

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**Факультет безопасности информационных технологий**

**Дисциплина:**  
«Электротехника»

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1**

Исследование характеристик источника электрической энергии постоянного тока

**Выполнил:**

студент Суханкулиев М.,  
группа N3246, поток ЭЛТЕХ. N23 1.4.1

**Преподаватель:**

Кононова Мария Евгеньевна

Контрольный срок сдачи: 24.03.2025

Количество баллов:

Санкт-Петербург  
2025 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1      Исследование характеристик источника электрической энергии постоянного тока..	5
1.1      Схема эксперимента .....	5
1.2      Заполнение таблицы .....	5
1.2.1      Пример расчёта для одной произвольной строки таблицы .....	6
1.3      Расчётная внешняя характеристика источника .....	7
1.4      Графики зависимости $P_n(I_n)$ и $\eta(I_n)$ .....	7
1.5      Выводы по работе .....	8
Заключение .....	9
Список использованных источников .....	10

## **ВВЕДЕНИЕ**

Цель работы – исследование режимов работы и экспериментальное определение параметров схемы замещения источника электрической энергии.

План работы:

- Исследование внешней характеристики источника электрической энергии.
- Определение параметров схемы замещения источника по экспериментальным данным.

# 1 ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

## 1.1 Схема эксперимента

Соберём электрическую цепь в приложении «LTspice» и установим значения, соответствующие варианту 28 из файла (3).

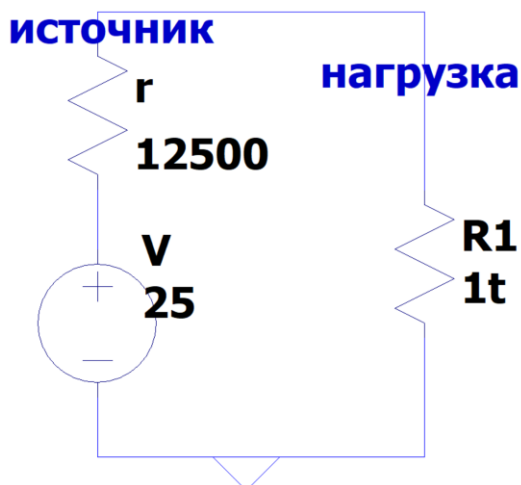


Рисунок 1 – Схема эксперимента (1t – 1 тераОм)

## 1.2 Заполнение таблицы

Заполняя таблицу, определим значение, при котором напряжение в нагрузке будет равно  $U_0/2$ .

$$U_0 = 25 \text{ [B]}, \quad \frac{U_0}{2} = \frac{25 \text{ [B]}}{2} = 12.5 \text{ [B]}$$



Рисунок 2 – Значение параметров при  $R_6 = 12500 \text{ [B]}$

Таблица 1 – Таблица измерений и расчётов

<b><i>k</i></b>	<b>Измерения</b>		<b>Расчёт</b>			
			<b><math>r = 12500</math> [Ом], <math>E = 25</math> [В], <math>I_{sc} = 2</math> [мА]</b>			
<b>0</b>	<b><math>R_n</math> [Ом]</b>	<b><math>U_n</math> [В]</b>	<b><math>I_n</math> [мА]</b>	<b><math>P_n</math> [Вт]</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b><math>r</math> [Ом]</b>
<b>1</b>	$r = \infty$	$U_0 = 25$	0	0	1	
<b>2</b>	112 500	22.5	0.2	0.45	0.9	12 500
<b>3</b>	50 000	20	0.4	0.8	0.8	12 500.43
<b>4</b>	29 167	17.5	0.6	1.05	0.7	12 499.57
<b>5</b>	18 750	15	0.8	1.2	0.6	12 500
<b>6</b>	12 500	12.5	1	1.25	0.5	12 497
<b>7</b>	8 333	10	1.2	1.2	0.4	12 502.16
<b>8</b>	3 571	5.555	1.5556	0.864	0.2222	12 496.25
<b>9</b>	3 125	5	1.6	0.8	0.2	12 509.01
<b>10</b>	1 389	2.5	1.8	0.45	0.1	12 491.01
<b>11</b>	0	0	2	0	0	

### 1.2.1 Пример расчёта для одной произвольной строки таблицы

Для  $k = 2$ :

При  $R_n = 112500$  [Ом]  $U_n = 22.5$  [В].

Ток в нагрузке:

$$I_{n_k} = \frac{U_{n_k}}{R_{n_k}} [\text{А}], \quad I_{n_2} = \frac{22.5 [\text{В}]}{112500 [\text{Ом}]} = 0.0002 [\text{А}] = 0.2 [\text{мА}]$$

Мощность, рассеиваемая в нагрузке:

$$P_{n_k} = \frac{U_{n_k}^2}{R_{n_k}} [\text{Вт}], \quad P_{n_2} = \frac{22.5^2 [\text{В}^2]}{112500 [\text{Ом}]} = 0.0045 [\text{Вт}] = 0.45 [\text{Вт}]$$

Для каждой пары значений токов и напряжений строк  $k = 2 \dots 9$  рассчитаем внутреннее сопротивление источника:

$$r_k = \frac{U_{n_k} - U_{n_{k+1}}}{I_{n_{k+1}} - I_{n_k}} [\text{Ом}], \quad r_2 = \frac{22.5 [\text{В}] - 20 [\text{В}]}{0.0004 [\text{А}] - 0.0002 [\text{А}]} = 12500 [\text{Ом}]$$

Затем найдём оценку внутреннего сопротивления источника  $r$  в виде среднего квадратического значения:

$$r = \sqrt{\frac{\sum_{k=2}^9 r_k^2}{8}} [\text{Ом}] \approx 12500.55 [\text{Ом}]$$

Коэффициент полезного действия:

$$\eta_k = \frac{R_{n_k}}{r + R_{n_k}}, \quad \eta_2 = \frac{112500 \text{ [Ом]}}{12500.55 \text{ [Ом]} + 112500 \text{ [Ом]}} \approx 0.9$$

Ток короткого замыкания источника:

$$I_{sc} = \frac{U_0}{r} \text{ [A]} = \frac{25 \text{ [В]}}{12500.55 \text{ [Ом]}} \approx 0.002 \text{ [A]} = 2 \text{ [мА]}$$

### 1.3 Расчётная внешняя характеристика источника

Через точки  $[0, E = U_0]$  и  $[I_{sc}, 0]$  построим линию расчётной внешней характеристики  $U_n = E - rI_n$  и на этой же плоскости отметим точки экспериментальной характеристики в соответствии с таблицей (Таблица 1 –).

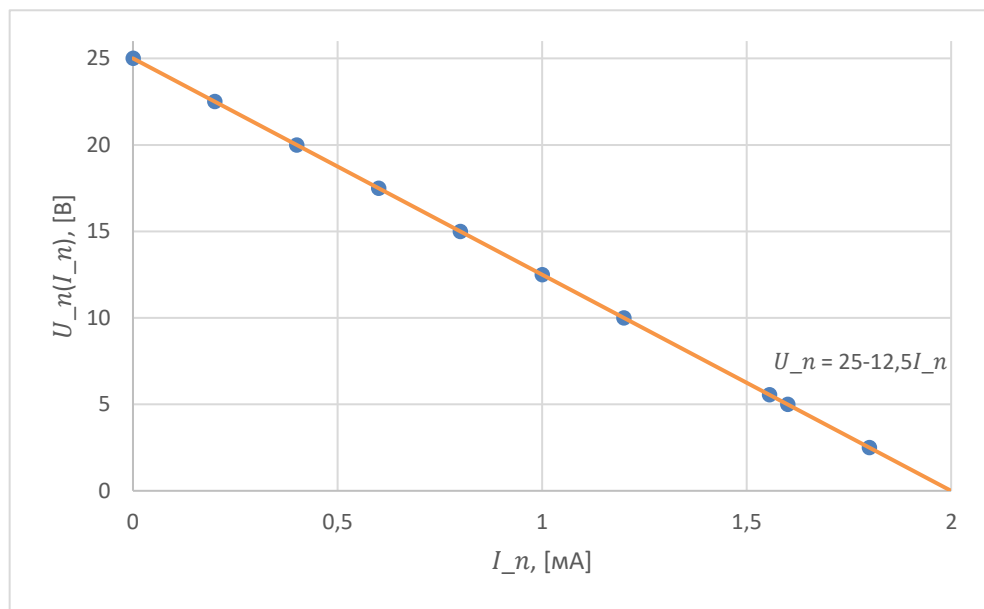


Рисунок 3 – Линия расчётной внешней характеристики и точки экспериментальной характеристики

### 1.4 Графики зависимости $P_n(I_n)$ и $\eta(I_n)$

По данным таблицы (Таблица 1 –) построим зависимости мощности в нагрузке  $P_n(I_n)$  и КПД  $\eta(I_n)$ .

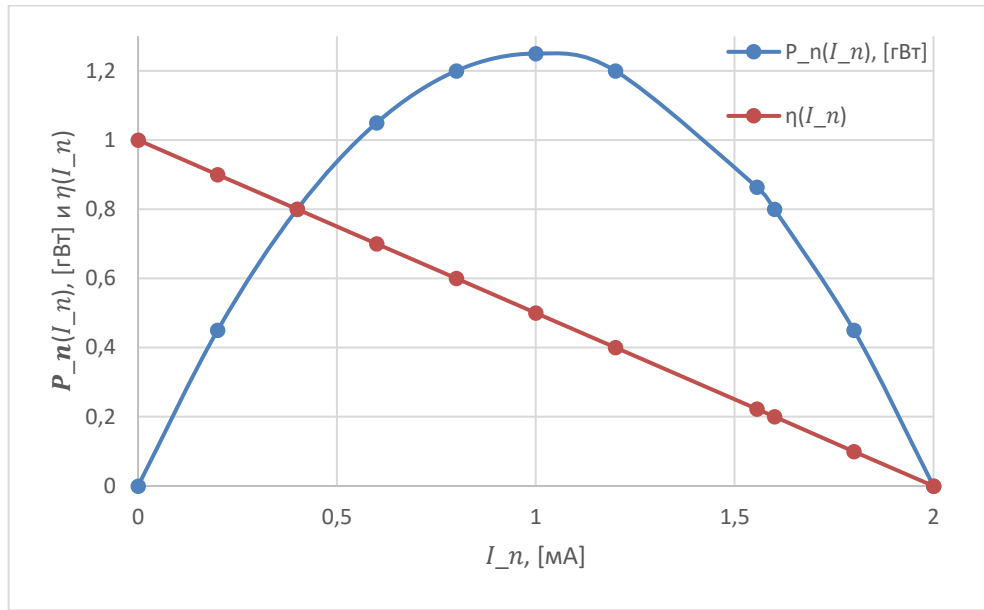


Рисунок 4 – Графики зависимости  $P_n(I_n)$  и  $\eta(I_n)$

### 1.5 Выводы по работе

Внешняя характеристика источника показала линейную зависимость напряжения на нагрузке от протекающего тока, что соответствует уравнению  $U_n = E - rI_n$ . При уменьшении сопротивления нагрузки  $R_n$ , напряжение  $U_n$  снижалось, а ток  $I_n$  увеличивался.

Определение внутреннего сопротивления источника проводилось с использованием метода среднеквадратичной оценки.

Максимальная мощность выделяется в нагрузке при  $R_n = r$ .

Коэффициент полезного действия увеличивается с ростом сопротивления нагрузки и стремится к 100% в режиме холостого хода.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе работы была исследована внешняя характеристика источника электрической энергии и определены его параметры. Экспериментальные данные, полученные в LTspice, подтвердили теоретические закономерности.

Проведённый эксперимент продемонстрировал основные характеристики источника питания постоянного тока, подтвердил линейную зависимость напряжения от тока и позволил определить внутреннее сопротивление.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Усольцев А.А. Общая электротехника: Учебное пособие. СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 305с. – URL : [ОБЩАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА Учебные издания НИУ ИТМО](#).
2. Абдуллин А.А., Горшков К.С., Ловлин С.Ю., Поляков Н.А., ). Никитина М.В. Общая электротехника. Методические указания к лабораторному практикуму в программе LTspice : Учебно методическое пособие. - Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2019. - 52 с. – URL : [Общая электротехника. Методические указания к лабораторному практикуму в программе LTspice : Учебно-методическое пособие. Учебные издания НИУ ИТМО](#)
3. ЛР1 варианты параметров исследуемой цепи – URL : [https://isu.ifmo.ru/pls/apex/f?p=2422:0:112755909572470:AWNLD\\_F\\_GEN:NO::FILE:26DF4BFCB26866E6136E6FD89CA16448](https://isu.ifmo.ru/pls/apex/f?p=2422:0:112755909572470:AWNLD_F_GEN:NO::FILE:26DF4BFCB26866E6136E6FD89CA16448)