

УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра экспериментальной физики

О Т Ч Е Т

по лабораторной работе №1

«Постоянный ток»

Студент Юмагуен Ришат Русланович

Группа ФТ-290013

Преподаватель Райков Дмитрий Вячеславович

Дата 04.05.2021 г.

## 1.1 Закон Ома

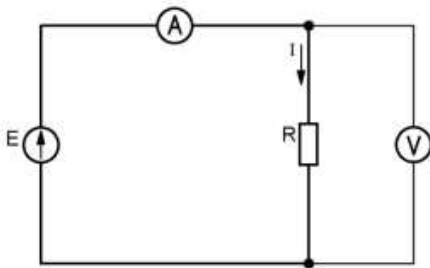
### Цель лабораторной работы:

- 1) Измеряя токи и напряжения в цепи, экспериментально убедиться в верности закона Ома и построить графики зависимости тока от напряжения:  $I = f(U)$  при  $R = \text{const}$
- 2) Изменяя сопротивление, при неизменном напряжении, постройте график зависимости тока от сопротивления:  $I = f(R)$  при  $U = \text{const}$

### Оборудование и приборы:

1. рабочая станция NI ELVIS II
2. источник напряжения  $E$
3. резистор с сопротивлением  $R$
4. амперметр  $A$
5. вольтметр  $V$

### Теоретические сведения:



### Закон Ома для участка цепи:

*Сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна электрическому сопротивлению данного участка цепи:*

$$I = \frac{U}{R}$$

Сопротивление является физической характеристикой проводника, и измеряется в Ом.

$$R = \frac{\rho l}{S}$$

Сопротивление можно представить через проводимость:

$$G = \frac{1}{R}$$

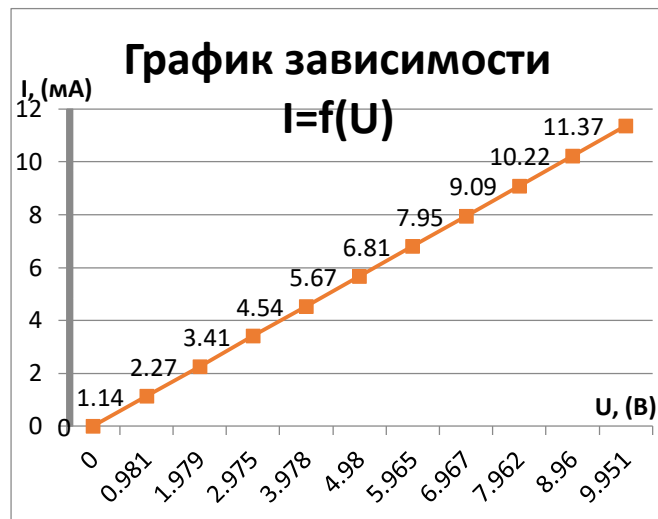
Тогда закон Ома можно представить в виде  $I = GU$

### Проведенная работа:

1) При изменении  $E$  от 1 до 10 В

При  $R = 880 \text{ Ом}$

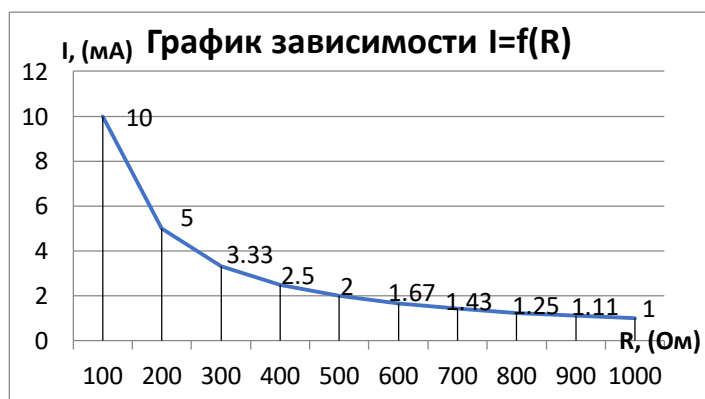
Установка		Измерения		Расчёты		
N	+E(В)	V1DC(В)	A1DC(мА)	Rрасч(Ом)	Погрешность $\sigma\%$	Rср(Ом)
1	0	0	0	880,00	0,00	880,00
2	1	0,981	1,14	860,53	2,21	870,26
3	2	1,979	2,27	871,81	0,93	875,90
4	3	2,975	3,41	872,43	0,86	876,22
5	4	3,978	4,54	876,21	0,43	878,11
6	5	4,98	5,67	878,31	0,19	879,15
7	6	5,965	6,81	875,92	0,46	877,96
8	7	6,967	7,95	876,35	0,41	878,18
9	8	7,962	9,09	875,91	0,47	877,95
10	9	8,96	10,22	876,71	0,37	878,36
11	10	9,951	11,37	875,20	0,55	877,60



2) Изменение сопротивления  $R$  от 100 Ом до 1000 Ом

При  $E = 1 \text{ В}$

Установка		Измерения		Расчёты		
N	R(Ом)	V1DC(В)	A1DC(мА)	Rрасч(Ом)	Погрешность $\sigma\%$	Rср(Ом)
1	0	0,99	0	0	0,00	0,00
2	100	0,987	10	98,70	1,30	99,35
3	200	0,986	5	197,20	1,40	198,60
4	300	0,98	3,33	294,29	1,90	297,15
5	400	0,975	2,5	390,00	2,50	395,00
6	500	0,989	2	494,50	1,10	497,25
7	600	0,981	1,67	587,43	2,10	593,71
8	700	0,984	1,43	688,11	1,70	694,06
9	800	0,991	1,25	792,80	0,90	796,40
10	900	0,981	1,11	883,78	1,80	891,89
11	1000	0,982	1	982,00	1,80	991,00



**Вывод:** произвели теоретические расчёты и экспериментально убедились в выполнении закона Ома для электрической цепи. Погрешность рассчитанных и экспериментальных данных обусловлена возможной неточностью приборов,

неточностью номинала, влажностью, температурой и другими внешними факторами и составляет около 2%.

## 1.2 Последовательное соединение резисторов:

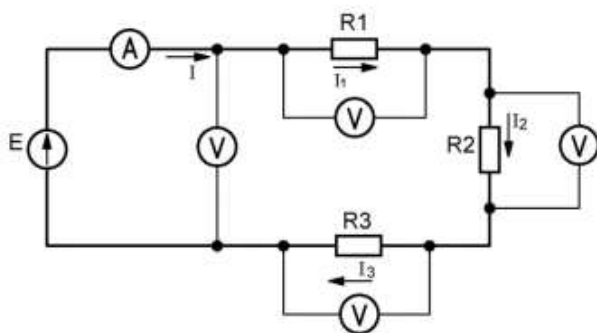
### Цель лабораторной работы:

Экспериментально проверить расчет эквивалентного сопротивления при последовательном соединении резисторов.

### Оборудование и приборы:

1. рабочая станция NI ELVIS II
2. источник напряжения E
3. 3 резистора R1, R2, R3
4. амперметр A
5. 4 вольтметра V1, V2, V3, V4

### Теоретические сведения:



При последовательном соединении по всем резисторам в цепи течет один и тот же ток:

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

Согласно закону напряжений Кирхгофа можно написать:

$$E = I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3 = I (R_1 + R_2 + R_3) = I R_{\text{ЭКВ}}$$

$$R_{\text{ЭКВ}} = R_1 + R_2 + R_3$$

Следовательно, эквивалентное сопротивление последовательной цепи равно сумме сопротивлений всех последовательно соединенных резисторов.

$$U = IR \Rightarrow U = U_1 + U_2 + U_3$$

$$U_1 : U_2 : U_3 = R_1 : R_2 : R_3$$

т. е., чем больше сопротивление резистора в последовательной цепи, тем больше будет падение напряжения на нем. В случае последовательного соединения нескольких (n) резисторов с одинаковым сопротивлением R эквивалентное сопротивление цепи  $R_{\text{ЭКВ}}$  будет в n раз больше, т. е.  $R_{\text{ЭКВ}} = nR$

Напряжение  $U_i$  на каждом резисторе при этом будет в n раз меньше общего напряжения U:

$$U_i = \frac{U}{n}$$

## Проведенная работа:

Установка					Измерения				
N	+E(B)	R1(Ом)	R2(Ом)	R3(Ом)	V1DC(B)	V2DC(B)	V3DC(B)	V4DC(B)	A1DC(mA)
0	1	880	700	400	0,45	0,35	0,2	0,99	0,52
1	4	880	700	400	1,78	1,41	0,8	3,96	2,06
2	6	880	700	400	2,67	2,11	1,2	5,94	3,09

Расчёты									
R1(Ом)	R2(Ом)	R3(Ом)	Rэкв.сум(Ом)	Rэкв.отн(Ом)		R1ср(Ом)	R2ср(Ом)	R3ср(Ом)	
865,38	673,08	384,62	1923,08	1903,846154		864,5133	680,1303	387,1048	
864,08	684,47	388,35	1936,89	1922,330097	Погрешность σ %	1,76	2,84	3,22	
864,08	682,85	388,35	1935,28	1922,330097					

**Вывод:** Проанализировав данные получили, что в последовательной цепи при неизменном  $R_{\text{экв}}$ , сила тока возрастает прямо пропорционально увеличению общего напряжения, а при постоянной силе тока – напряжение на резисторах растёт в соответствии с повышением их сопротивлений. Погрешность рассчитанных и экспериментальных данных составляет около 2,5%

## 1.3 Параллельное соединение резисторов:

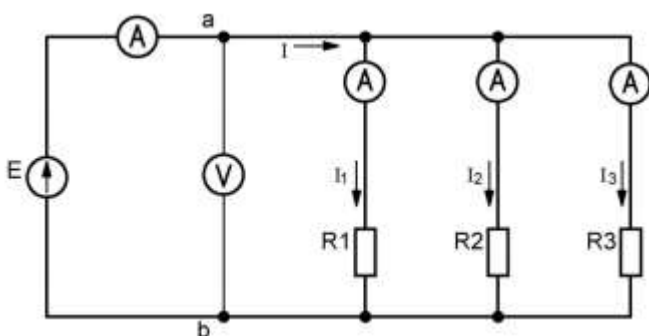
### Цель лабораторной работы:

Экспериментально проверить расчет эквивалентного сопротивления при параллельном соединении резисторов.

### Оборудование и приборы:

1. рабочая станция NI ELVIS II
2. источник напряжения E
3. 3 резистора R1, R2, R3
4. 4 амперметра A1, A2, A3, A4
5. вольтметр V

### Теоретические сведения:



При параллельном соединении ко всем резисторам цепи приложено одинаковое напряжение, а согласно закону токов Кирхгофа, общий ток цепи:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\text{Или } I = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} = U \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) = U * G_{\text{ЭКВ}}$$

$$\text{где } \frac{1}{R_{\text{ЭКВ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\text{альтернативная запись } G_{\text{ЭКВ}} = G_1 + G_2 + G_3$$

Установка					Измерения				
N	+E(В)	R1(Ом)	R2(Ом)	R3(Ом)	V1DC(В)	A1DC(мА)	A2DC(мА)	A3DC(мА)	A4DC(мА)
0	1	880	700	400	0,99	1,13	1,42	2,5	5,07
1	4	880	700	400	3,96	4,51	5,68	9,99	20,27
2	6	880	700	400	5,92	6,74	8,49	14,96	30,35
Расчёты									
G1	G2	G3	Gэкв.сум	Gэкв.отн	Rэкв(Ом)	Погрешность (Rэкв) σ %			
0,001141	0,001434	0,00252525	0,00510101	0,0051212	195,266	1,098901099			
0,001139	0,001434	0,00252273	0,00509596	0,0051187	195,363	1,05010924			
0,001139	0,001434	0,00252703	0,005099662	0,0051267	195,058	1,204561501			

**Вывод:** Анализ данных показывает, что погрешность расчётов составила значение около 1%. Рассчитали  $R_{\text{ЭКВ}}$  при параллельном соединении.

## **1.4 Смешанное соединение резисторов:**

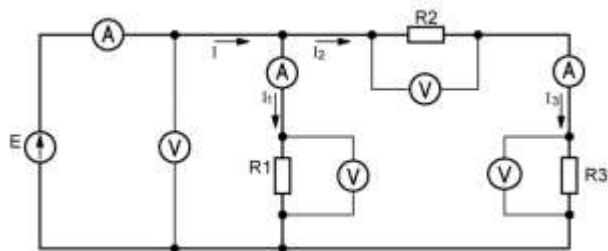
**Цель лабораторной работы:**

Экспериментально проверить расчет эквивалентного сопротивления при смешанном соединении резисторов.

**Оборудование и приборы:**

1. рабочая станция NI ELVIS II
2. источник напряжения E
3. 3 резистора R1, R2, R3
4. 3 амперметра A1, A2, A3
5. 4 вольтметра V1, V2, V3, V4

## Теоретические сведения:



При смешанном соединении в цепи присутствуют как параллельно, так и последовательно соединенные резисторы.

Эквивалентное сопротивление цепи при смешанном соединении обычно определяют методом преобразования, при котором сложную цепь поэтапно преобразуют в более простую. Сначала последовательно включенные резисторы с сопротивлениями заменяют эквивалентным сопротивлением:

$$R_{23} = R_2 + R_3$$

Затем определяют эквивалентное сопротивление  $R_{\text{экв}}$  параллельно включенных сопротивлений  $R_{23}$  и  $R_1$ :

$$R_{\text{экв}} = \frac{R_{23} * R_1}{R_{23} + R_1}$$

$$U = U_1 = U_2 + U_3$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$R'_{\text{экв}} = \frac{U}{I}$$

## Проведенная работа:

Установка					Измерения						
N	+E(B)	R1(Ом)	R2(Ом)	R3(Ом)	V1DC(B)	V2DC(B)	V3DC(B)	V4DC(B)	A1DC(mA)	A2DC(mA)	ADC(mA)
0	1	880	700	400	0,997	0,636	0,362	0,999	1,149	0,912	2,107
1	4	880	700	400	3,97	2,54	1,44	3,98	4,58	3,65	8,4
2	6	880	700	400	5,93	3,79	2,16	5,95	6,85	5,46	12,6
Расчёты											
R'1(Ом)	R'2(Ом)	R'3(Ом)	Rэкв(Ом)	R'экв(Ом)							
867,71	697,37	396,93	474,13	465,64							
866,81	695,89	394,52	473,81	464,12							
865,69	694,14	395,60	472,22	464,25							

**Вывод:** Научились рассчитывать токи и напряжения как общие, так и на каждом из резисторов. А так же рассчитали  $R_{экв}$  для смешанной цепи двумя способами. Погрешность расчетов около 3 %.

## 1.5 Законы Кирхгофа:

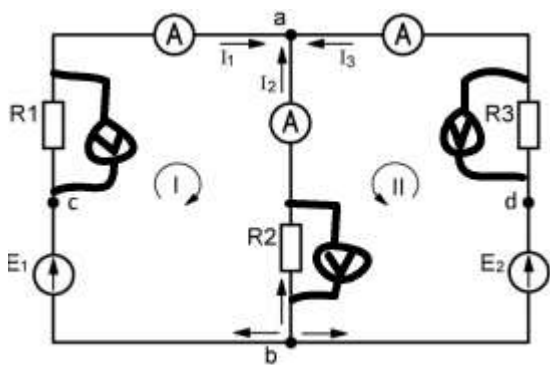
### Цель лабораторной работы:

Экспериментально убедиться в верности первого и второго законов Кирхгофа. Измерить токи в ветвях и падение напряжения на сопротивлениях, построить потенциальную диаграмму для контуров.

### Оборудование и приборы:

1. рабочая станция NI ELVIS II
2. 2 источника напряжения +E, -E
3. 3 резистора R1, R2, R3
4. 3 амперметра A1, A2, A3
5. 3 вольтметра V1, V2, V3

### Теоретические сведения:



Первый закон Кирхгофа:

Для любого узла цепи алгебраическая сумма токов равна нулю.  $\sum I_k = 0$

Второй закон Кирхгофа:

Алгебраическая сумма падений напряжений на отдельных участках замкнутого контура, произвольно выделенного в сложной разветвленной цепи, равна алгебраической сумме ЭДС в этом контуре.

$$\sum E_i = \sum I_i R_i$$



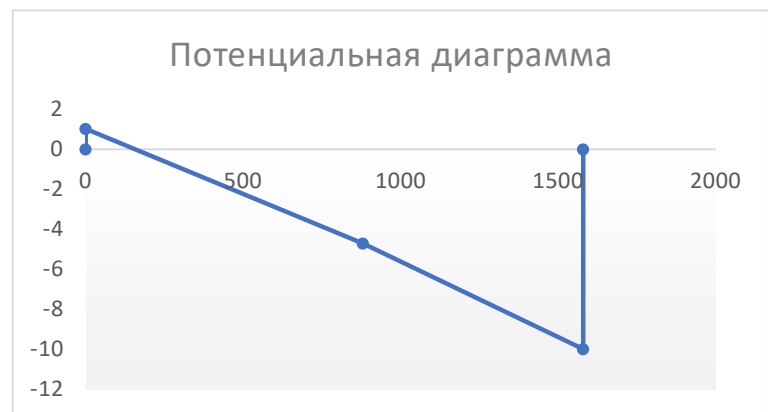
## Проведенная работа:

Установка						Измерения					
N	+E(В)	E2(В)	R1(Ом)	R2(Ом)	R3(Ом)	A1DC(мА)	A2DC(мА)	A3DC(мА)	V1DC(В)	V2DC(В)	V3DC(В)
1	1	-10	880	700	400	6,5	6,73	-13,2	5,72	4,71	-5,28

Расчёты	
Ek-U <sub>i</sub> (В) I контур	Ek-U <sub>i</sub> (В) II контур
-0,01	-0,01

узел	q	R
b	0	0
c	1	0
a	-4,72	880
d	-10	1580
b	0	1580



**Вывод:** Погрешность расчётов минимальна. Экспериментально проверили достоверность первого и второго законов Кирхгофа, построили потенциальную диаграмму для контуров.

### **1.6 Источник постоянного напряжения:**

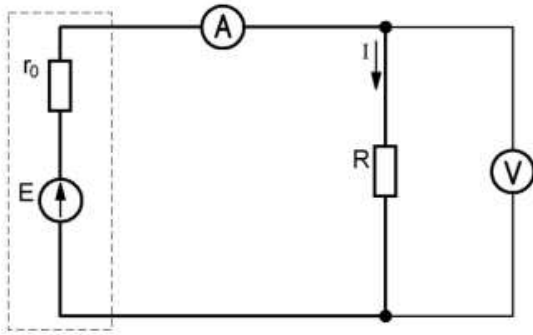
#### Цель лабораторной работы:

Экспериментальное определение внутреннего сопротивления источника постоянного напряжения и построение графика внешней характеристики.

#### Оборудование и приборы:

1. рабочая станция NI ELVIS II
2. реальный источник постоянного напряжения  $E$  ( $r_0$  – внутреннее сопротивление)
3. резистор с сопротивлением  $R$
4. амперметр  $A$
5. вольтметр  $V$

#### Теоретические сведения:



Поскольку у реального источника постоянного напряжения внутреннее сопротивление не равно нулю, разность потенциалов между его выводами зависит от протекающего через источник тока. Эта зависимость называется внешней характеристикой источника.

$$\Delta U = \Delta I r_0; \Delta U = E - U \quad (E - \text{разность потенциалов между выводами источника при } I = 0; U - \text{напряжение приложенное к внешней цепи при } I \neq 0)$$

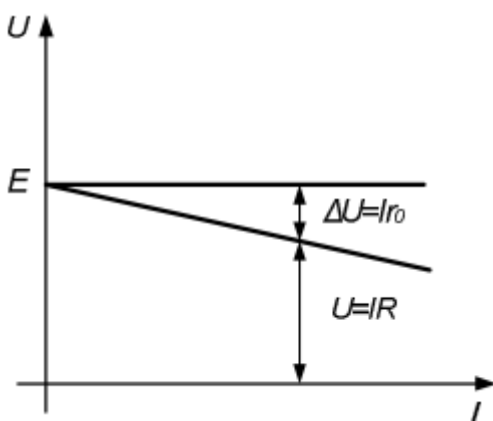
Величина  $E$  называется электродвижущей силой (ЭДС) источника и определяется как работа, затрачиваемая сторонними силами на перемещение единицы положительного заряда от отрицательного контакта к положительному.

Компоненты схемы замещения реального источника постоянного напряжения, ЭДС, и внутреннее сопротивление источника физически неразделимы.

Итак, из полученных выражений при  $\Delta I = I$  получаем выражение для внешней характеристики источника:

$$U = E - I r_0$$

График внешней характеристики источника напряжения при подключенной нагрузке  $R$

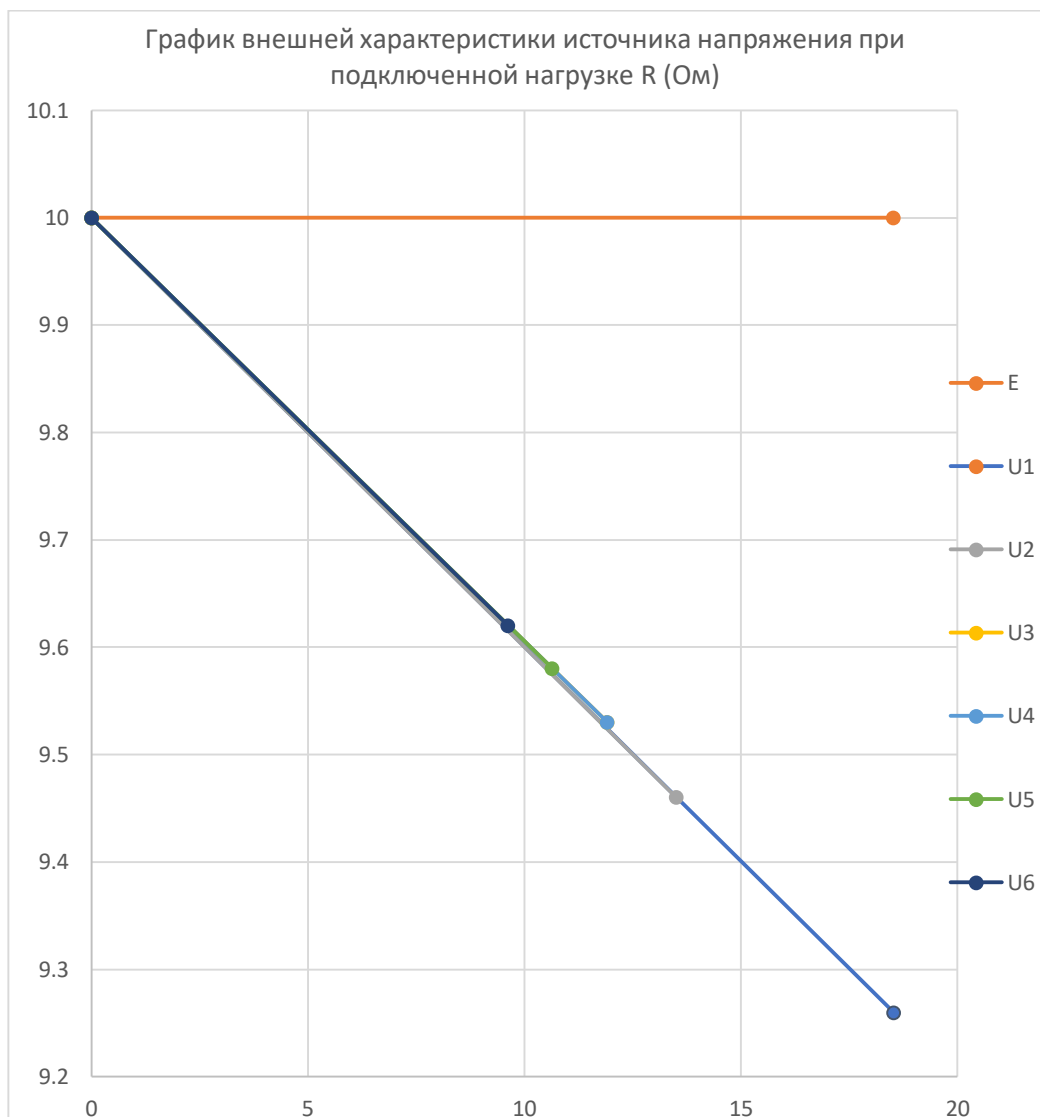


### Проведенная работа:

График внешней характеристики источника напряжения при подключенной нагрузке  $R$ :

Установка		Измерения	Расчёты
-----------	--	-----------	---------

N	r0(Ом)	E(В)	R(Ом)	V1DC(В)	A1DC(мА)	$\Delta U$ (В)	$\Delta I$ (мА)	r0(Ом)
0	40	10	0	10	0	0	0	40
1	40	10	500	9,26	18,52	0,74	18,52	39,96
2	40	10	600	9,38	15,63	0,62	15,63	39,67
3	40	10	700	9,46	13,51	0,54	13,51	39,97
4	40	10	800	9,53	11,91	0,47	11,91	39,46
5	40	10	900	9,58	10,64	0,42	10,64	39,47
6	40	10	1000	9,62	9,62	0,38	9,62	39,50
r ср.зн.								39,72



### Вывод:

Построили внешние характеристики источника ЭДС при разных сопротивлениях. Погрешность расчётов составила 5%. Экспериментально определили внутреннее сопротивление источника ЭДС

### 1.7 Источник постоянного тока:

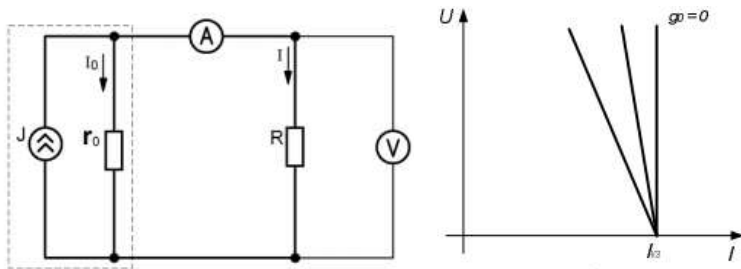
## Цель лабораторной работы:

Экспериментальное определение внутреннего сопротивления источника тока, и построение графика внешней характеристики.

## Оборудование и приборы:

1. рабочая станция NI ELVIS II
2. реальный источник постоянного тока  $J$  ( $r_0$  – внутреннее сопротивление)
3. резистор с сопротивлением  $R$
4. амперметр  $A$
5. вольтметр  $V$

## Теоретические сведения:

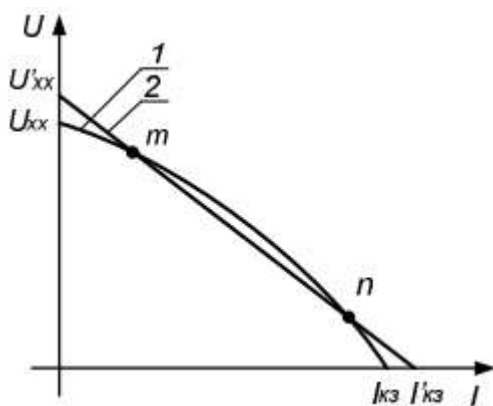


Вольтамперная характеристика идеального источника тока представляет собой вертикальную линию. Реальный источник тока неидеален, и неспособен бесконечно изменять выходное напряжение в зависимости от нагрузки

В общем случае зависимость напряжения на выводах от тока источника нелинейна. Зависимость между выходным напряжением и током называется внешней характеристикой источника тока и определяется двумя характерными точками соответствующими:

-режиму холостого хода ( $I = 0$ ;  $U = U_{xx}$ )

-режиму короткого замыкания ( $U = 0$ ;  $I = I_{кз}$ )



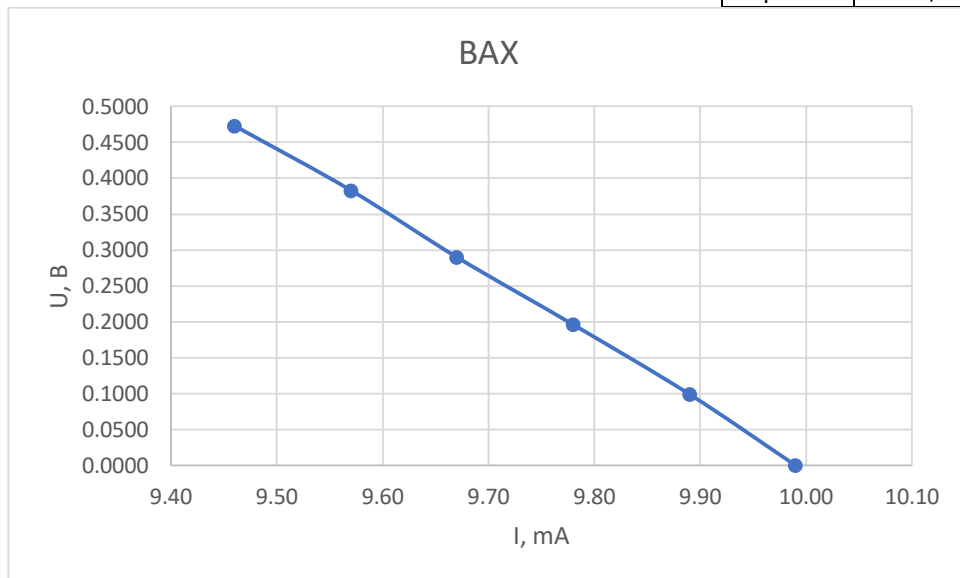
$$U = U_{xx} - Ir_0; \quad r_0 = U_{xx} / I_{кз};$$

$$I = U_{xx} / r_0 - U / r_0 = I_{кз} - U / r_0;$$

$$I = I_{кз} - U g_0; \text{ где } g_0 = 1 / r_0$$

## Проведенная работа:

Установка			Измерения			Расчёты		
N	$r_0(\text{Ом})$	$J(\text{мА})$	$R(\text{Ом})$	$V1\text{DC}(\text{В})$	$A1\text{DC}(\text{мА})$	$\Delta U(\text{В})$	$\Delta I(\text{мА})$	$r_0(\text{Ом})$
0	880	10	0	0,0000	9,99	0,0000	0,01	880,00
1	880	10	10	0,0989	9,89	0,0989	0,11	889,79
2	880	10	20	0,1960	9,78	0,1960	0,22	899,80
3	880	10	30	0,2900	9,67	0,2900	0,33	910,03
4	880	10	40	0,3830	9,57	0,3830	0,43	919,54
5	880	10	50	0,4730	9,46	0,4730	0,54	930,23
r ср.зн.								904,90



**Вывод:** экспериментально определили внутреннее сопротивление источника тока, и построили график внешней характеристики источника тока. Также, при большом внутреннем сопротивлении  $r_0$ , ток не зависит от значения нагрузки  $R$ .