

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ
ФАКУЛЬТЕТ ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ И КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ**

**ОТЧЕТ
ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1**

**«Исследование характеристик источника электрической энергии
постоянного тока»**

Выполнил:
Студент группы Р3255
Федюкович С. А. _____

Санкт-Петербург

2018

Цель работы

Исследование режимов работы и экспериментальное определение параметров схемы замещения источника электрической энергии.

Ход работы

1. В приложении LTspice собрать электрическую цепь по заданной схеме замещения со значениями $r = 3200[\text{Ом}]$ и $E = 240[\text{В}]$ (рис.1).

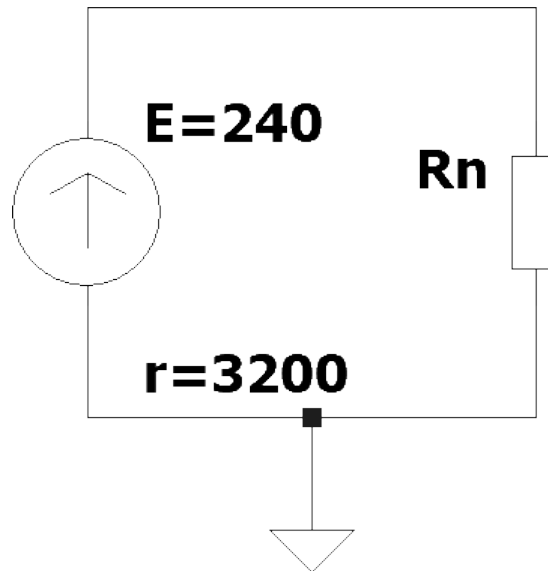


Рис. 1: Схема электрической цепи

2. Измерить напряжение холостого хода U_0 при разрыве цепи, занести полученный результат в таблицу 1.
3. Изменяя сопротивление R_n найти такое R_n , при котором $U_n = \frac{U_0}{2} = \frac{240}{2} = 120,000[\text{В}]$. Занести в таблицу значение R_n .
4. Заполнить таблицу, изменяя сопротивление от $100[\text{Ом}]$ до $10000[\text{Ом}]$ соответствующими значениями U_k .
5. Для каждого k рассчитать ток в нагрузке по формуле $I_k = \frac{U_k}{R_k} [\text{А}]$:

$$\begin{aligned} I_0 &= \frac{U_0}{R_0} = \frac{240}{\infty} \cdot 1000,000 \approx 0,000[\text{мА}]; & I_6 &= \frac{U_6}{R_6} = \frac{105,263}{2500,000} \cdot 1000,000 \approx 42,105[\text{мА}]; \\ I_1 &= \frac{U_1}{R_1} = \frac{120,000}{3200} \cdot 1000,000 \approx 37,500[\text{мА}]; & I_7 &= \frac{U_7}{R_7} = \frac{57,142}{1000,000} \cdot 1000,000 \approx 57,142[\text{мА}]; \\ I_2 &= \frac{U_2}{R_2} = \frac{181,818}{10000,000} \cdot 1000,000 \approx 18,182[\text{мА}]; & I_8 &= \frac{U_8}{R_8} = \frac{32,432}{500,000} \cdot 1000,000 \approx 64,864[\text{мА}]; \\ I_3 &= \frac{U_3}{R_3} = \frac{171,428}{8000,000} \cdot 1000,000 \approx 21,429[\text{мА}]; & I_9 &= \frac{U_9}{R_9} = \frac{17,391}{250,000} \cdot 1000,000 \approx 69,564[\text{мА}]; \\ I_4 &= \frac{U_4}{R_4} = \frac{156,521}{6000,000} \cdot 1000,000 \approx 26,087[\text{мА}]; & I_{10} &= \frac{U_{10}}{R_{10}} = \frac{7,272}{100,000} \cdot 1000,000 \approx 72,720[\text{мА}]; \\ I_5 &= \frac{U_5}{R_5} = \frac{146,341}{5000,000} \cdot 1000,000 \approx 29,268[\text{мА}]. \end{aligned}$$

6. Для каждого k рассчитать рассеиваемую в нагрузке мощность по формуле $P_k = \frac{U_k^2}{R_k}$ [Вт] :

$$\begin{aligned} P_0 &= \frac{U_0^2}{R_0} = \frac{240^2}{\infty} \approx 0,000[\text{Вт}]; & P_6 &= \frac{U_6^2}{R_6} = \frac{105,263^2}{2500,000} \approx 4,432[\text{Вт}]; \\ P_1 &= \frac{U_1^2}{R_1} = \frac{120,000^2}{3200} \approx 4,500[\text{Вт}]; & P_7 &= \frac{U_7^2}{R_7} = \frac{57,142^2}{1000,000} \approx 3,265[\text{Вт}]; \\ P_2 &= \frac{U_2^2}{R_2} = \frac{181,818^2}{10000,000} \approx 3,306[\text{Вт}]; & P_8 &= \frac{U_8^2}{R_8} = \frac{32,432^2}{500,000} \approx 2,104[\text{Вт}]; \\ P_3 &= \frac{U_3^2}{R_3} = \frac{171,428^2}{8000,000} \approx 3,673[\text{Вт}]; & P_9 &= \frac{U_9^2}{R_9} = \frac{17,391^2}{250,000} \approx 1,210[\text{Вт}]; \\ P_4 &= \frac{U_4^2}{R_4} = \frac{156,521^2}{6000,000} \approx 4,083[\text{Вт}]; & P_{10} &= \frac{U_{10}^2}{R_{10}} = \frac{7,272^2}{100,000} \approx 0,529[\text{Вт}]; \\ P_5 &= \frac{U_5^2}{R_5} = \frac{146,341^2}{5000,000} \approx 4,283[\text{Вт}]. \end{aligned}$$

7. Для каждого k , кроме $k = 10$, рассчитать и занести в таблицу 1 внутреннее сопротивление источника $r_k = \frac{U_k - U_{k+1}}{I_{k+1} - I_k}$ [Ом]:

$$\begin{aligned} r_1 &= \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1} = \frac{120,000 - 181,818}{18,182 - 37,500} \cdot 1000,000 \approx 3200,021[\text{Ом}]; \\ r_2 &= \frac{U_2 - U_3}{I_3 - I_2} = \frac{181,818 - 171,428}{21,429 - 18,182} \cdot 1000,000 \approx 3199,877[\text{Ом}]; \\ r_3 &= \frac{U_3 - U_4}{I_4 - I_3} = \frac{171,428 - 156,521}{26,087 - 21,429} \cdot 1000,000 \approx 3200,301[\text{Ом}]; \\ r_4 &= \frac{U_4 - U_5}{I_5 - I_4} = \frac{156,521 - 146,341}{29,268 - 26,087} \cdot 1000,000 \approx 3200,251[\text{Ом}]; \\ r_5 &= \frac{U_5 - U_6}{I_6 - I_5} = \frac{146,341 - 105,263}{42,105 - 29,268} \cdot 1000,000 \approx 3199,969[\text{Ом}]; \\ r_6 &= \frac{U_6 - U_7}{I_7 - I_6} = \frac{57,142 - 32,432}{57,142 - 42,105} \cdot 1000,000 \approx 3200,173[\text{Ом}]; \\ r_7 &= \frac{U_7 - U_8}{I_8 - I_7} = \frac{32,432 - 17,391}{64,864 - 57,142} \cdot 1000,000 \approx 3199,948[\text{Ом}]; \\ r_8 &= \frac{U_8 - U_9}{I_9 - I_8} = \frac{32,432 - 17,391}{69,564 - 64,864} \cdot 1000,000 \approx 3200,213[\text{Ом}]; \\ r_9 &= \frac{U_9 - U_{10}}{I_{10} - I_9} = \frac{17,391 - 7,272}{72,720 - 69,564} \cdot 1000,000 \approx 3206,274[\text{Ом}]; \end{aligned}$$

8. Найти оценку внутреннего сопротивления источников в виде среднего квадратического внутренних сопротивлений источника:

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{\sum_{k=1}^9 \frac{r_k^2}{9}} = \sqrt{\frac{r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + r_4^2 + r_5^2 + r_6^2 + r_7^2 + r_8^2 + r_9^2}{9}} = \\ &= \sqrt{\frac{3200,021^2 + 3199,877^2 + 3200,301^2 + 3200,251^2 + 3199,969^2 + 3200,173^2}{9} +} \\ &\quad + \frac{3199,948^2 + 3200,213^2 + 3206,274^2}{9} \approx 3200,781[\text{Ом}] \end{aligned}$$

9. Рассчитать и занести в таблицу 1 коэффициент полезного действия $\eta_k = \frac{Rn_k}{r+Rn_k}$

$$\begin{aligned}\eta_1 &= \frac{R_1}{R_1+r} = \frac{3200}{3200+3200,781} = 0,500 & \eta_6 &= \frac{R_6}{R_6+r} = \frac{2500,000}{2500,000+3200,781} = 0,439 \\ \eta_2 &= \frac{R_2}{R_2+r} = \frac{10\,000,000}{10\,000,000+3200,781} = 0,758 & \eta_7 &= \frac{R_7}{R_7+r} = \frac{1000,000}{1000,000+3200,781} = 0,238 \\ \eta_3 &= \frac{R_3}{R_3+r} = \frac{8000,000}{8000,000+3200,781} = 0,714 & \eta_8 &= \frac{R_8}{R_8+r} = \frac{500,000}{500,000+3200,781} = 0,135 \\ \eta_4 &= \frac{R_4}{R_4+r} = \frac{6000,000}{6000,000+3200,781} = 0,652 & \eta_9 &= \frac{R_9}{R_9+r} = \frac{250,000}{250,000+3200,781} = 0,072 \\ \eta_5 &= \frac{R_5}{R_5+r} = \frac{5000,000}{5000,000+3200,781} = 0,610 & \eta_{10} &= \frac{R_{10}}{R_{10}+r} = \frac{100,000}{100,000+3200,781} = 0,030\end{aligned}$$

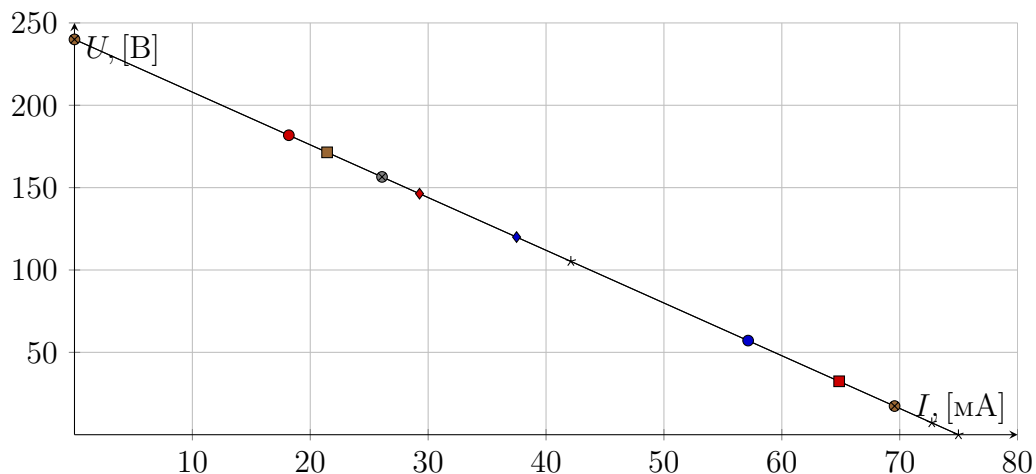
10. Рассчитать и занести в таблицу 1 ток короткого замыкания источника:

$$I_{sc} = \frac{U_0}{r} = \frac{240}{3200,781} \cdot 1000,000 = 74,982[\text{мА}]$$

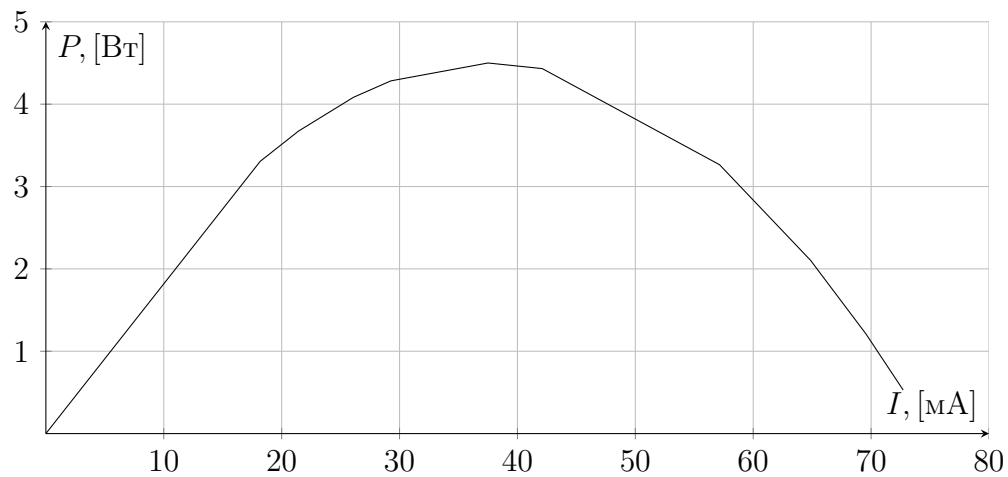
Таблица 1

k	Измерения	Расчет: $r = 3200,781[\text{Ом}], E = 240[\text{В}], I_{sc} = 74,982[\text{мА}]$				
	$R_k [\text{Ом}]$	$U_k [\text{В}]$	$I_k [\text{мА}]$	$P_k [\text{Вт}]$	η_1	$r_k [\text{Ом}]$
0	∞	240	0,000	0,000	1,000	
1	3200	120,000	37,500	4,500	0,500	3200,021
2	10 000,000	181,818	18,182	3,306	0,758	3199,877
3	8000,000	171,428	21,429	3,673	0,714	3200,301
4	6000,000	156,521	26,087	4,083	0,652	3200,251
5	5000,000	146,341	29,268	4,283	0,610	3199,969
6	2500,000	105,263	42,105	4,432	0,439	3200,173
7	1000,000	57,142	57,142	3,265	0,238	3199,948
8	500,000	32,432	64,864	2,104	0,135	3200,213
9	250,000	17,391	69,564	1,210	0,072	3206,274
10	100,000	7,272	72,720	0,529	0,030	

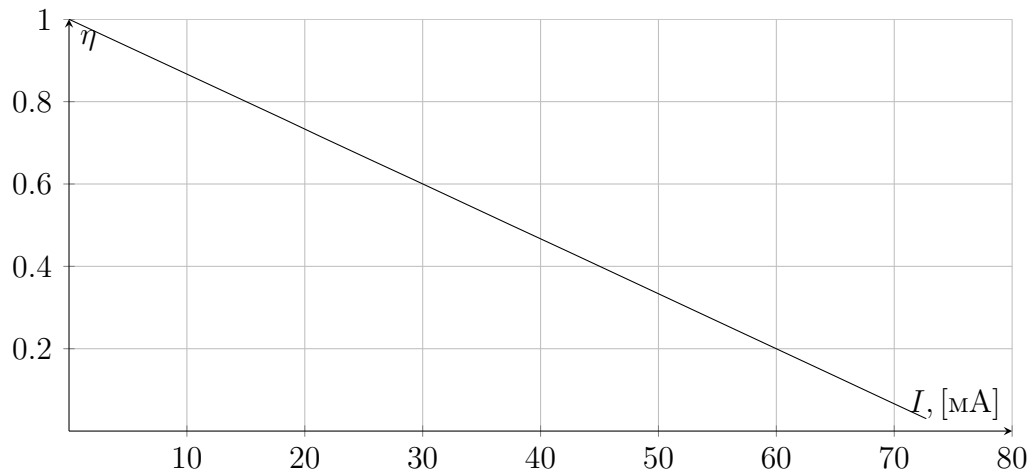
11. Через точки $[0, E = U_0]$ и $[I_{sc}, 0]$ построить линию расчетной внешней характеристики и на этой же плоскости показать точки экспериментальной характеристики в соответствии с таблицей 1:



12. По данным таблицы 1 построить зависимости мощности в нагрузке $P_n(I_n)$:



13. По данным таблицы 1 построить зависимости КПД в нагрузке $\eta_n(I_n)$:



Вывод

В ходе работы я экспериментально определил параметры схемы замещения источника электрической энергии: $E = 240,000[B]$, $r = 3200,781[Ом]$, $I_{sc} = 74,982[A]$. Цель достигнута.