



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования

Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

---

Кафедра теоретических основ электротехники

**Отчет**  
**по лабораторной работе № 1**  
**по дисциплине «МОЭ»**

**Тема: «ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИНЕЙНЫХ И НЕЛИНЕЙНЫХ  
РЕЗИСТОРОВ И ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ»**

Студент гр. 8382, ФКТИ

Мирончик П.Д.

Преподаватель

Кондаков А.В.

Санкт-Петербург

2020 г.

## Цель работы

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

## Теоретические положения

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, а, б соответственно.

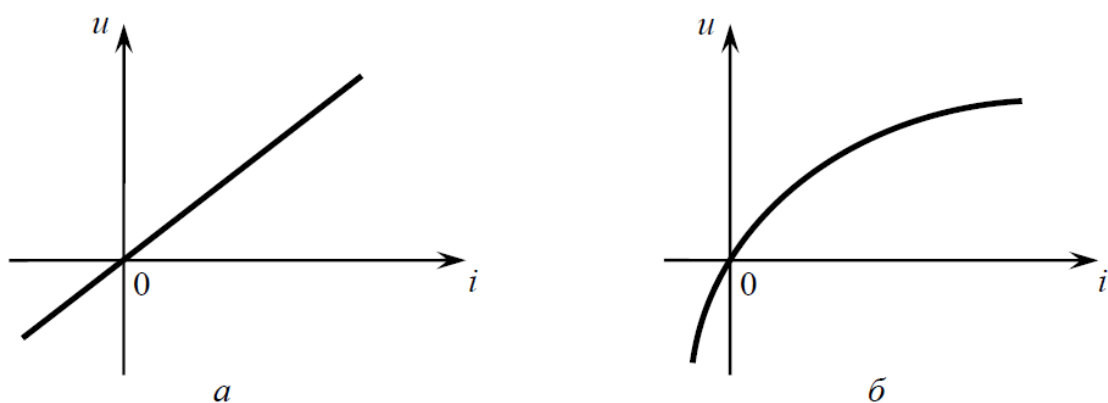


Рис. 1

## Экспериментальные результаты

Протокол измерений лабораторной работы N 1  
 Исследование характеристик линейных и нелинейных элементов цепи энергии  
 Группа ЭЭЭЭ  
 Бригада: Кузика А.М., Кулакова М.К., Мирошник А.Д.

Таблица 1

u, В	-2.98	-1.92	-0.98	1.07	2.14	3.06	0.0
i, mA	-27.3	-17.9	-9.1	10.0	20.0	28.2	0.0

Таблица 2

u, В	-3.09	-2.51	-1.91	-1.57	-1.01	-0.51	0.55	1.12	1.52	1.96	0.0
i, mA	-9.0	-8.4	-1.8	-1.6	-0.9	-0.5	0.6	7.7	15.0	22.5	0.0

Таблица 3

R, Ом	200	180	160	140	120	100	80	60	40	20
u, В	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
i, mA	5.5	5.6	6.2	7.1	8.5	10.1	12.5	16.5	24.6	46.1

Таблица 4

R, Ом	200	140	80	20
u, В	1.01	1.04	1.03	0.98
i, mA	4.6	6.8	11.8	22.0

R, Ом	200	140	80	20
u, В	1.0		0.	
i, mA	4.7			

Таблица 4

R, Ом	200	140	80	20
u, В	1.02	0.94	0.79	0.38
i, mA	4.7	6.2	9.4	17.9

Группа ЭЭЭЭ  
 Подпись КТУ

Мирошник П. Мир

Кузика А. Кас

Кулакова М. М

02.09.2020

02.09.2020 г.

## Обработка результатов

### 1. Определение ВАХ линейного и нелинейного резисторов

Вопрос 1: Что определяет угол наклона ВАХ линейного резистора?

Сопротивление резистора:  $i = \frac{u}{R}$ , отсюда можно вычислить соответствие между напряжением и силой тока и по полученным точкам построить график

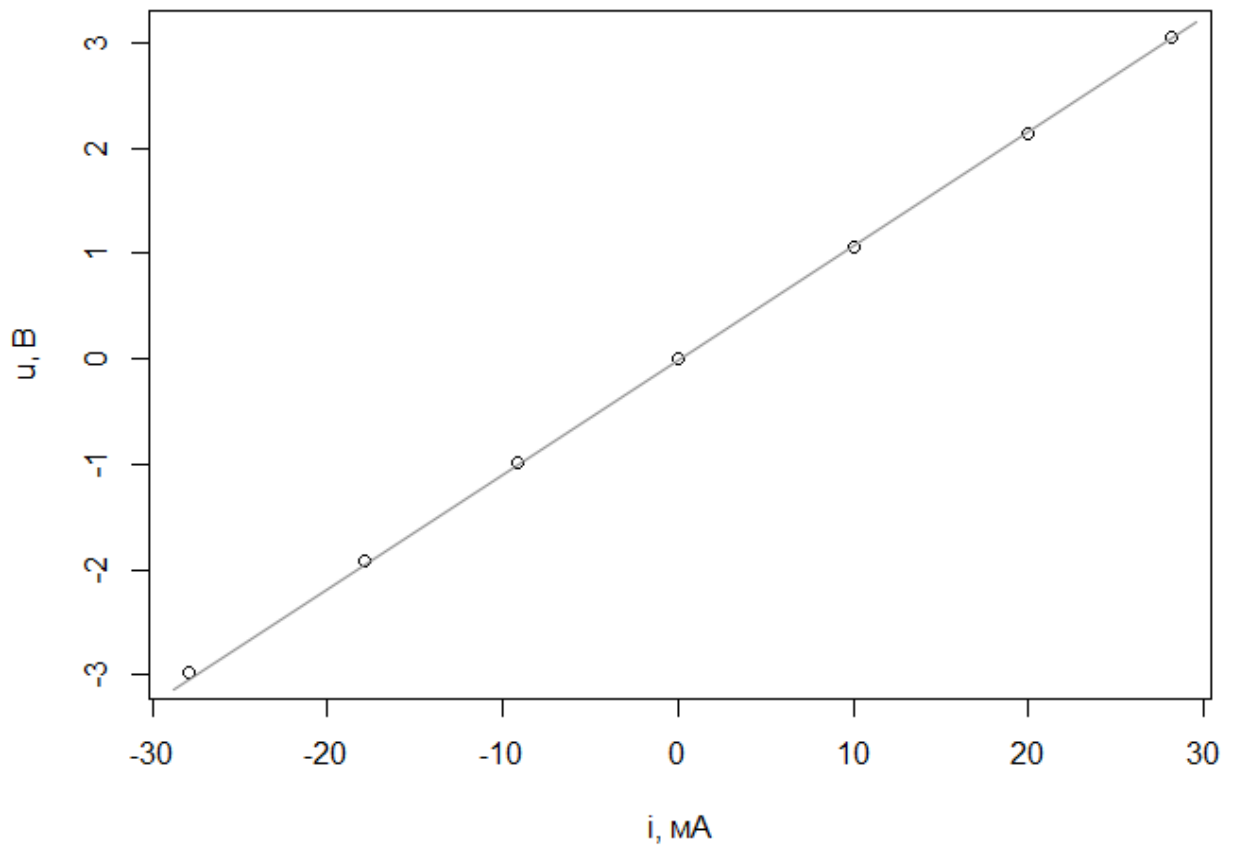


Рис.2, ВАХ линейного резистора

Соберем схему, изображенную на рисунке 3, и получим данные о напряжении и силе тока для линейного и нелинейного резисторов:

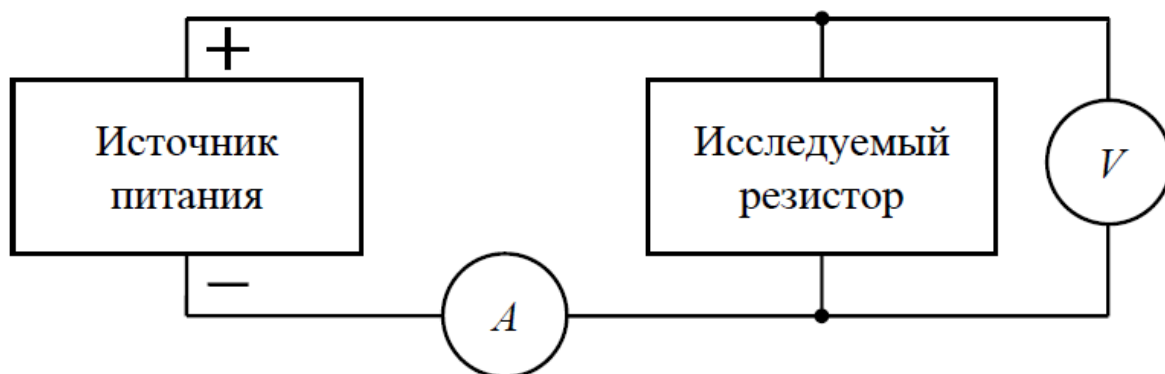


рис. 3, схема для измерения ВАХ резистора

Табл.1, данные для исследования ВАХ линейного резистора

u, В	-2,98	-1,92	-0,98	0	1.07	2.14	3.06
i, мА	-27.9	-17.9	-9.1	0	10	20	28.2

Табл.2, данные для исследования ВАХ нелинейного резистора

u, В	-3.09	-2.51	-1.94	-1.57	-1.01	-0.51	0	0.55	1.12	1.52	1.96
I, мА	-3	-2.4	-1.8	-1.6	-0.9	-0.5	0	0.6	7.7	15.0	22.3

Сопротивление резистора по закону Ома равно:

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

Например, для первого измерения из табл. 1 сопротивление будет равно:

$$R = -\frac{2.98\text{В}}{-27.9\text{мА}} = 106.8 \text{ Ом}$$

Найдем сопротивление из полученных результатов из табл.1 для линейного резистора:

табл. 3, ВАХ линейного резистора

u, В	-2,98	-1,92	-0,98	1.07	2.14	3.06
i, мА	-27.9	-17.9	-9.1	10	20	28.2
R, Ом	106.8	107.3	107.7	107	107	108.5

Найдем ВАХ для полученных результатов из табл.2 для нелинейного резистора:

табл. 4, ВАХ нелинейного резистора

u, В	-3.09	-2.51	-1.94	-1.57	-1.01	-0.51	0.55	1.12	1.52	1.96
I, мА	-3	-2.4	-1.8	-1.6	-0.9	-0.5	0.6	7.7	15.0	22.3
R, Ом	1030.00	1045.83	1077.78	981.25	1122.22	1020.00	916.67	145.46	101.33	87.90

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? Это объяснимо погрешностью снятия измерений, а также установки. В данном случае можно применить какой-либо метод приближения линейной функций.

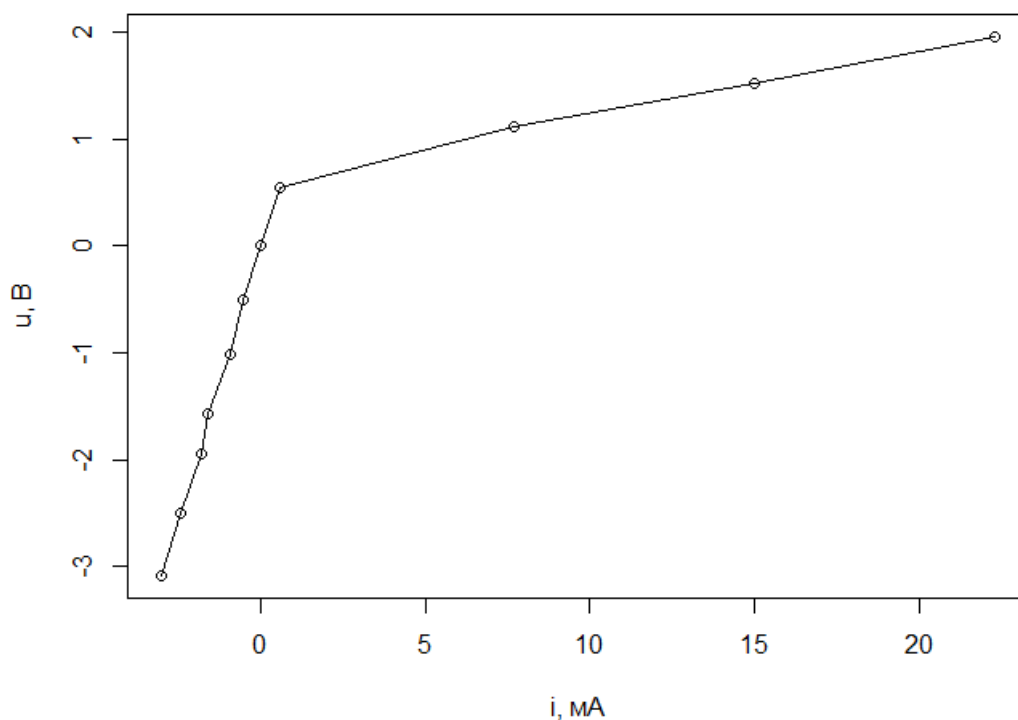
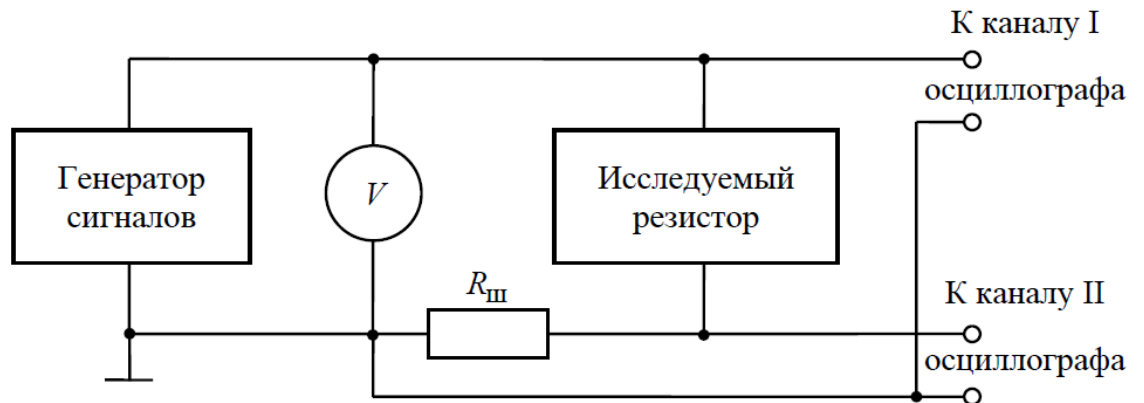


Рис.4, ВАХ нелинейного резистора

Вопрос 3: Какой зависимостью связаны между собой ток и напряжение линейного и нелинейного резисторов? Для линейного резистора - линейной, для нелинейного - нелинейной (напряжение описывается функцией  $u=f(i)$ )

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

Для исследования временных зависимостей токов и напряжения линейного и нелинейного резисторов была собрана схема, представленная на рис. 5, где в качестве исследуемого резистора подключались сначала линейный, а затем нелинейный резисторы.

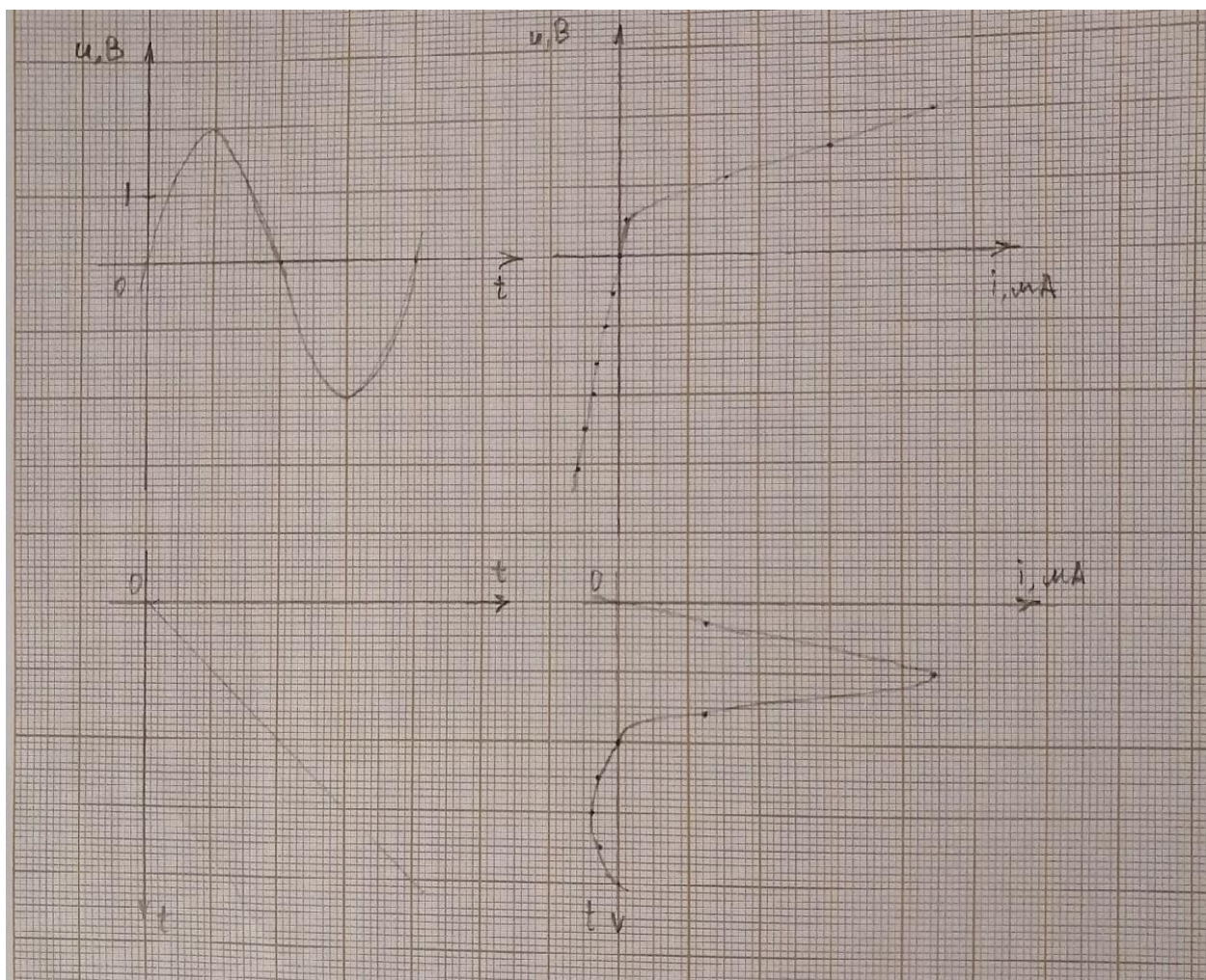


*Рис.5, схема исследования временных зависимостей*

Вопрос 4: На какой вход осциллографа подается сигнал, пропорциональный току, а на какой – напряжению? На канал 1 - пропорциональный напряжению, на канал 2 - пропорциональный току.

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



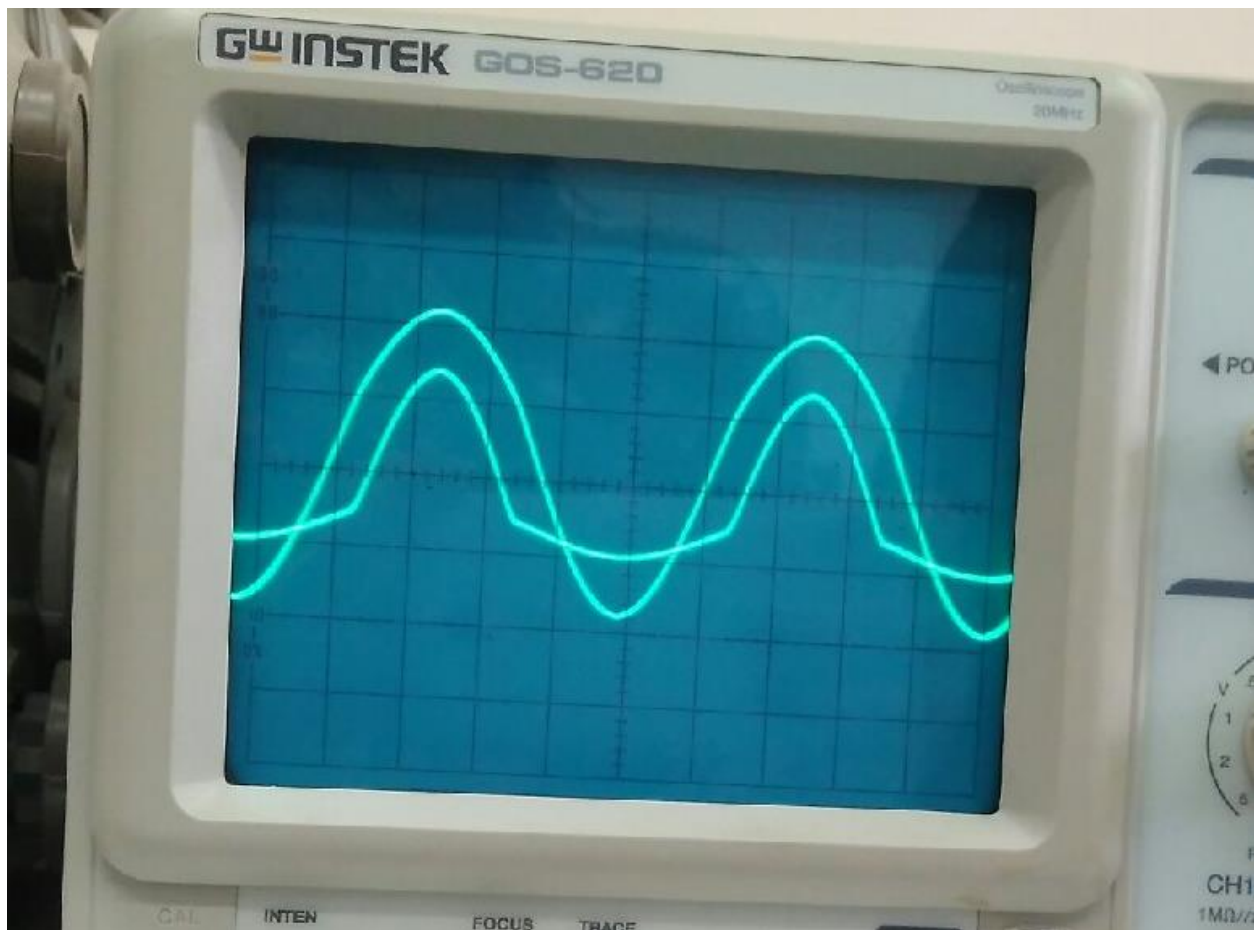


*Рис.6, ожидаемая реакция нелинейного резистора при синусоидальном напряжении*

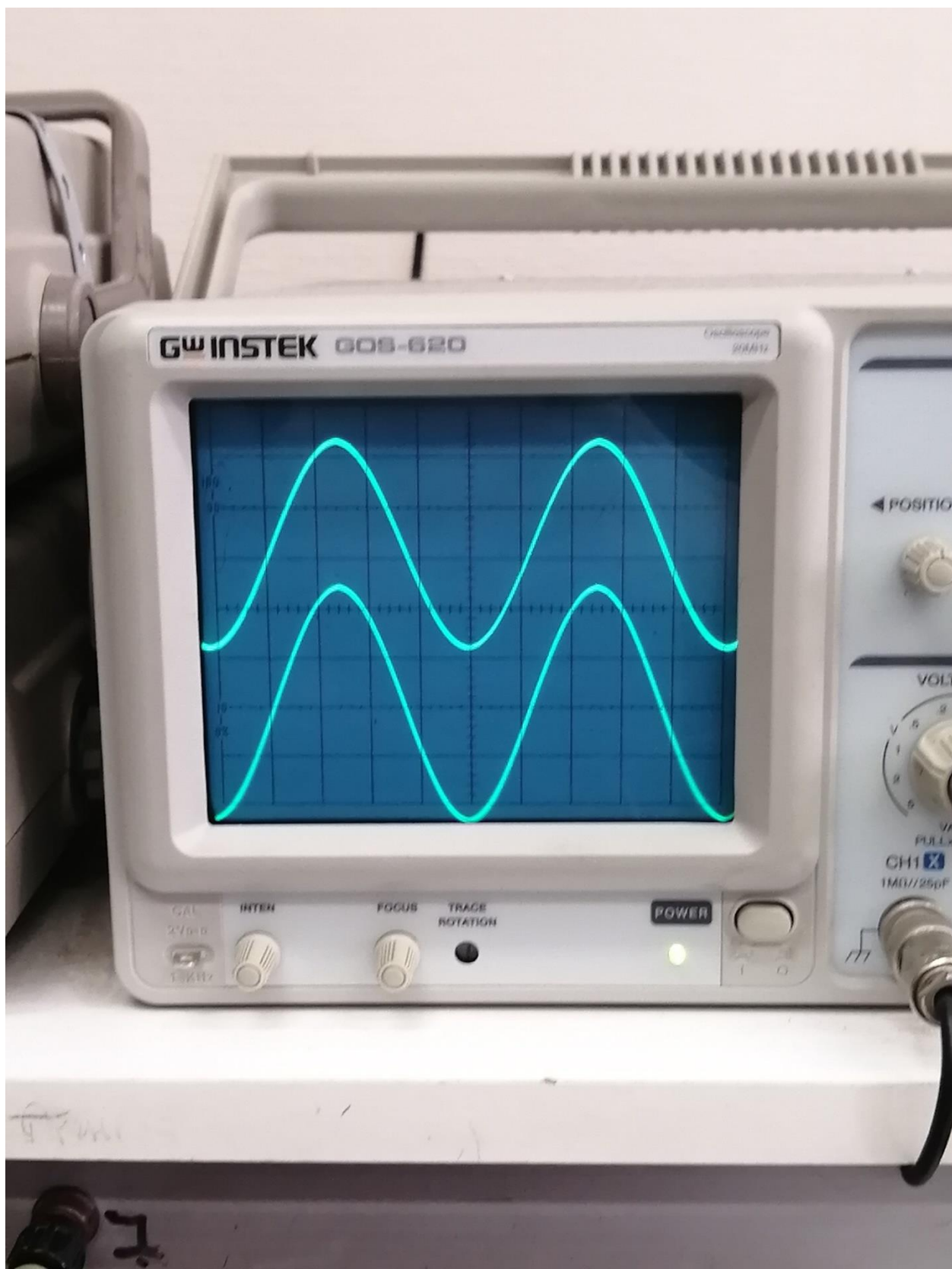
Вопрос 6: Заметно ли отличие формы тока от синусоидальной? Да

Вопрос 7: Какой формы будет ток линейного резистора, если напряжение будет иметь вид периодической последовательности прямоугольных импульсов? Такую же форму, как и напряжение





*Рис.7, временные зависимости тока и напряжения нелинейного резистора*



*Рис. 8, временные зависимости тока и напряжения линейного резистора*

### 3. Исследование ВАХ реальных источников

Для исследования ВАХ реальных источников использовалась схема, представленная на рис. 9, где в качестве источника питания подключались ИП постоянного напряжения, а затем ГС.

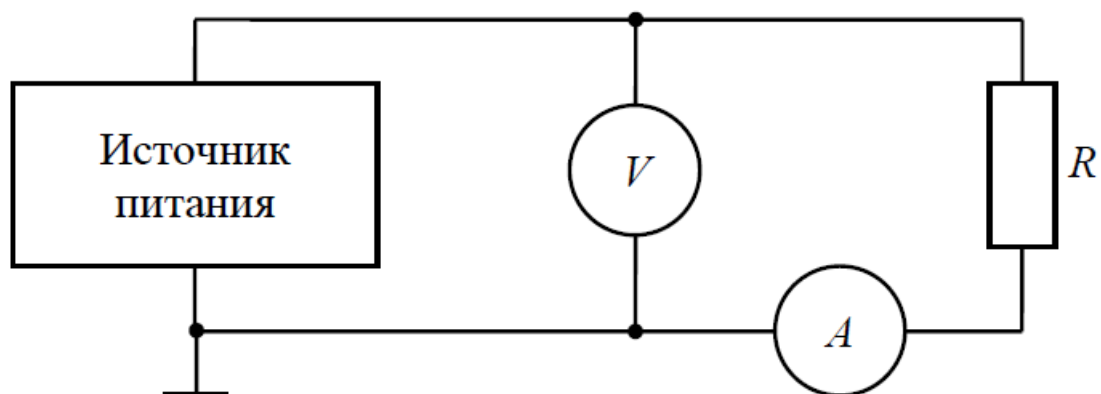
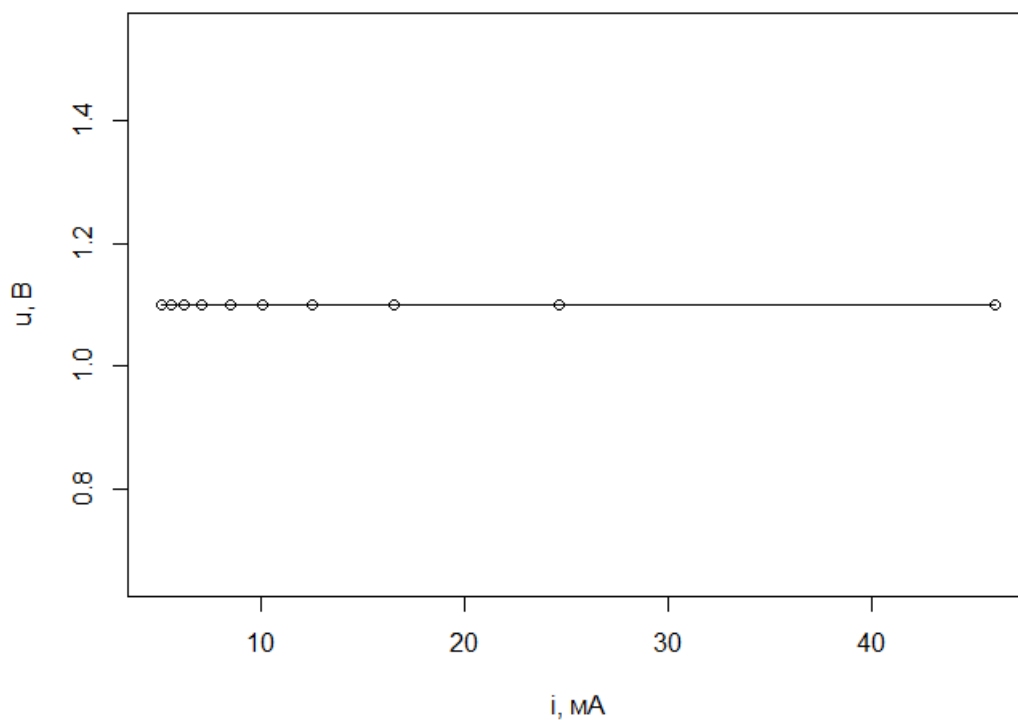


Рис. 9, схема для исследования ВАХ реальных источников

Показания для ВАХ ИП представлены в табл. 5

табл. 5, исследование ВАХ ИП постоянного напряжения

R, Ом	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
u, В	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
i, мА	46.1	24.6	16.5	12.5	10.1	8.5	7.1	6.2	5.6	5.1



*Рис.10, ВАХ ИП постоянного напряжения*

Вопрос 8: Можно ли исследуемый источник считать близким к идеальному ИН или идеальному ИТ? Можно, т.к. при изменении тока, протекающего через источник, напряжение не меняется

Показания ГС представлены в табл.6

*табл. 6, исследование ВАХ ГС*

R, Ом	200	140	80	20
u, В	1.02	0.94	0.79	0.38
I, mA	4.7	6.2	9.4	17.9

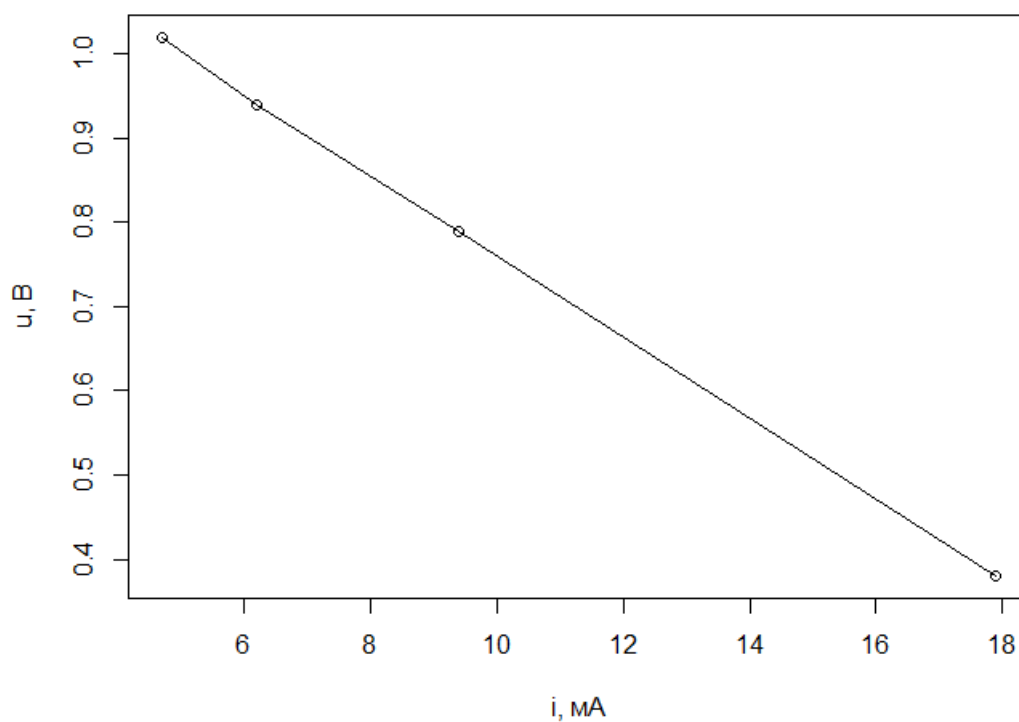


Рис.11, ВАХ ГС

Сопротивление ГС - константная величина (что видно на графике), поэтому найдем его сопротивление как отношение изменения напряжения к изменению тока:

$$R_0 = \left| \frac{u_i - u_j}{i_i - i_j} \right|, i \neq j$$

Например, для  $i=1, j=2$ , сопротивление ГС будет равно

$$R_0 = \left| \frac{(1.02 - 0.94)\text{В}}{(4.7 - 6.2)\text{мА}} \right| = 53.3 \text{ Ом}$$

Найдем сопротивление ГС для полученных данных из табл.6:

табл. 7, расчет сопротивления ГС

i, j	1,2	2,3	3,4
R <sub>0</sub> , Ом	53.3	46.9	48.2

## **Вывод**

В процессе выполнения лабораторной работы были исследованы ВАХ линейного и нелинейного резисторов, а также реальных источников, таких как генератор сигналов и ИП постоянного напряжения. Были определены сопротивление линейного и нелинейного резисторов, внутреннее сопротивление ГС, а также изучена форма тока и напряжения на резисторах. Также было выяснено, что нелинейный резистор не имеет постоянного сопротивления, линейный резистор – практически постоянное сопротивление. ИП постоянного напряжения можно считать близким к идеальному источнику напряжения, а ГС нельзя считать таковым, либо же близким к идеальному источнику тока.