

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ»**

**Отчет по лабораторной работе 24  
«Безынерционные линейные цепи»**

Филиппенко Павел Сергеевич  
студент группы Б01-001  
2 курс ФРКТ

г. Долгопрудный  
2021 г.

## Задание 1. Делитель напряжения.

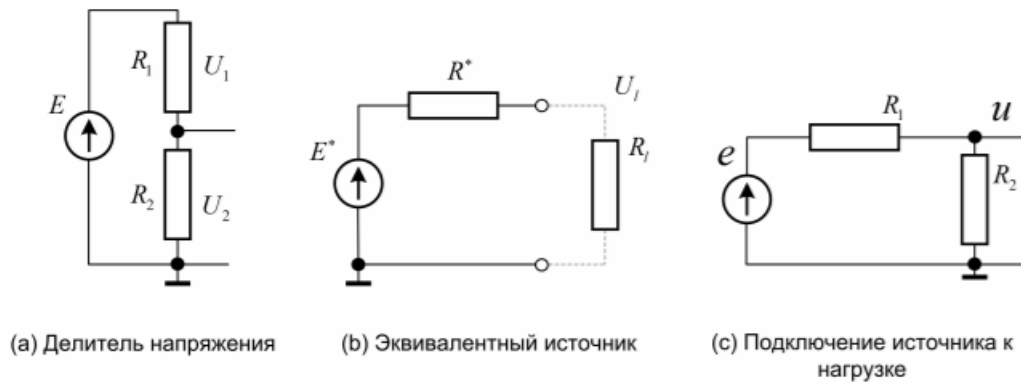


Figure 1: Делитель напряжения

Напряжение питания  $E = 10 \text{ V}$ , а выходное напряжение  $E^* = 2 \text{ V}$ . Возьмем  $R_1 = 6.8 \text{ kOm}$ , тогда вычислим  $R_2$  по формуле:

$$\frac{E - E^*}{R_1} = \frac{E^*}{R_2}$$

Таким образом, получаем  $R_2 = 1.6 \text{ kOm}$ .

Измеряем полученное выходное напряжение при помощи АЦП в генераторе.

Получаем  $E_{\text{изм}}^* = 1.9 \text{ V}$ .

Чтобы померить эквивалентное сопротивление источника, используем метод двух нагрузок. Возьмём резистор  $R_l = 6.8 \text{ kOm}$ . При помощи того же АЦП меряем напряжение на нагрузке  $U_l = 1.6 \text{ V}$ . Найдём эквивалентное сопротивление по формуле:

$$\frac{E^* - U_l}{R^*} = \frac{U_l}{R_l}$$

Отсюда получаем  $R^* \approx 1.29 \text{ kOm}$ .

Подаём на вход синусоидальное напряжение  $e$ . Найдём коэффициент передачи:

$$K = \frac{u}{e}$$

В результате получаем, что эффективные  $e = \text{V}$ ,  $u = \text{V}$ , то есть  $K =$ . Теоретический расчет дает  $K_{\text{теор}} =$ .

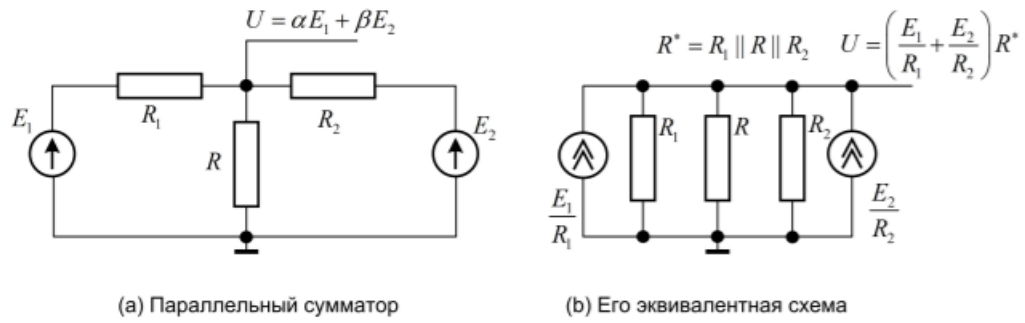


Figure 2: Параллельный сумматор

## Задание 2. Параллельный сумматор.

Из условия  $\alpha = 0.4$ ,  $\beta = 0.2$ .

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\alpha}{\beta}$$

$$\alpha + \beta = 0.6 = \frac{1}{1 + \frac{R_1 || R_2}{R}}$$

Таким образом, получаем:  $R_1 : R_2 : R = 1 : 2 : 1$ .

Возьмем  $R_1 = 5.1 \text{ k}\Omega$ . Собираем схему и смотрим на осциллографе постоянную и переменную составляющую (либо поочередно закорачиваем источники). Получаем, что  $U_{\text{ст}} = 1.03 \text{ V}$ ,  $U_{\text{зм}} = 0.794 \text{ V}$ . Отсюда вычисляем  $\alpha = 0.397$ ,  $\beta = 0.206$ .

Измеряем по эквивалентное сопротивление по методу 2 нагрузок. Возьмём за нагрузку резистор  $R_l = 5.1 \text{ k}\Omega$ . Тогда полученное напряжение  $U_{\text{ст}}^l = 0.731 \text{ V}$ ,  $U_{\text{зм}}^l = 0.568 \text{ V}$ . Итоговое сопротивление получается равным  $R^* = 2.06 \text{ k}\Omega$ . Расчетное сопротивление  $R_{\text{расч}}^* = R_1 || R_2 || R = 2.03 \text{ k}\Omega$ .

## Задание 3. H-параметры.

Проверим теоритическую зависимость. Если  $U_2 = 0$ , то

$$h_{11} = R_1 + R_2 || R_3$$

$$h_{21} = \frac{R_3}{R_2 + R_3}$$

Если  $I_1 = 0$ , то

$$h_{12} = \frac{U_1}{U_2} = -\frac{R_3}{R_2 + R_3}$$

$$h_{22} = \frac{I_2}{U_2} = \frac{1}{R_2 + R_3}$$

Проведем измерения в Micro-Cap.

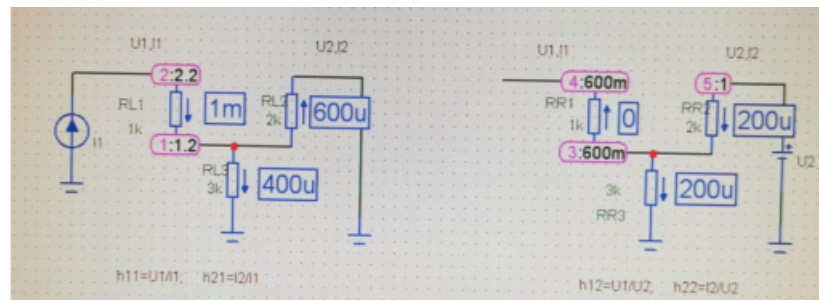


Figure 3: H-параметры

$$h_{11} = \frac{U_1}{I_1} = \frac{2.2 \text{ V}}{1 \text{ mA}} = 2.2 \text{ k}\Omega$$

$$h_{12} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{-600 \text{ mA}}{1 \text{ mA}} = -0.6$$

$$h_{21} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{600 \text{ mV}}{1 \text{ V}} = 0.6$$

$$h_{22} = \frac{I_1}{U_2} = \frac{200 \text{ mA}}{1 \text{ mA}} = 0.2 \text{ k}\Omega^{-1}$$

А так как сопротивление резисторов  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 3 \text{ k}\Omega$ , то легко проверить, что теоритическая связь даёт тот же результат.

## Задание 4. Звезда и Треугольник.

Верность теоретической зависимости аналогично предыдущему заданию можно найти из закона Ома в случаях, когда  $I_1 = 0$  и  $I_2 = 0$ . Если сопротивления звезды равны  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 3 \text{ k}\Omega$ , то пересчитав в параметры треугольника получим:  $R_{13} = 5.5 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{12} = 11/3 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{23} = 11 \text{ k}\Omega$ .

Проведём измерения в Micro-Cap.

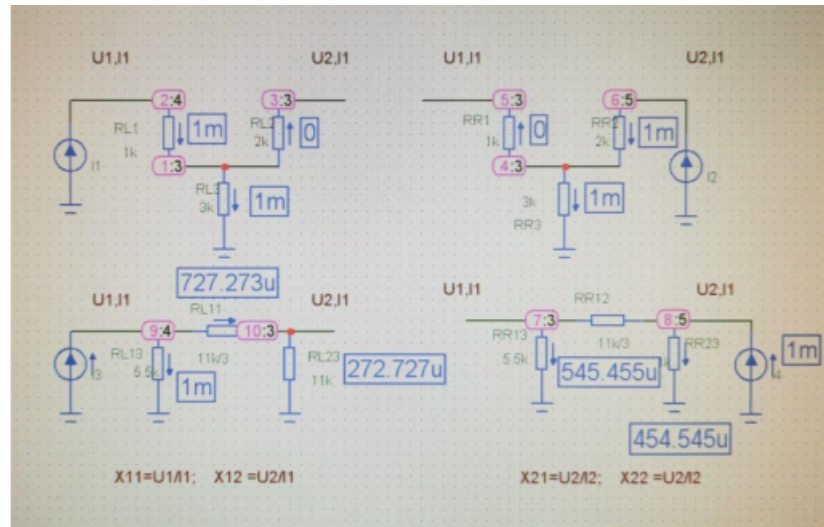


Figure 4: Звезда и треугольник

$$X_{11} = \frac{U_1}{I_1} = \frac{4 \text{ V}}{1 \text{ mA}} = 4 \text{ kOm}$$

$$X_{12} = \frac{U_1}{I_2} = \frac{3 \text{ V}}{1 \text{ mA}} = 3 \text{ kOm}$$

$$X_{21} = \frac{U_2}{I_1} = \frac{3 \text{ V}}{1 \text{ mA}} = 3 \text{ kOm}$$

$$X_{22} = \frac{U_2}{I_2} = \frac{5 \text{ V}}{1 \text{ mA}} = 5 \text{ kOm}$$

Зная значения резисторов, нетрудно проверить справедливость полученных данных.

$$\begin{pmatrix} U_1 \\ U_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} \\ X_{21} & X_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_1 + R_3 & R_3 \\ R_3 & R_2 + R_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix}$$

## Задание 5. Лестничные структуры.

Рассмотрим лестничные структуры.

Исследуем напряжения в узлах и токи в ветвях для различных случаев.

$$1. \alpha = 2, \gamma = \frac{1}{2}, \omega = 2 \text{ kOm}$$

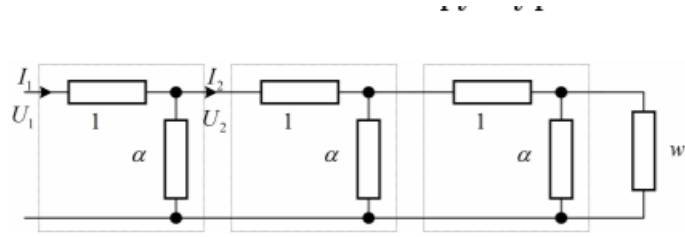


Figure 5: Лестничные структуры.

2.  $\alpha = 6, \gamma = \frac{2}{3}, \omega = 3 \text{ kOm}$
3.  $\alpha = 12, \gamma = \frac{3}{4}, \omega = 4 \text{ kOm}$
4.  $\alpha = 1, \gamma = \frac{\sqrt{5}-1}{\sqrt{5}+1} \approx 0.38, \omega = \frac{1+\sqrt{5}}{2} \approx 1.618 \text{ kOm}$

## Задание 5. ЦАП.

Снимем зависимость напряжения OUT от двоичного кода ( $X_3, X_2, X_1, X_0$ ).

1.  $(0, 0, 0, 0) = 0 \text{ V}$
2.  $(0, 0, 0, 1) = 1 \text{ V}$
3.  $(0, 0, 1, 0) = 2 \text{ V}$
4.  $(0, 0, 1, 1) = 3 \text{ V}$
5.  $(0, 1, 0, 0) = 4 \text{ V}$
6.  $(1, 0, 0, 0) = 8 \text{ V}$
7.  $(1, 1, 0, 1) = 13 \text{ V}$
8.  $(1, 1, 1, 1) = 15 \text{ V}$