

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  
**ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)**  
**Кафедра ТОЭ**

**ОТЧЕТ**  
**по лабораторной работе №1**  
**по дисциплине «Теоретические основы электротехники»**  
**ТЕМА: “ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИНЕЙНЫХ И**  
**НЕЛИНЕЙНЫХ РЕЗИСТОРОВ И ИСТОЧНИКОВ**  
**ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ”**

Студентка гр. 1384

Пчелинцева К.Р.

Студент гр. 1384

Степаненко Д.В.

Преподаватель

Санкт-Петербург

2023 г.

### Цель работы.

Экспериментальное определение ВАХ линейных и нелинейных резисторов и источников электромагнитной энергии; изучение временных реакций линейных и нелинейных резисторов на заданные воздействия.

### Экспериментальные исследования.

#### 1. Определение ВАХ линейного и нелинейного резисторов

Зависимость между напряжением и током элемента электрической цепи называется его ВАХ. У линейного резистора ВАХ описывается уравнением прямой, проходящей через начало координат:  $u = Ri$ . У нелинейного резистора ВАХ соответствует нелинейное уравнение:  $u = f(i)$ . Примеры ВАХ линейного и нелинейного резисторов показаны на рис. 1.1, а, б соответственно.

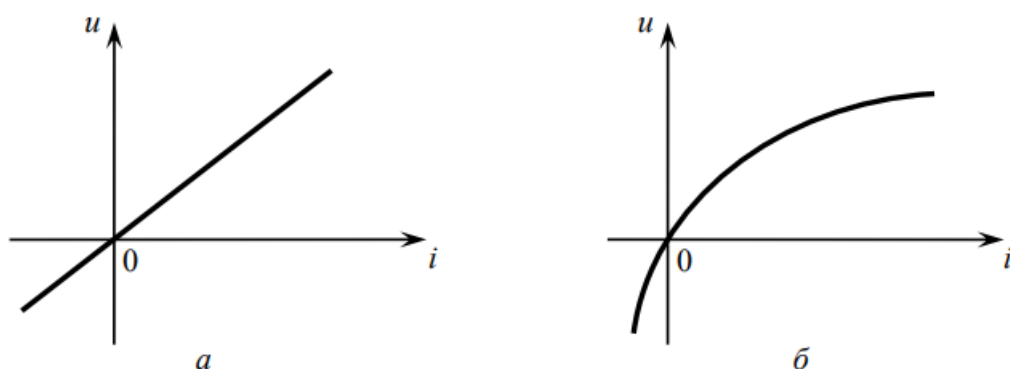


Рис.1.1

Для определения ВАХ линейного резистора  $R$  соберите схему, изображенную на рис. 1.2. В качестве исследуемого возьмите резистор, указанный преподавателем. В качестве ИП подключите источник постоянного напряжения. Изменяя напряжение источника через 1 В в диапазоне от  $-3$  до  $3$  В (для смены полярности поменяйте местами провода на выходе ИП), снимите соответствующие показания амперметра  $A$  и вольтметра  $V$ . Данные занесите в таблицу, приведенную ниже. Постройте ВАХ и определите по графику значение  $R$ .

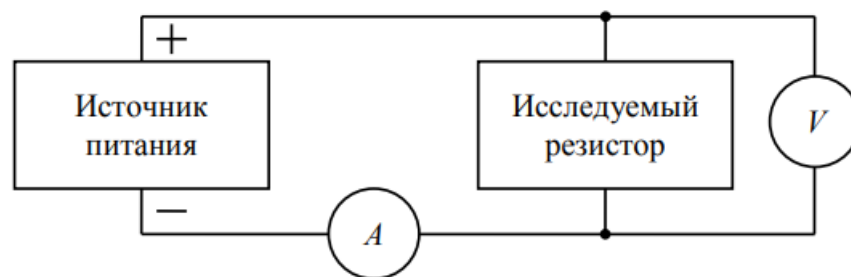


Рис. 1.2

Для определения ВАХ нелинейного резистора в схему (рис. 1.2) в качестве исследуемого резистора включите элемент Д. Изменяя напряжение ИП через 0,5 В в диапазоне от  $-3$  до  $2$  В, снимите показания амперметра и вольтметра. Данные занесите в таблицу. Постройте ВАХ нелинейного резистора.

Вопрос 1. Что определяет угол наклона ВАХ линейного резистора?

Ответ: Тангенс угла наклона ВАХ линейного резистора определяет значение сопротивления данного резистора.

Таблица 1. Определение ВАХ линейного резистора

$U$ , В	-3	-2	-1	0	1	2	3
$I$ , мА	-27,0	-18,0	-9,0	0	9,0	18,1	27,1

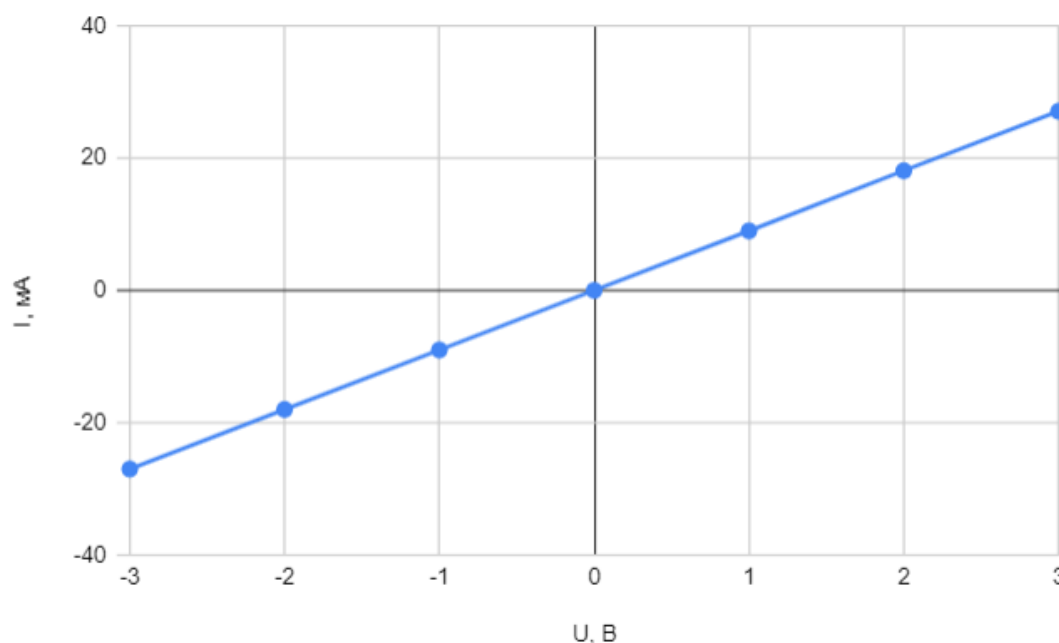


Рис. 3 – график ВАХ

Вопрос 2. Если точки ВАХ, полученные экспериментально, не лежат строго на прямой, то чем это можно объяснить? Каким образом в таком случае провести график ВАХ?

Ответ: это объясняется погрешностями, допущенными при получении значений в ходе эксперимента. Провести прямую можно, воспользовавшись методом наименьших квадратов.

Таблица 2. Определение ВАХ нелинейного резистора

$U, \text{ В}$	-3	-2,5	-2	-1,5	-1	-0,5	0	0,5	1	1,5	2
$I, \text{ мА}$	-2,83	-2,35	-1,9	-1,4	-0,9	-0,4	0	0,5	6,0	14,8	23,8

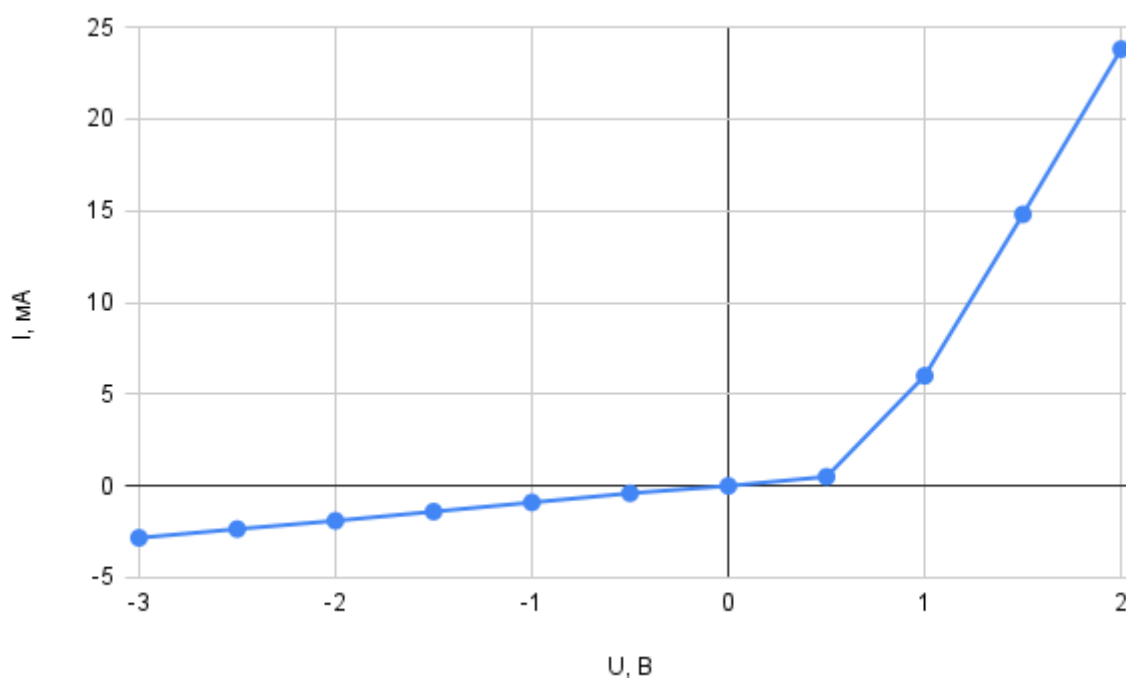


Рис. 4 – график ВАХ

Вопрос 3. Какой зависимостью связаны между собой ток и напряжение линейного и нелинейного резисторов?

Ответ: у линейного резистора ВАХ описывается уравнением прямой, проходящей через начало координат:  $U = Ri$ , где  $R$  – сопротивление резистора. У нелинейного резистора ВАХ соответствует нелинейное сложное уравнение:  $U=f(i)$ .

## 2. Анализ временных зависимостей токов и напряжений линейного и нелинейного резисторов при синусоидальных воздействиях

Была собрана схема для исследования зависимостей напряжения и силы токов при синусоидальных воздействиях.

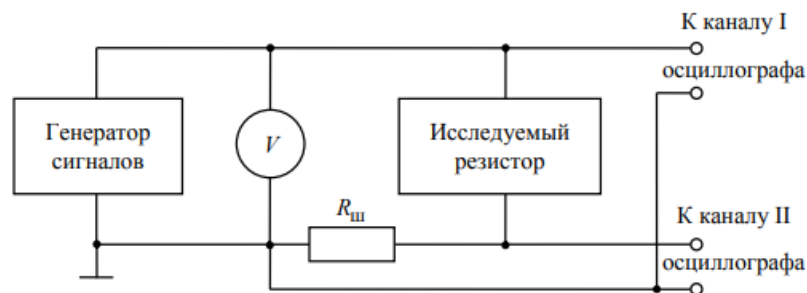


Рис.5 – схема для определения ВАХ при синус. воздействиях

Далее приведен рисунок осциллограммы работы схемы с линейным резистором. Кривая с большей амплитудой – это кривая тока, с меньшей – кривая напряжения.

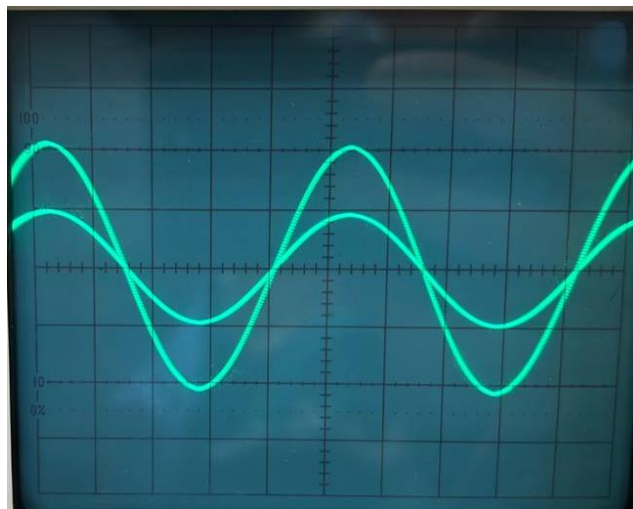


Рис. 6 – рисунок осциллограммы

Вопросы: 4. На какой вход осциллографа подается сигнал, пропорциональный току, а на какой – напряжению?

Ответ: на 1 вход осциллографа подается сигнал, пропорциональный напряжению, а на 2 вход – току.

Вопрос 5. Может ли форма тока линейного резистора отличаться от формы напряжения, например, может ли ток быть несинусоидальным при синусоидальном напряжении?

Ответ: для линейного резистора, при синусоидальном воздействии (синусоидальном напряжении), форма тока всегда будет синусоидальной и будет точно следовать форме напряжения. Это прямое следствие закона Ома для линейных элементов.

Далее идет подтверждение в виде построения ожидаемого вида ВАХ.

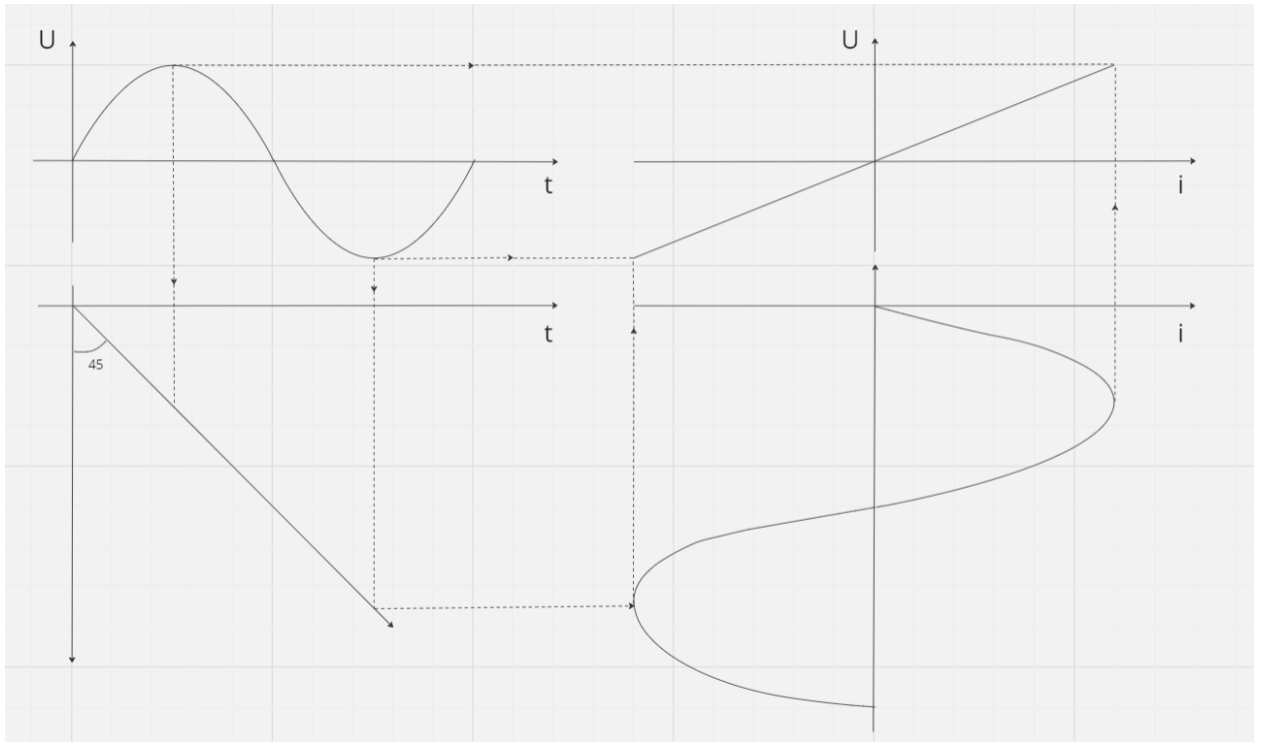


Рис. 7 – построение линейной зависимости.

Затем, перенастроив осциллограф, получаем линейную зависимость.

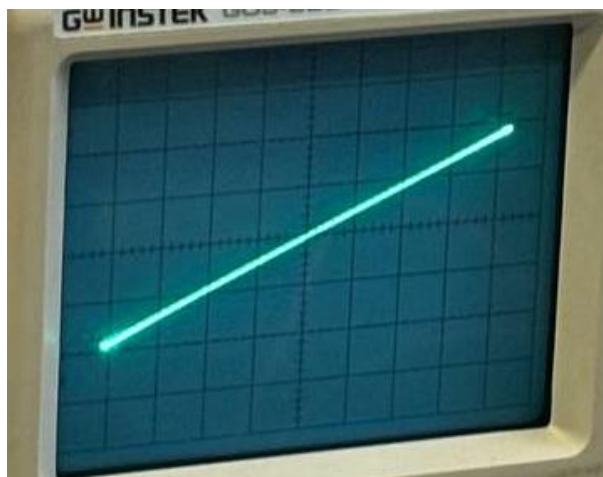


Рис 8. - линейная зависимость напряжения от тока

Далее рассматривается осциллограф для нелинейного резистора.

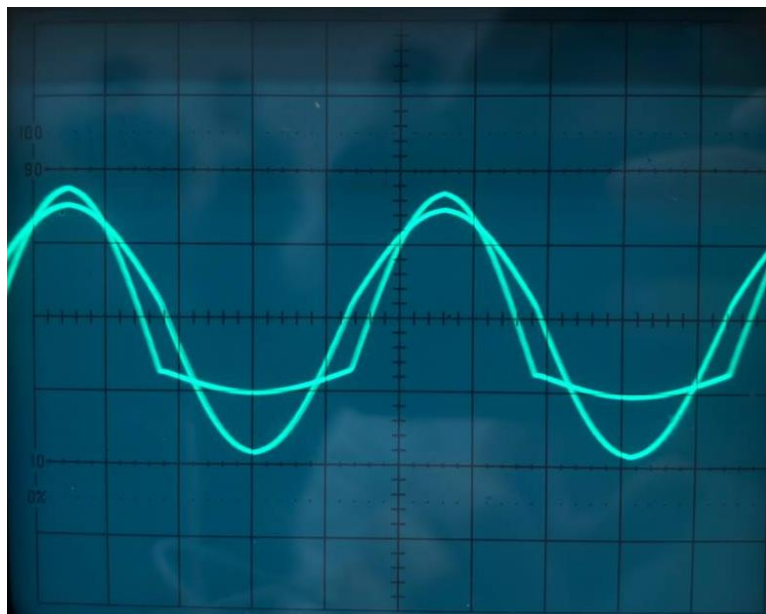


Рис. 9 – осциллограф нелинейного резистора.

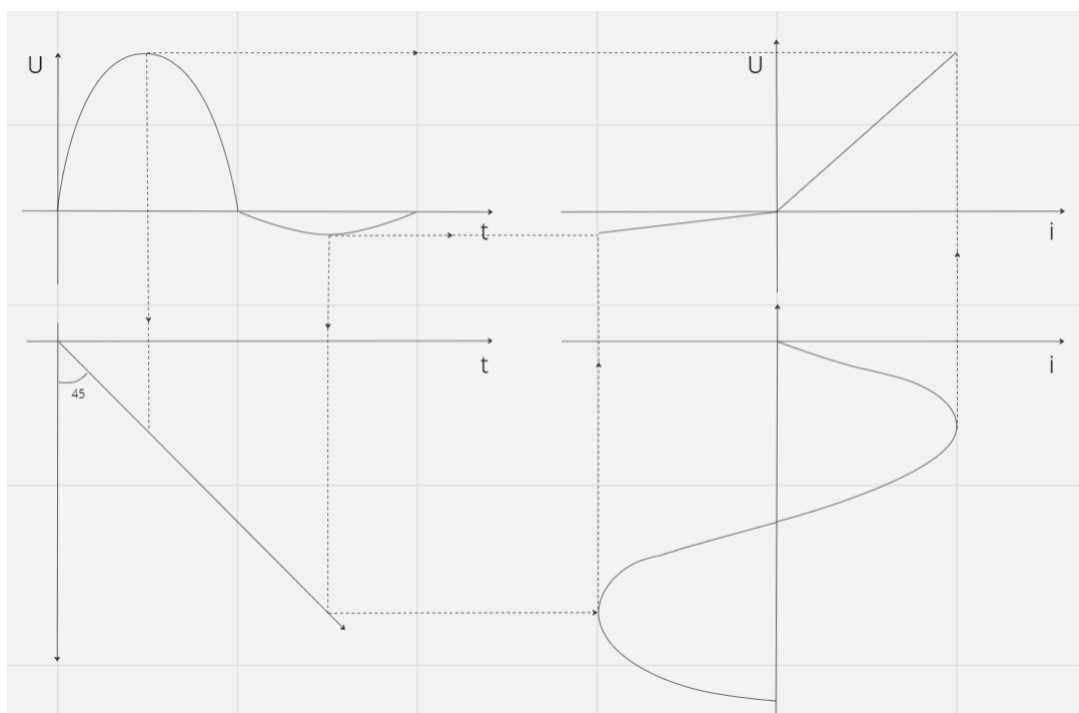


Рис. 10 – графическое описание ВАХ

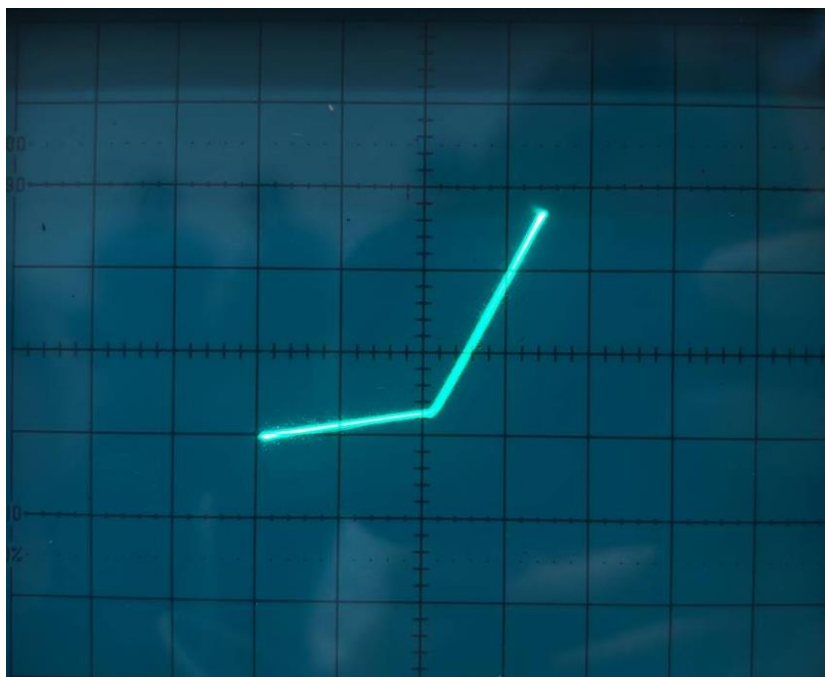


Рис. 11 – осциллограмма нелинейного резистора

Вопрос 6. Заметно ли отличие формы тока от синусоидальной?

Ответ: да заметно, поскольку в данном случае графики на полупериоде разные.

Вопрос 7. Какой формы будет ток линейного резистора, если напряжение будет иметь вид периодической последовательности прямоугольных импульсов?

Ответ: форма тока в линейном резисторе будет повторять форму напряжения и иметь вид периодической последовательности прямоугольных импульсов, где амплитуда тока будет определяться значением сопротивления резистора и амплитудой напряжения в каждом импульсе.

### 3. Исследование ВАХ реальных источников

Была построена схема для построения ВАХ ИП постоянного напряжения.

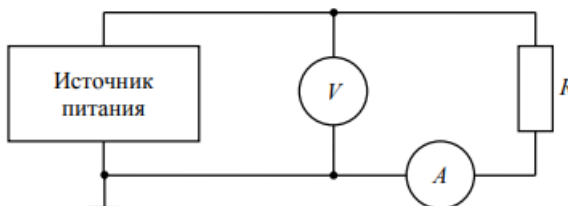
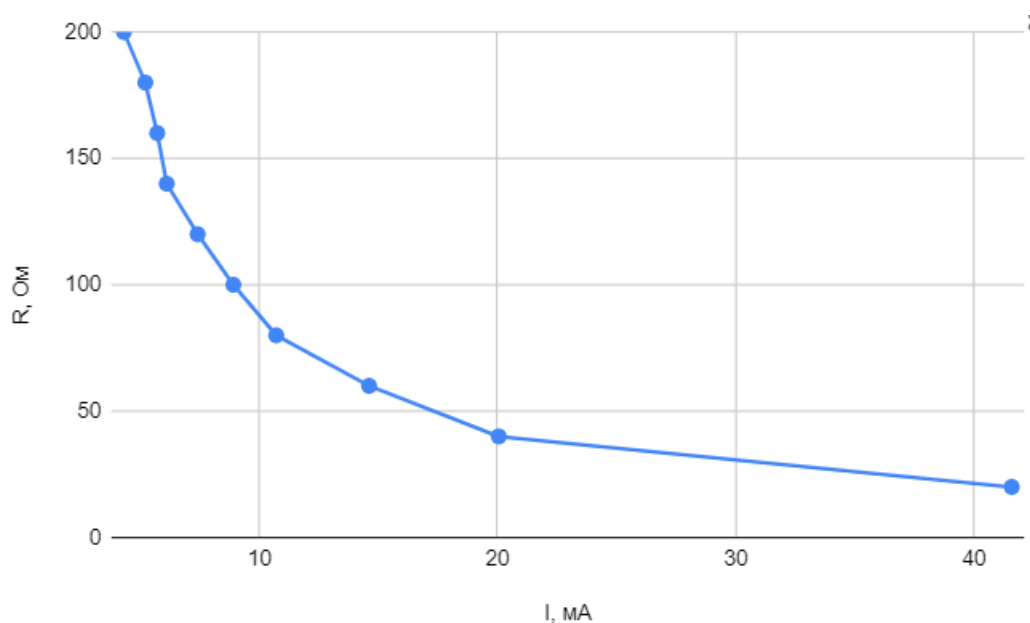




Таблица 3. Определение ВАХ ИП постоянного напряжения.

$U$ , В	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
$I$ , мА	41,6	20,05	14,6	10,7	8,9	7,4	6,1	5,7	5,2	4,3
$R$ , Ом	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200

Далее приводится график ВАХ ИП постоянного напряжения.



Вопрос 8. Можно ли исследуемый источник считать близким к идеальному ИН или идеальному ИТ?

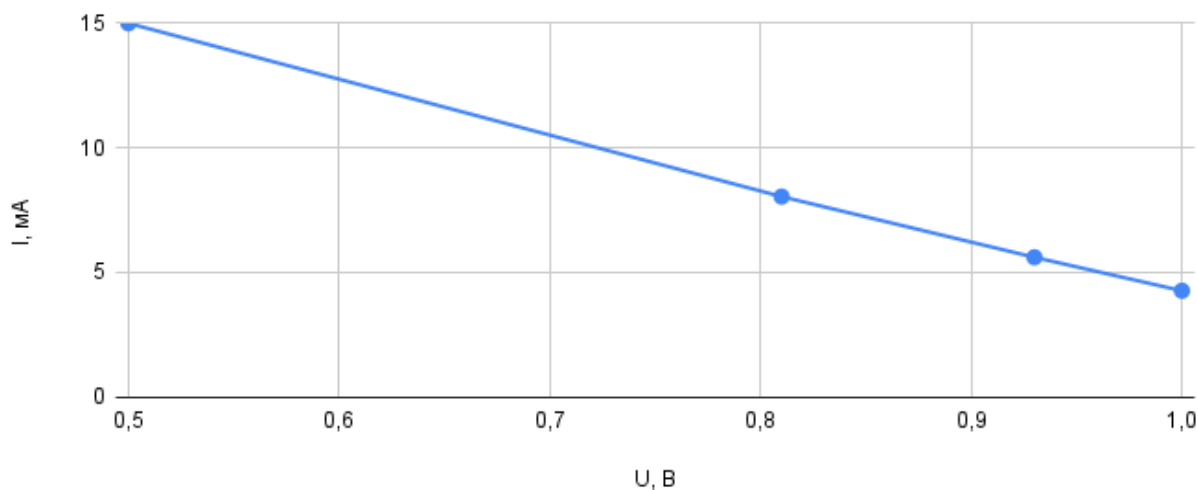
Ответ: да, исследуемый источник можно считать близким к идеальному ИН. Так как на протяжении эксперимента напряжение не очень сильно менялось, оставалось постоянным.

Впоследствии настраивается частота 1 кГц. Измеряется напряжение и ток при сопротивлении от 200 до 20 Ом с шагом 60 Ом. Рассматривается ВАХ ГС.

Таблица 4. Определение ВАХ ИП постоянного напряжения.

$U$ , В	1	0,93	0,81	0,5
$I$ , мА	4,27	5,61	8,04	14,98
$R$ , Ом	200	140	80	20

Далее приводится ВАХ ГС.



Найдем внутреннее сопротивление  $R_0$ :

$$R_0 = \frac{U_0 - U}{i} = \frac{1.033 - 1}{4.27 * 10^{-3}} = 7.72$$

### Вывод.

Исследовав ВАХ характеристики линейного и нелинейного резисторов и источников электромагнитной энергии, было получено экспериментальное подтверждение соответствующих линейной и нелинейной зависимостей. Сопротивление линейного резистора можно вычислить как среднее арифметическое в точках, полученных в ходе эксперимента. Оно равно 117.43 Ом. Сопротивление нелинейного резистора варьируется в пределах от 84.0 до 1034.4 Ом.