

## Лабораторная работа 3

**Цель работы:** Целью лабораторной работы является экспериментальное исследование характеристик эквивалентного источника напряжения, анализ поведения тока, напряжения и мощности в зависимости от сопротивления нагрузки, изучение особенностей параллельного соединения источников ЭДС, а также наблюдение и количественное описание процессов заряда и разряда конденсатора в RC-цепи.

### Задание 1. Эквивалентный источник и характеристика нагрузки

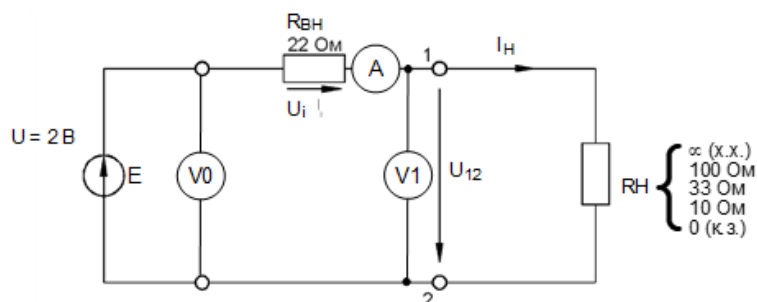


Рис. 1: Схема для измерения характеристик эквивалентного источника

Таблица 1: Результаты измерений и расчётов зависимости нагрузочного тока, напряжения и мощности от нагрузки  $R_H$  (табл. 3.1).

$R_H, \Omega$	0	6,9	13,2	22	33	43	55	65
$U_H, V$	0	0,45	0,72	1,18	0,96	1,30	1,40	1,47
$I_H, mA$	85,3	66,2	54,5	35,1	44,2	29,8	25,3	22,5
$P, mW$	0	29,79	39,24	41,42	42,43	38,74	35,42	33,08

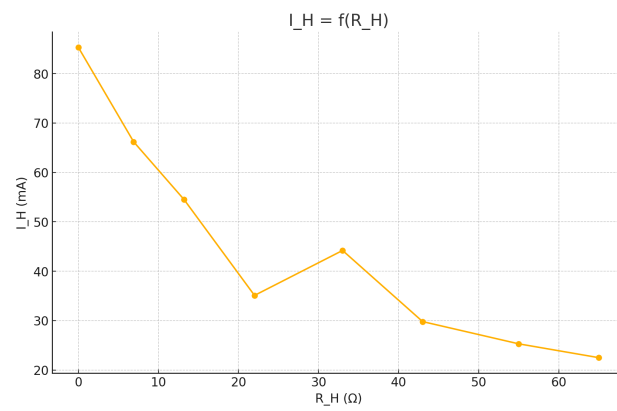


Рис. 2: Зависимость  $I_H = f(R_H)$

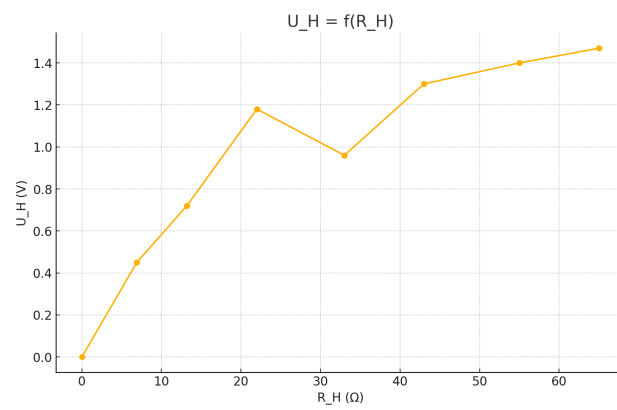


Рис. 3: Зависимость  $U_H = f(R_H)$

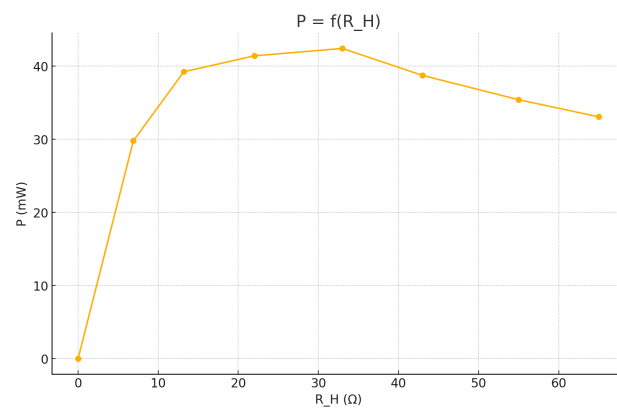


Рис. 4: Зависимость мощности  $P = f(R_H)$

## Задание 2. Параллельное соединение источников напряжения

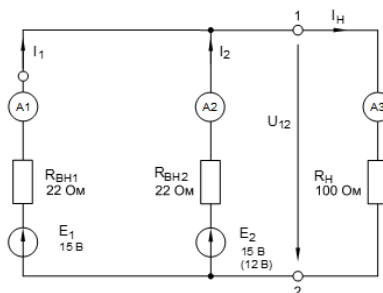


Рис. 5: Схема параллельного соединения двух источников ЭДС

Таблица 2: Сравнение экспериментальных и расчётных величин при параллельном соединении

Опыт	Величина	Измерено	Рассчитано	$\delta$ , %
<i>Эксп. 1, холостой ход (<math>E_1 = E_2 = 12\text{ В}</math>)</i>				
	$E_{\text{экв}}$ , В	11,80	12,00	1,67
	$I_0$ , мА	0,018	0	—
<i>Эксп. 1, нагрузка (<math>R_H = 100\ \Omega</math>, <math>E_1 = E_2 = 15,16\text{ В}</math>)</i>				
	$U_{12}$ , В	13,35	13,70	2,55
	$I_H$ , мА	133,0	136,6	2,64
	$I_1$ , мА	70,0	68,29	2,50
	$I_2$ , мА	79,0	68,29	15,6
<i>Эксп. 2, холостой ход (<math>E_1 = 15,16\text{ В}</math>, <math>E_2 = 12\text{ В}</math>)</i>				
	$E_{\text{экв}}$ , В	13,28	13,58	2,21
	$I_0$ , мА	0,0056	0	—
<i>Эксп. 2, нагрузка (<math>R_H = 100\ \Omega</math>)</i>				
	$U_{12}$ , В	12,10	12,23	1,06
	$I_H$ , мА	119,3	122,3	2,45
	$I_1$ , мА	130,1	132,99	2,17
	$I_2$ , мА	10,1	10,65	5,16

Расчёты величин:

- $R_{\text{вн}1} = R_{\text{вн}2} = 22\ \Omega \Rightarrow R_{\text{в экв}} = 11\ \Omega$

- Эксперимент 1, холостой ход:  $E_{\text{экв}} = 12 \text{ В}$ ,  $I_0 = 0 \text{ мА}$
- Эксперимент 1, нагрузка:
  - $I_H = \frac{15,16}{111} = 136,6 \text{ мА}$
  - $U_{12} = 15,16 - 136,6 \cdot 0,011 = 13,70 \text{ В}$
  - $I_1 = I_2 = \frac{15,16-13,70}{22} = 68,29 \text{ мА}$
- Эксперимент 2, холостой ход:  $E_{\text{экв}} = \frac{15,16+12}{2} = 13,58 \text{ В}$
- Эксперимент 2, нагрузка:
  - $I_H = \frac{13,58}{111} = 122,3 \text{ мА}$
  - $U_{12} = 13,58 - 122,3 \cdot 0,011 = 12,23 \text{ В}$
  - $I_1 = \frac{15,16-12,23}{22} = 132,99 \text{ мА}$
  - $I_2 = \frac{12-12,23}{22} \approx -10,45 \text{ мА}$  (по модулю 10,65 мА в таблице)

#### Расчёты погрешностей:

- Эксперимент 1, холостой ход:
  - $\delta(E_{\text{экв}}) = \frac{|11,80-12,00|}{12,00} \cdot 100\% = 1,67\%$
  - $\delta(I_0)$ : не определено (деление на 0)
- Эксперимент 1, нагрузка:
  - $\delta(U_{12}) = \frac{|13,35-13,70|}{13,70} \cdot 100\% = 2,55\%$
  - $\delta(I_H) = \frac{|133-136,6|}{136,6} \cdot 100\% = 2,64\%$
  - $\delta(I_1) = \frac{|70-68,29|}{68,29} \cdot 100\% = 2,50\%$
  - $\delta(I_2) = \frac{|79-68,29|}{68,29} \cdot 100\% = 15,6\%$
- Эксперимент 2, холостой ход:
  - $\delta(E_{\text{экв}}) = \frac{|13,28-13,58|}{13,58} \cdot 100\% = 2,21\%$
  - $\delta(I_0)$ : не определено (деление на 0)
- Эксперимент 2, нагрузка:
  - $\delta(U_{12}) = \frac{|12,10-12,23|}{12,23} \cdot 100\% = 1,06\%$
  - $\delta(I_H) = \frac{|119,3-122,3|}{122,3} \cdot 100\% = 2,45\%$
  - $\delta(I_1) = \frac{|130,1-132,99|}{132,99} \cdot 100\% = 2,17\%$
  - $\delta(I_2) = \frac{|10,1-10,65|}{10,65} \cdot 100\% = 5,16\%$

### Задание 3. Процессы заряда и разряда конденсатора

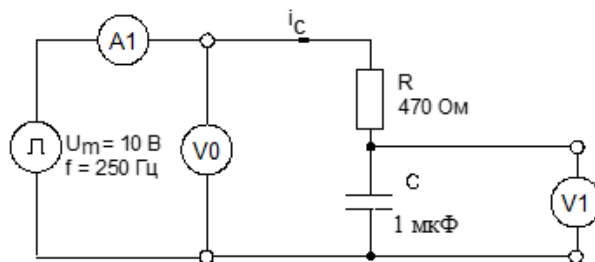


Рис. 6: Схема для исследования процессов заряда и разряда конденсатора (рис. 3.12)

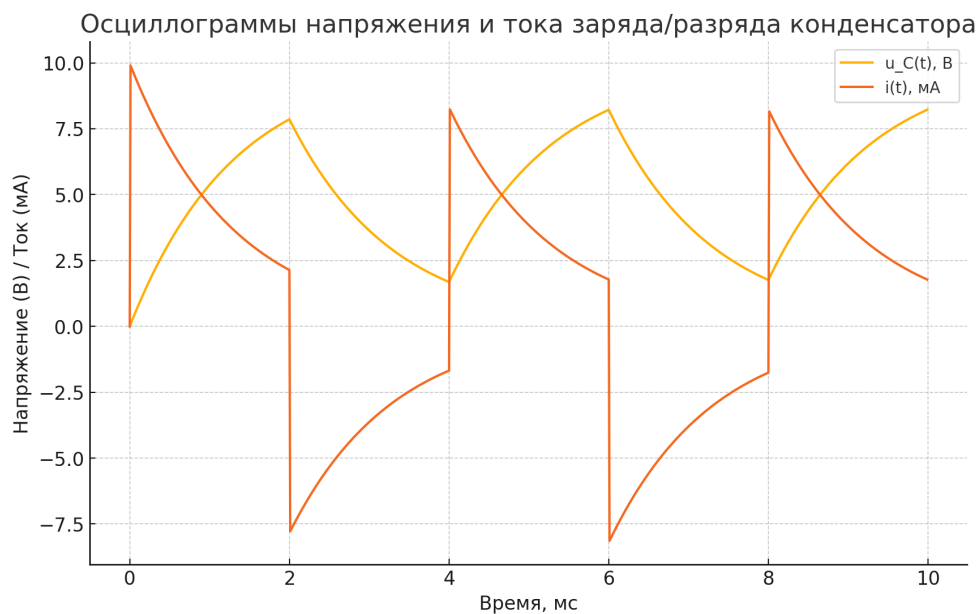


Рис. 7: Осциллограммы напряжения и тока в цепи RC (рис. 3.13)

#### Экспериментальное определение параметров:

- Постоянная времени  $\tau = 1,1 \text{ мс}$  (по графику).
- Мгновенное значение  $u_C$  через  $t = 0,5 \text{ мс}$ :  $u_C(0,5) = 5,8 \text{ В}$ .

**Расчётные значения:**

- $R = 1 \text{ k}\Omega = 1000 \text{ }\Omega$ ,  $C = \frac{\tau}{R} = \frac{1,1 \cdot 10^{-3}}{1000} = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} = 1,1 \text{ }\mu\text{Ф}$
- $u_C(t) = Ue^{-t/\tau} = 10 \cdot e^{-0,5/1,1} \approx 6,5 \text{ В}$

**Вывод:** В результате лабораторной работы установлено, что характеристики источника зависят от сопротивления нагрузки, распределение токов при параллельном соединении источников определяется их внутренними сопротивлениями, а процессы заряда и разряда конденсатора подчиняются экспоненциальному закону, причём экспериментальные данные хорошо согласуются с теоретическими расчётами.