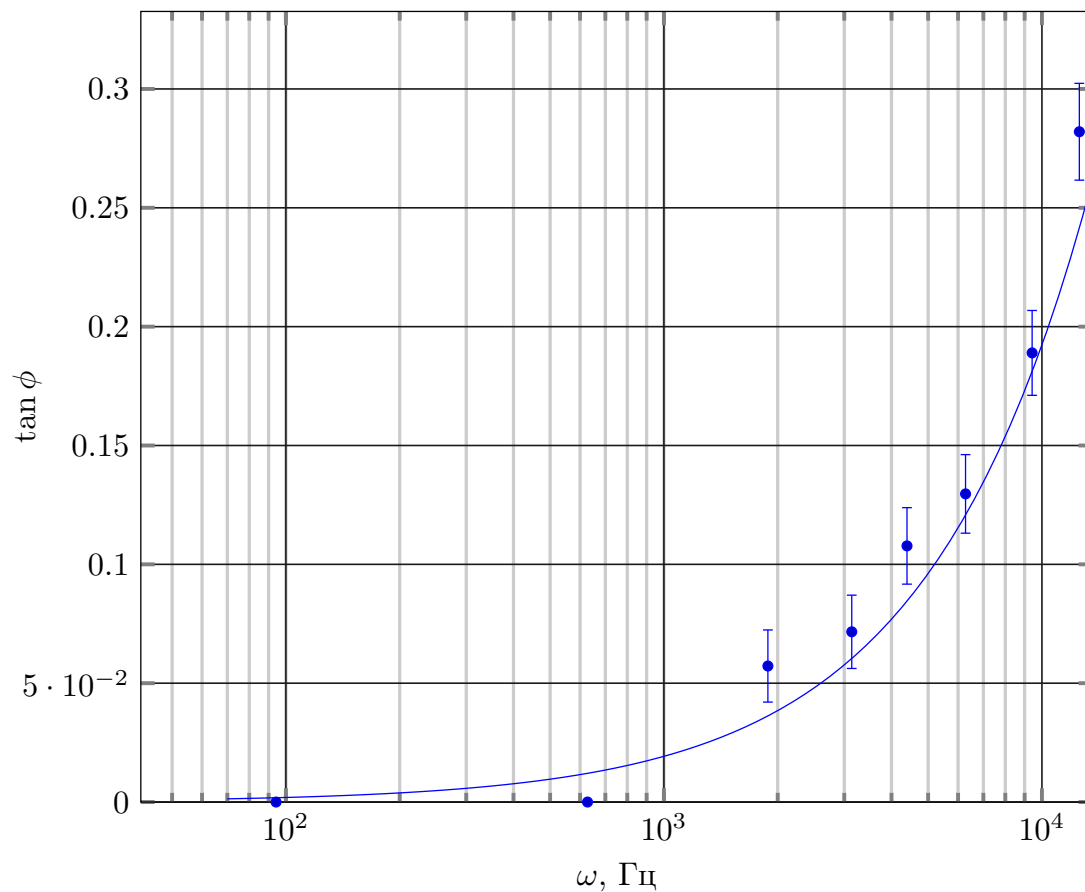
$$U = L \frac{dI}{dt} \quad (12)$$

$$\hat{U} = I_0 i \omega L e^{i(\omega t + \phi_I)} \quad (13)$$

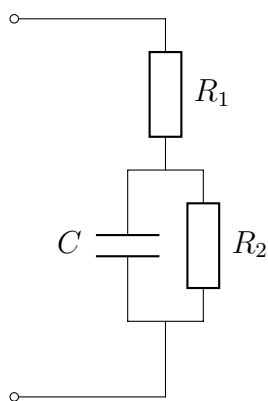
Отсюда

$$\hat{z} = i \omega L \quad (14)$$

Рис. 3: Зависимость $z(\omega)$ для последовательной LC -цепочки

Рис. 4: Зависимость $\tan \phi(\omega)$ для последовательной LC -цепочки

3. Третья схема



Сначала рассчитаем импеданс параллельно соединенных конденсатора и резистора R_2

$$\frac{1}{\hat{z}_0} = \frac{1}{R_2} + i\omega C \quad (15)$$

$$\hat{z}_0 = \frac{R_2}{1 + i\omega C R_2} \quad (16)$$

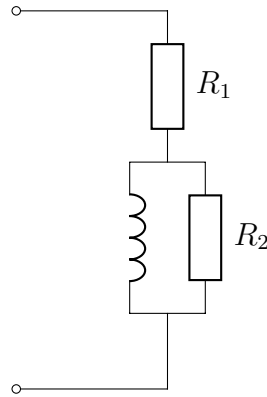
Комплексный импеданс всей схемы будет равен:

$$\hat{z} = \hat{z}_0 + R_1 = \frac{R_2}{1 + i\omega R_2 C} + R_1 = \frac{R_2(1 - i\omega R_2 C)}{1 + (\omega R_2 C)^2} + R_1 \quad (17)$$

Отсюда

$$\tan \phi = \frac{\text{Im } \hat{z}}{\text{Re } \hat{z}} = \frac{-\frac{\omega R_2^2 C}{1 + (\omega R_2 C)^2}}{\frac{R_2 + R_1 + R_1(\omega R_2 C)^2}{1 + (\omega R_2 C)^2}} = \frac{-\omega R_2^2 C}{R_2 + R_1 + R_1(\omega R_2 C)^2} \quad (18)$$

4. Четвертая схема



Рассчитаем импеданс параллельно соединенных катушки и резистора R_2

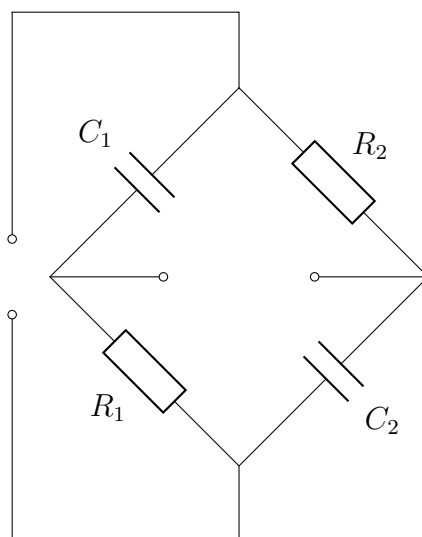
$$\frac{1}{\hat{z}_1} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{i\omega L} \quad (19)$$

$$\hat{z}_1 = \frac{R_2 \omega^2 L^2 + i R_2^2 \omega L}{R_2 + \omega L} \quad (20)$$

А импеданс всей схемы:

$$\hat{z}_0 = \frac{R_2 \omega^2 L^2}{R_2 + \omega L} + R_1 + i \frac{i R_2^2 \omega L}{R_2 + \omega L} \quad (21)$$

5. Пятая схема



6. Шестая схема

