

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НГУ)

Физический факультет

Кафедра общей физики

Лабораторная работа №2.1

Электроизмерительные приборы и источники питания постоянного тока

Руководитель:
Старший преподаватель
Яцких А. А.

Работу выполнил:
Высоцкий М. Ю.

гр. 24301

Новосибирск, 2024

1 Теоретическое введение

Цель работы: Познакомиться с устройством, принципом действия электромеханических и цифровых измерительных приборов; научиться проводить измерения тока и напряжения в цепях постоянного тока, а также с режимами работы источников питания постоянного тока.

Оборудование: Источники питания постоянного тока, вольтметры, амперметры, цифровые мультиметры, магазин сопротивлений, макетные платы.

2 Ход работы.

2.1 Задание 1. Изучение влияния вольтметра на режим работы электрической цепи постоянного тока.

В данном задании требуется измерить разность потенциалов на клеммах источника тока и сравнить ее со значением, полученным при измерении разности потенциалов в точках А и В. Для этого к соответствующим точкам надо было подключить мультиметр, переведенный в режим измерения постоянного напряжения (DC, V). Также требовалось посчитать сопротивление на R_2 . Схема установки приведена ниже.

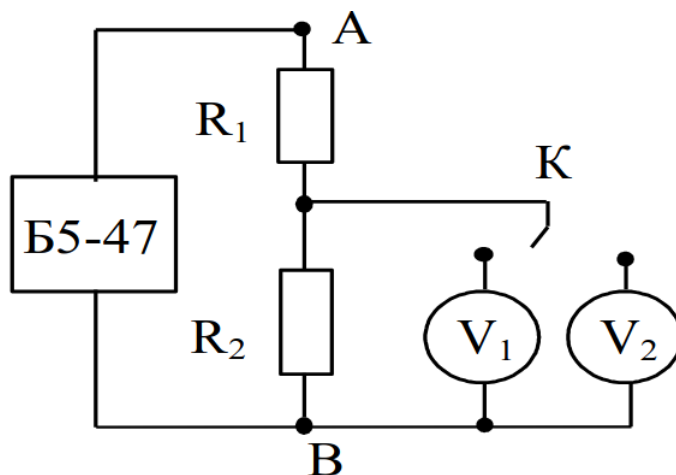


Рис. 1: Электрическая схема задания 1.

Здесь **V1** - вольтметр М2044, **V2** - вольтметр GDM-8145.

Показания, снятые во время опыта:

Показания напряжения на источнике и на сопротивлении: $U_{\text{ист}} = 20.0$ В, $U_{AB} = 19.99$ В.

$R_{1-2}, \text{ кОм}$	$R_1, \text{ кОм}$	$R_2, \text{ кОм}$
300	148,63	152,75

Формула для поиска напряжения на 2-м сопротивлении.

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{AB} \quad (1)$$

Согласно формуле, $U_2 = 10,131 \text{ В}$.

Теоретическое напряжение рассчитывается по формуле распределения напряжений с учетом того, как считается напряжение при параллельном соединении:

$$U_{\text{теор}} = \frac{R_2 R_V}{R_V(R_1 + R_2) + R_1 R_2} U_{AB} \quad (2)$$

Исходя из данных, сопротивление источника $R_{\text{ист}} = \frac{U_{\text{ист}}}{I_{\text{ист}}} = \frac{20}{0,1} = 200 \text{ Ом}$.

С учётом наличия теоретического сопротивления, (2) будет выглядеть следующим образом:

$$U_{\text{теор}} = \frac{R_2 R_V}{R_V(R_1 + R_2 + R_{\text{ист}}) + (R_1 + R_{\text{ист}}) R_2} U_{AB} \quad (3)$$

Итого, таблица по данному заданию:

Вольтметр	Шкала, В	U, В	$U_{\text{теор}}$, В	R_V , Ом	U, В (пар. с.)	
GDM	20	$10,043 \pm 0,007$	10,049	10^7	GDM	M2044
M2044	75	$8,50 \pm 0,15$	8,798	$5 * 10^5$	8,74	8,5
M2044	30	$4,00 \pm 0,06$	4,04	$5 * 10^4$	4,03	4,0
M2044	15	$4,00 \pm 0,03$	4,04	$5 * 10^4$	4,03	4,0

2.2 Вывод по заданию.

Причиной различия показаний вольтметров является сопротивление вольтметра: чем меньше R_V , тем больше отличие измеренных показаний от расчётных. Поэтому главное требование для вольтметра: $R_V \rightarrow \infty$.

2.3 Задание 2. Изучение влияния амперметра на режим работы электрической цепи постоянного тока.

Для выполнения задания необходимо измерить величину сопротивления R , установить на источнике напряжение 0,1 В, ток 0,1 А, установить на мультиметре режим измерения постоянного тока и предел измерения 200 мА. Записать значения силы тока указав погрешности и провести измерения на пределах измерения 20 и 2 мА. Схема приведена ниже.

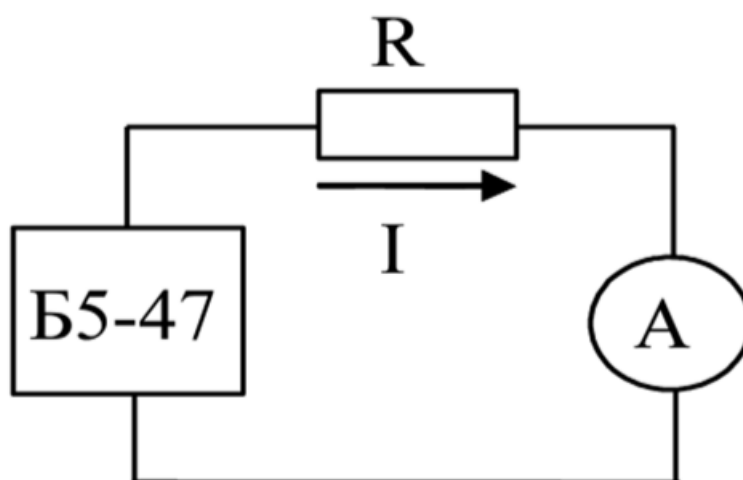


Рис. 2: Электрическая схема задания 2.

Снятые показания: $U = 0,098$ В, $R = 10,5$ Ом.

Далее идёт таблица с показаниями. Сопротивления R_A брались из паспорта.

Предел, мА	$I_{\text{эксп}}$, мА	ΔI	R_a , Ом	I_R , мА (с R_a)	I_R , мА (без R_a)
200	8	0,0116	2	7,84	9,3
20	4,67	0,0667	11,4	4,47	
2	0,8	0,01	100,8	0,88	

2.4 Вывод по заданию.

Чем выше сопротивление амперметра, тем меньше сила тока в цепи. Поэтому условие идеального амперметра – нулевое сопротивление амперметра $R_A \rightarrow 0$

2.5 Задание 3. Определение сопротивления электростатического вольтметра.

Для выполнения задания необходимо зарядить ёмкость электростатического вольтметра любым известным методом и записывать изменение показаний вольтметра через некоторые интервалы времени в течение 40 минут. Результаты занести в таблицу, построить график зависимости от времени $\ln(\frac{U}{U_0})$ и по угловому коэффициенту определить сопротивление вольтметра.

Начальное напряжение было равно: $U_0 = 52 \text{ В}$.

t, с	U, В	$\ln U/U_0$
100	70	0
450	65	-0,07
1080	60	-0,15
1660	52	-0,3
1800	51	-0,32
1950	50	-0,34
2160	49	-0,36
2380	48	-0,38

И получили график:

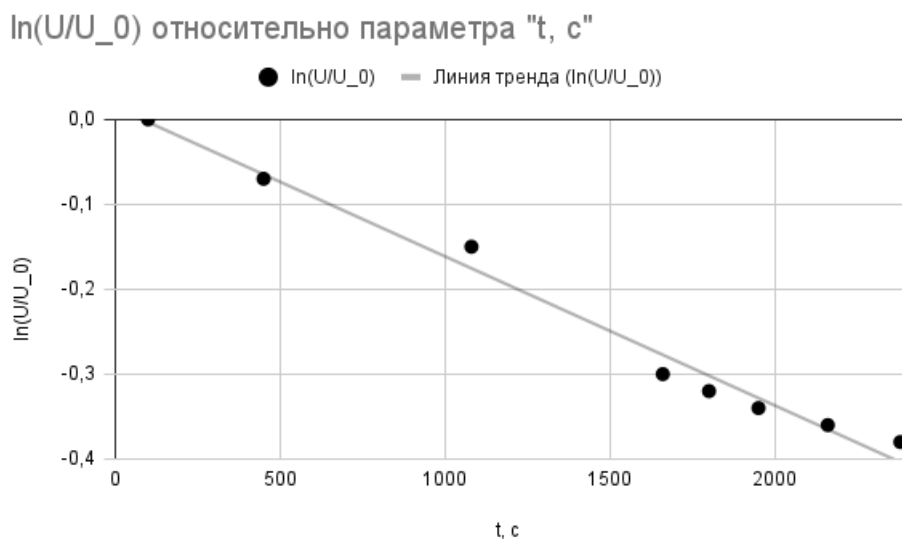


Рис. 3: Зависимость $\ln U/U_0(t)$

Коэффициент наклона прямой равен $k = -0,0002$.

Продифференцировав $\ln(\frac{U}{U_0})$ по времени получим следующую зависимость:

$$R = -\frac{1}{kC} \quad (4)$$

Из паспортных данных вольтметра узнаем значение емкости $C = 10^{-11} \text{Ф}$, подставим в формулу и определим значение сопротивления. Оно будет равно $R \approx 5 * 10^{14} \text{ Ом}$.

2.6 Вывод по заданию.

Из графика (как логарифмического, как и не логарифмического) видно, что напряжение падает практически линейно.

2.7 Задание 4. Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника

Для выполнения задания предлагается собрать схему, на мультиметре установить режим измерения постоянного напряжения с пределом измерения 200 В, а для магнитоэлектрического прибора на двух пределах: 75 и 150 В. По полученным данным определить ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.

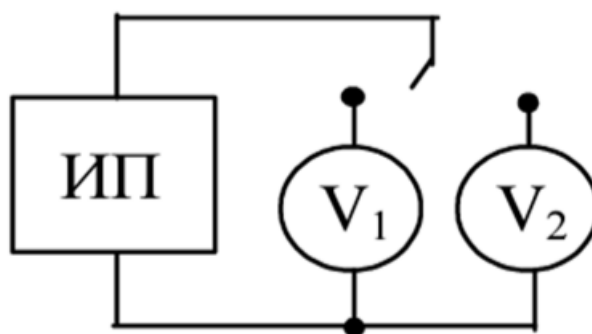


Рис. 4: Электрическая схема задания 4.

Ниже приведены данные.

V	Шкала, В	U, в	ΔU , Ом	R_V Ом
GDM	200	66,82	0,04	10^7
M2044	150	48,3	0,2	10^6
M2044	75	37	0,2	$5 * 10^5$

Составим систему и решим её:

$$\begin{cases} \mathcal{E}_i = I_i(R_i + r) \\ I_i R_i = U_i \end{cases} \quad (5)$$

Решая попарно 1 и 2, 2 и 3, 3 и 1, получим:

$$\begin{cases} \mathcal{E} = 66,82 * (1 + \frac{r}{10^7}) \\ \mathcal{E} = 48,3 * (1 + \frac{r}{10^6}) \\ \mathcal{E} = 37 * (1 + \frac{r}{5*10^5}) \end{cases} \quad (6)$$

Из 1 и 2: $\mathcal{E} = 69,79$ В; $r = 445000$ Ом

Поставим r в 1 и 2, получим:

1: $\mathcal{E} = 69,79$ В;

2: $\mathcal{E} = 69,93$ В.

Получаем $\varepsilon \approx 69,84$ Ом.

2.8 Вывод по заданию.

Мы получили внутреннее сопротивление источника $r = 445000$ Ом и ЭДС $\mathcal{E} \approx 69,84$ В.

2.9 Задание 5. Изучение работы стабилизированного источника питания постоянного тока в режимах стабилизации тока и стабилизации напряжения

В задании предложено собрать схему, приведенную ниже. Меняя сопротивление с шагом в 10 Ом на магазине сопротивлений, необходимо измерить соответствующие значения напряжения и тока, а по полученным данным определить величину сопротивления нагрузки, соответствующую смене режима стабилизации. Далее было предложено построить графики зависимости тока, напряжения и выделяемой мощности от сопротивления нагрузки.

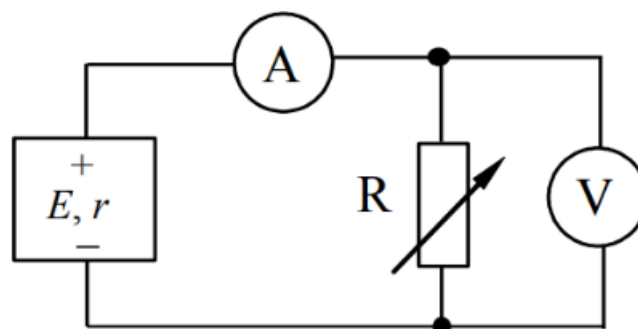


Рис. 5: Электрическая схема задания 5.

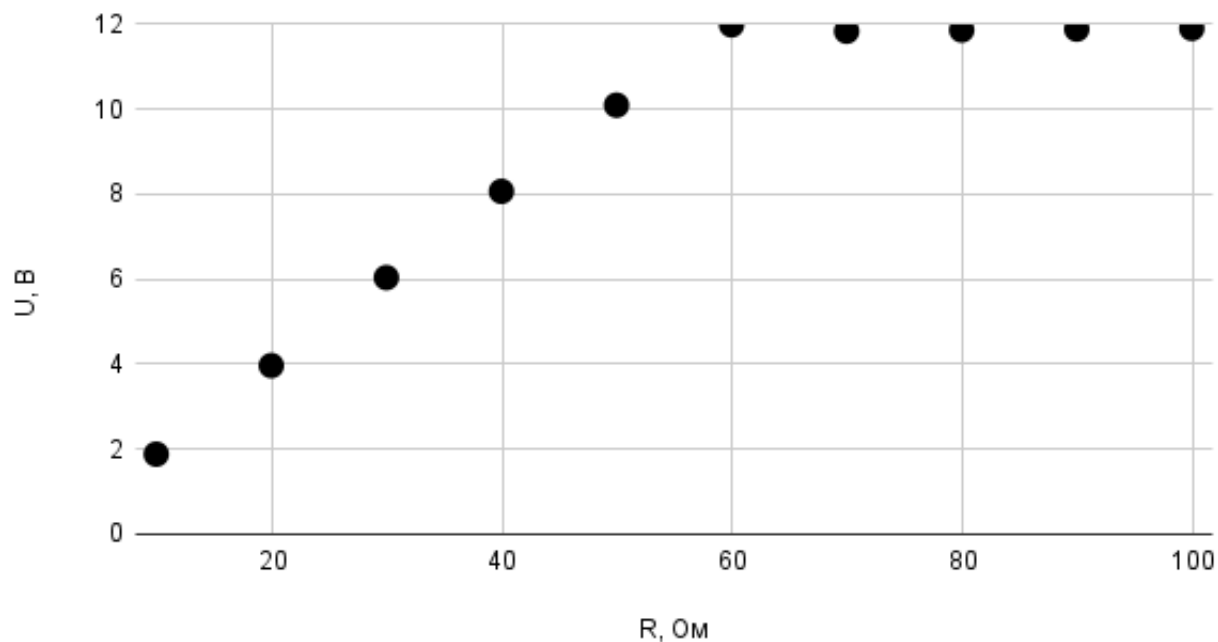
Данные приведены ниже:

R, Ом	U, В	I, мА	P, мВт
99,9	11,905	120,07	1429,433
89,9	11,888	133,35	1585,265
79,9	11,867	149,93	1779,219
69,9	11,838	171,22	2026,902
59,9	11,987	203,3	2436,957
49,9	10,097	206,2	2082,001
39,9	8,069	207,2	1671,897
29,9	6,039	208,4	1258,528
19,9	3,968	209,2	830,106
9,9	1,883	209,9	395,242

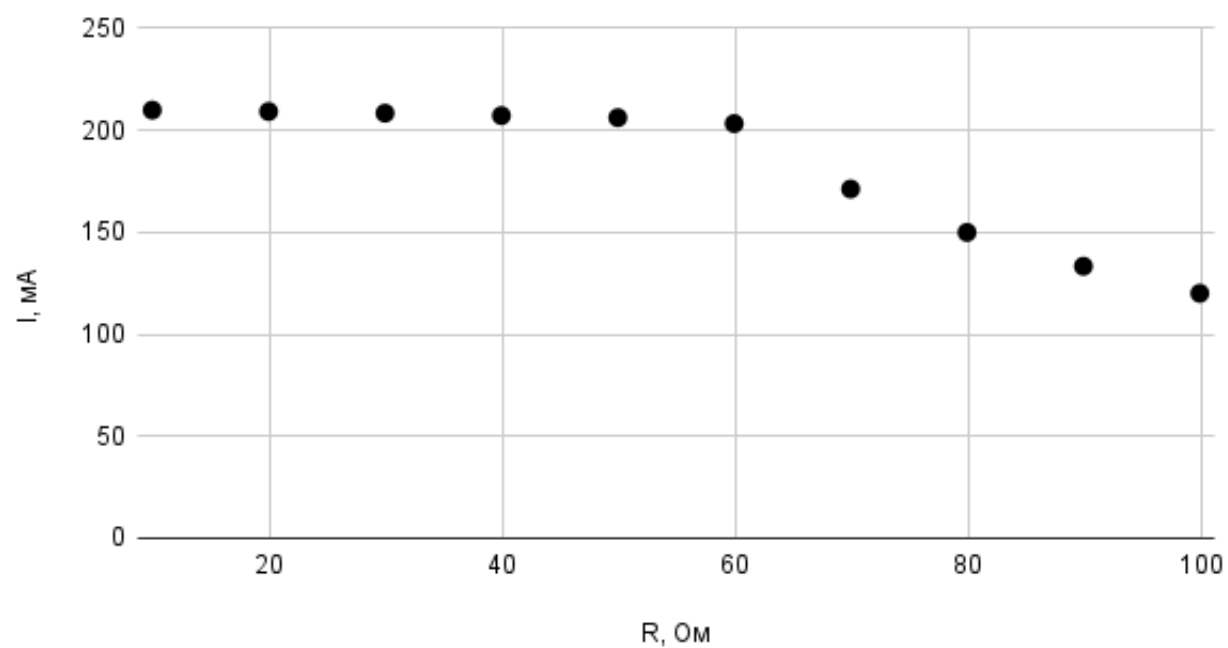
Мощность рассчитываем по следующей формуле:

$$P = UI \quad (7)$$

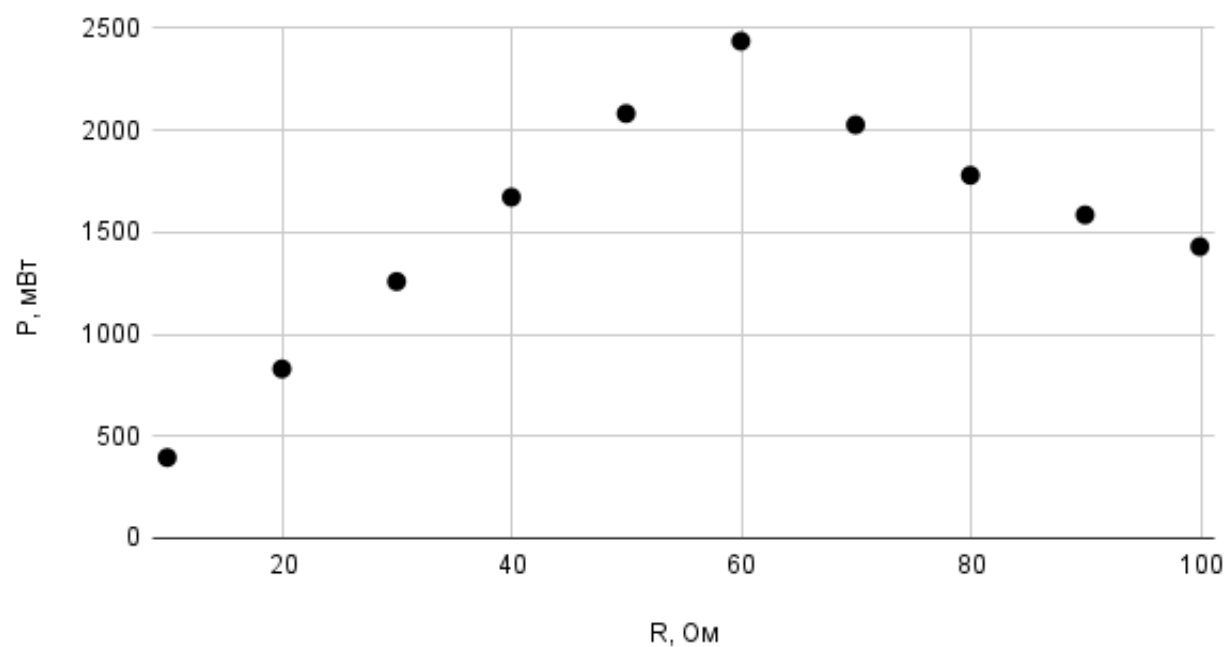
U, В относительно параметра "R, Ом"



I , мА относительно параметра " R , Ом"



P , мВт относительно параметра " R , Ом"



Из последнего графика видно, что стабилизация происходит при $R = 60$ Ом.

2.10 Вывод по заданию.

Режиму стабилизации тока соответствует сопротивление нагрузки $R \ll r$, т.к. падение напряжения на нагрузке меняется пропорционально ее сопротивлению:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r + R} \approx \frac{\mathcal{E}}{r} \approx \text{const} \quad (8)$$

Режиму стабилизации напряжения соответствует сопротивление $R \gg r$, в этом случае ток в цепи обратно пропорционален сопротивлению нагрузки:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r + R} \approx \frac{\mathcal{E}}{R} \approx \text{const} \quad (9)$$

$U = IR \approx \mathcal{E} \approx \text{const}$ (напряжение на нагрузке не зависит от сопротивления нагрузки)

3 Вывод по работе

1. Установлено требование к вольтметру: сопротивление вольтметра должно быть на несколько порядков больше, чем измеряемое. Таким образом $R_V \rightarrow \infty$.
2. Установлено требование к амперметру: сопротивление амперметра должно быть на несколько порядков ниже, чем измеряемое. Таким образом, $R_A \rightarrow 0$
3. Определена ёмкость электростатического вольтметра С-50:
 $C = 10^{-11}$ Ф.
4. Установлено ЭДС и сопротивление источника.
5. Изучена работа стабилизированного источника питания, найдено сопротивление, при котором источник переходит в режим стабилизации ($R = 60$ Ом)