



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Факультет «Информатика и системы управления»
Кафедра «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»

ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №4
«Полупроводниковые диоды (часть 2)»
по курсу «Основы электроники»

Студент: Талышева Олеся Николаевна

Группа: ИУ7-35Б

Студент _____ Талышева О. Н.
подпись, дата

Преподаватель _____ Оглоблин Д. И.
подпись, дата

Оценка _____

2023 г

Оглавление

Сокращения терминов, аббревиатуры	3
Цель практикума	3
Номер варианта задания	3
Эксперимент 5	4
Эксперимент 6	7

СОКРАЩЕНИЯ ТЕРМИНОВ, АББРЕВИАТУРЫ:

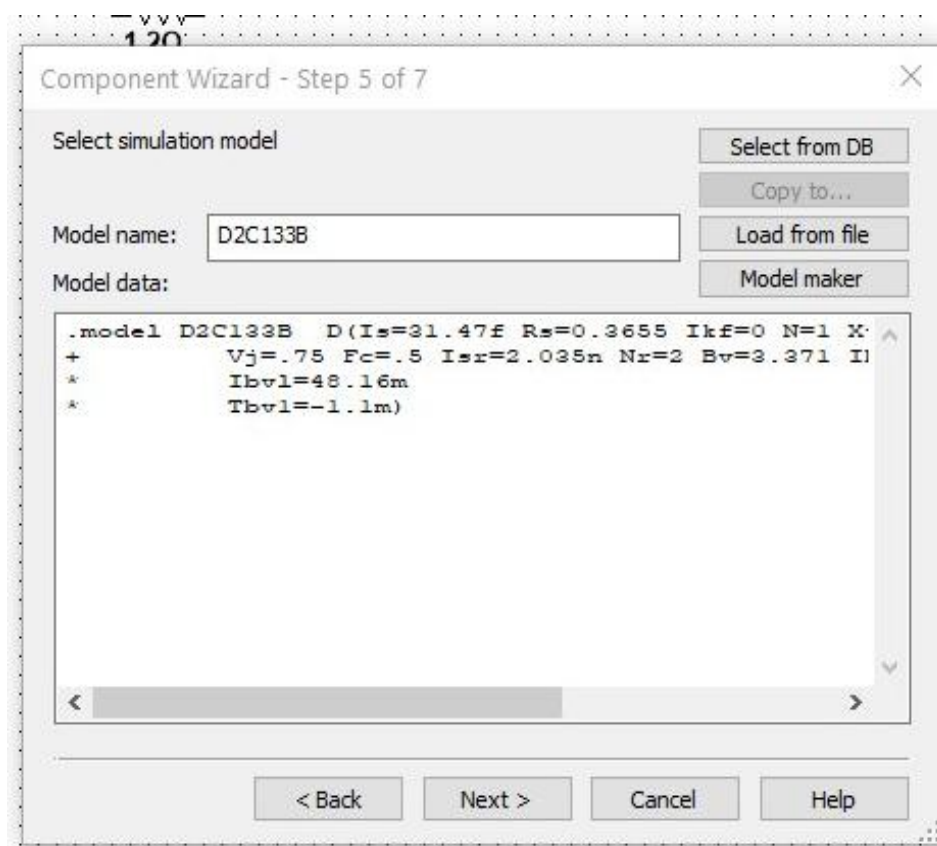
- ✓ ВАХ — вольтамперная характеристика;
- ✓ ГТИ — генератор тактовых импульсов;
- ✓ MSxx — программная среда NI Multisim 10 или 12 версии;
- ✓ МСxx — программная среда Multisim версии 7, 9 или 10;

ЦЕЛЬ ПРАКТИКУМА:

Получение и исследование статических и динамических характеристик германиевого и кремниевого полупроводниковых диодов с целью определение по ним параметров модели полупроводниковых диодов, размещения моделей в базе данных программ схемотехнического анализа. Приобретение навыков расчета моделей полупроводниковых приборов в программах Multisim и Mathcad по данным, полученным в экспериментальных исследованиях, а также включение модели в базу компонентов.

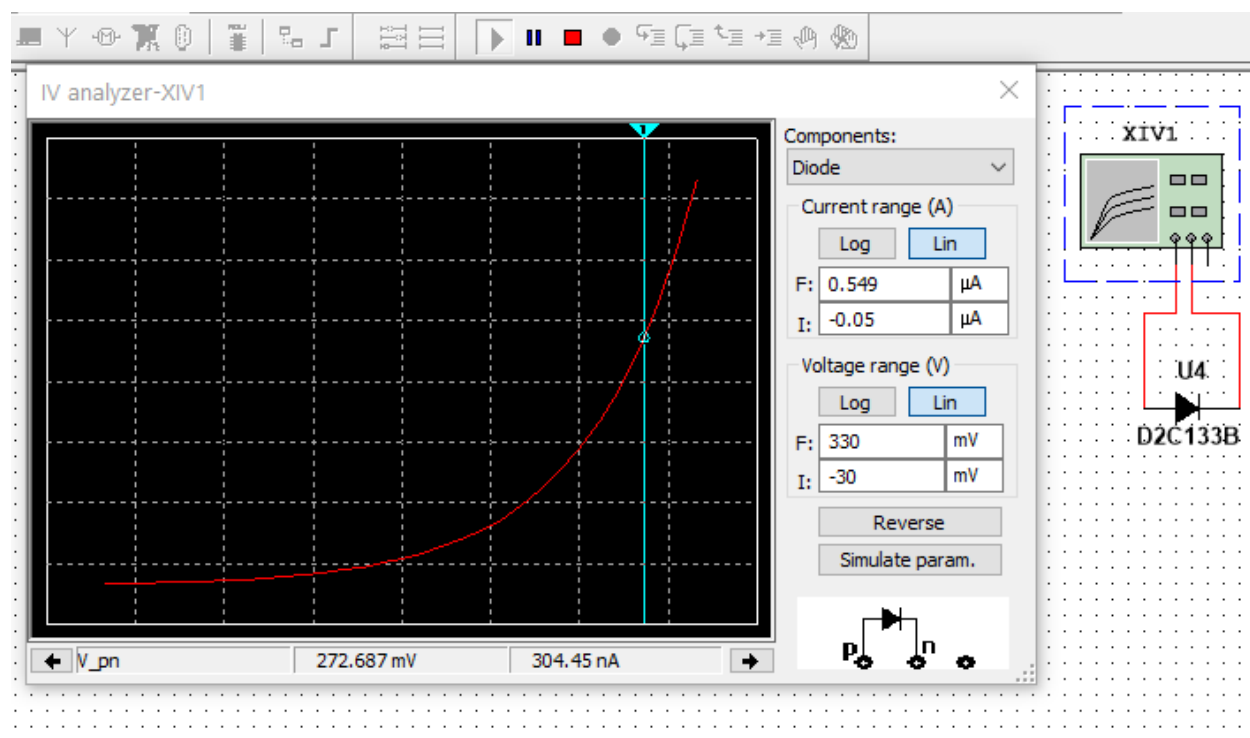
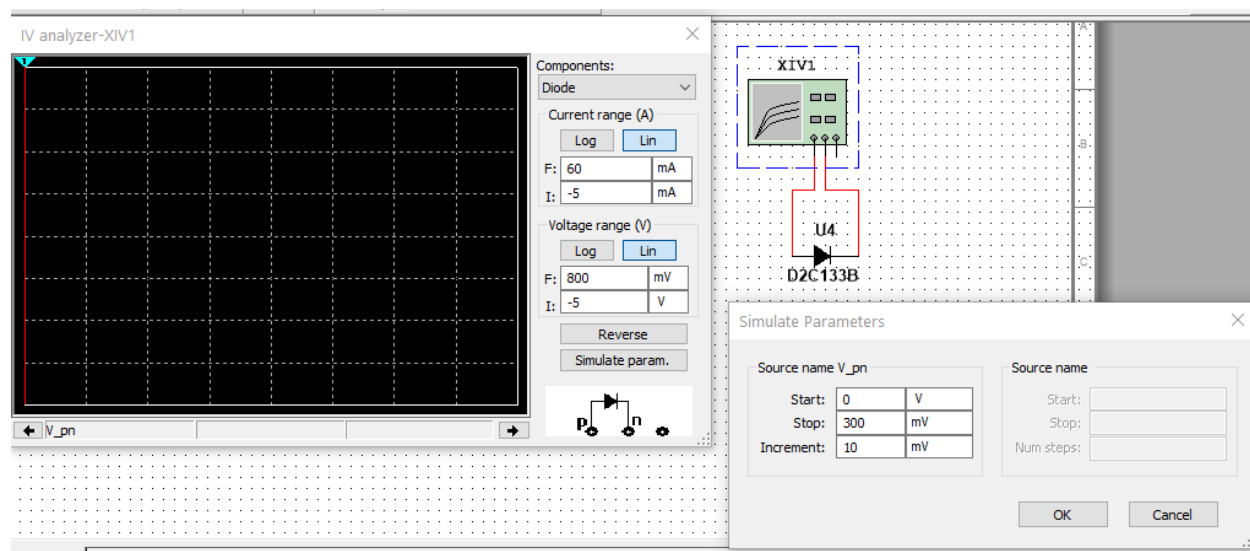
НОМЕР ВАРИАНТА ЗАДАНИЯ:

* Variant 125

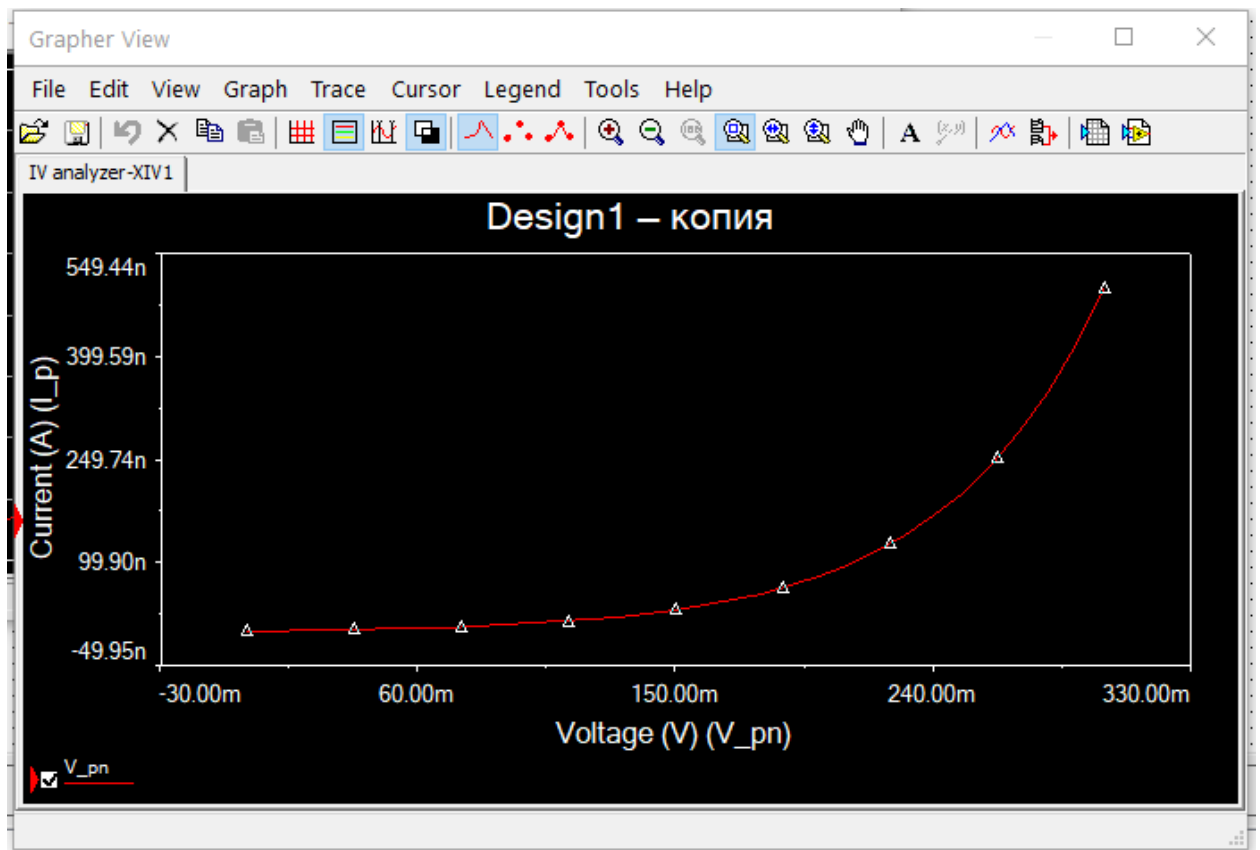


ЭКСПЕРИМЕНТ 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ВАХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИБОРА IV ANALYZER.

1. Получили ВАХ своего варианта диода в программе Multisim с применением виртуального прибора IV analyzer, используемого для снятия ВАХ p-n переходов, диодов, транзисторов:

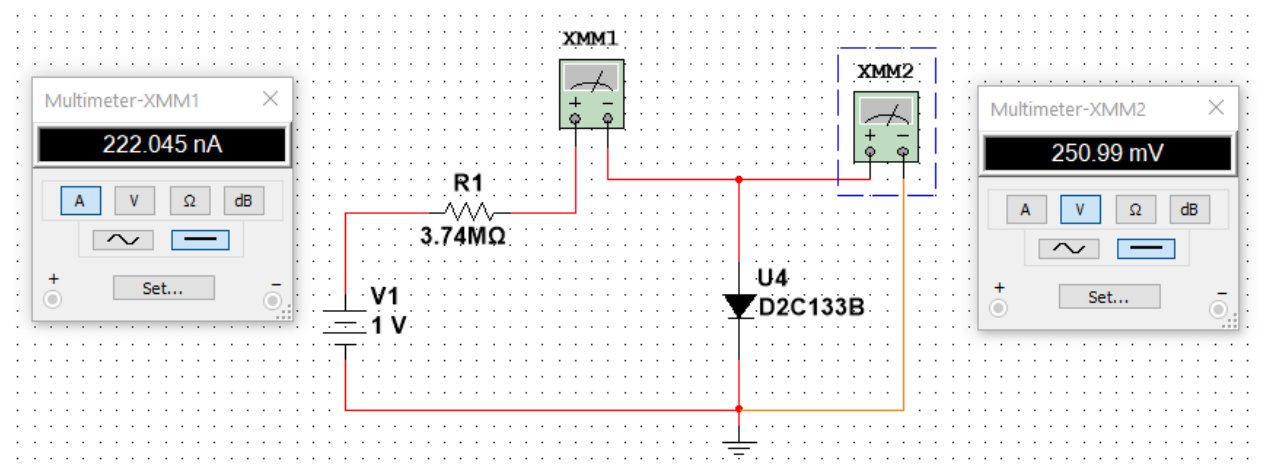
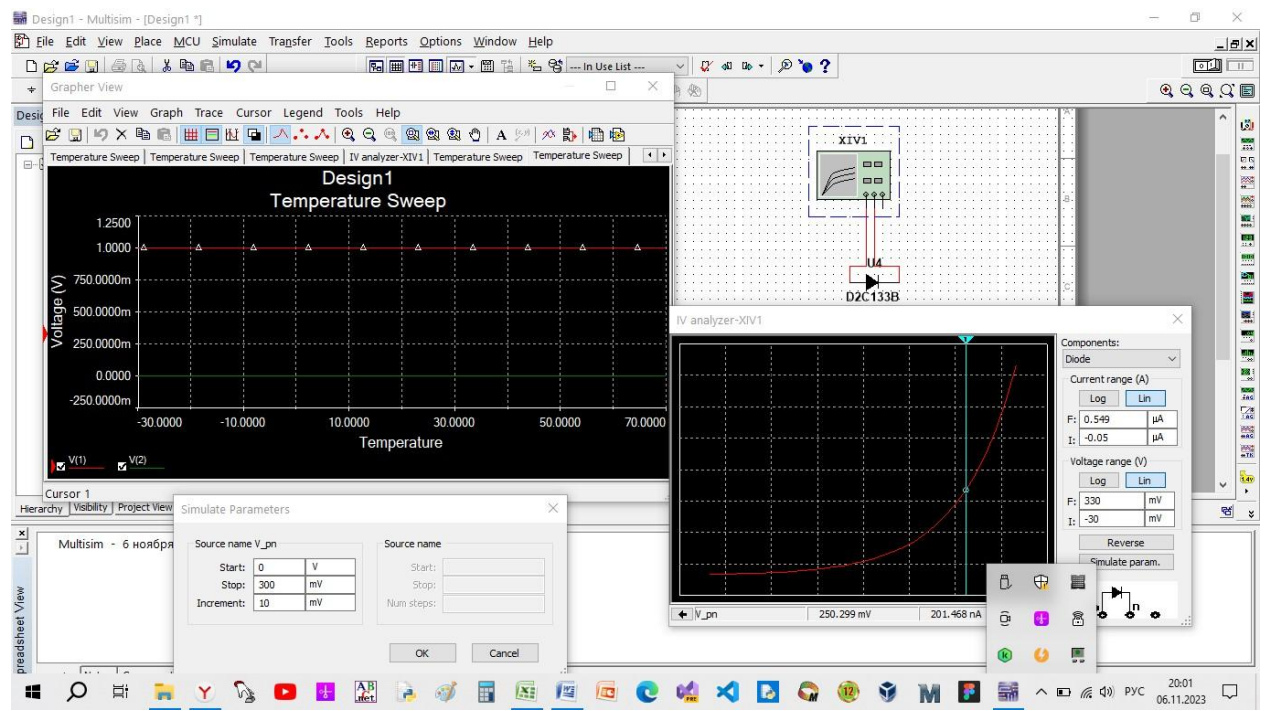


2. Запустили Grapher View, в окне Grapher View сформировали выходной текстовый файл с данными расчёта:

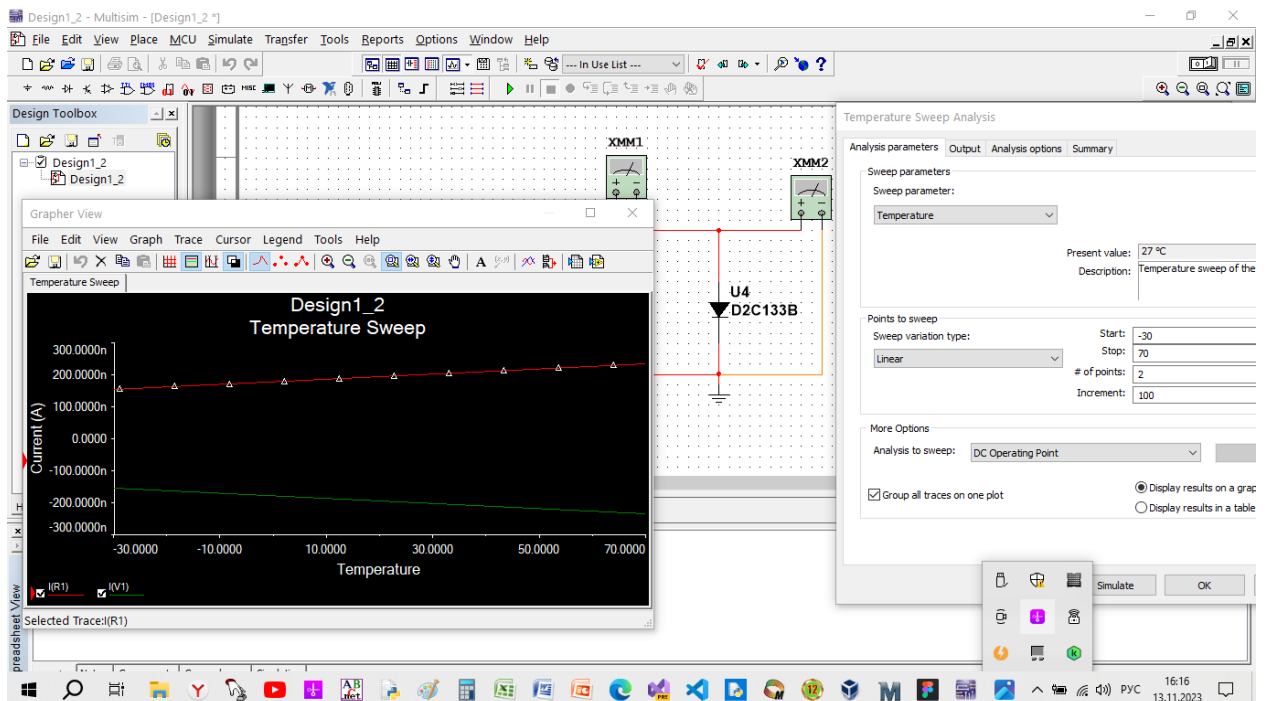
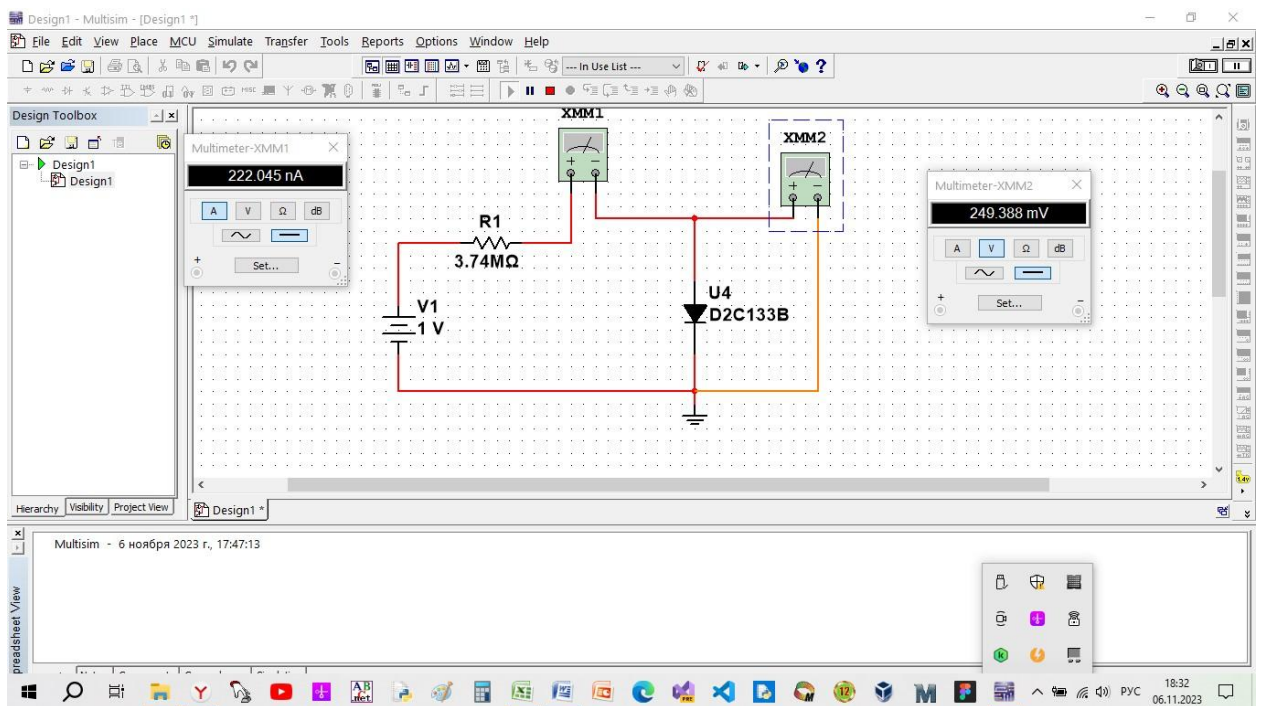


7	0,06	4,25E-09
8	0,07	5,52E-09
9	0,08	7,04E-09
10	0,09	8,87E-09
11	0,1	1,11E-08
12	0,11	1,37E-08
13	0,12	1,69E-08
14	0,13	2,07E-08
15	0,14	2,52E-08
16	0,15	3,07E-08
17	0,16	3,72E-08
18	0,17	4,51E-08
19	0,18	5,45E-08
20	0,19	6,58E-08
21	0,2	7,94E-08
22	0,21	9,57E-08
23	0,22	1,15E-07
24	0,23	1,39E-07

3. Исследовали ВАХ в диапазоне температур - 30 – 70 град. Цельсия:

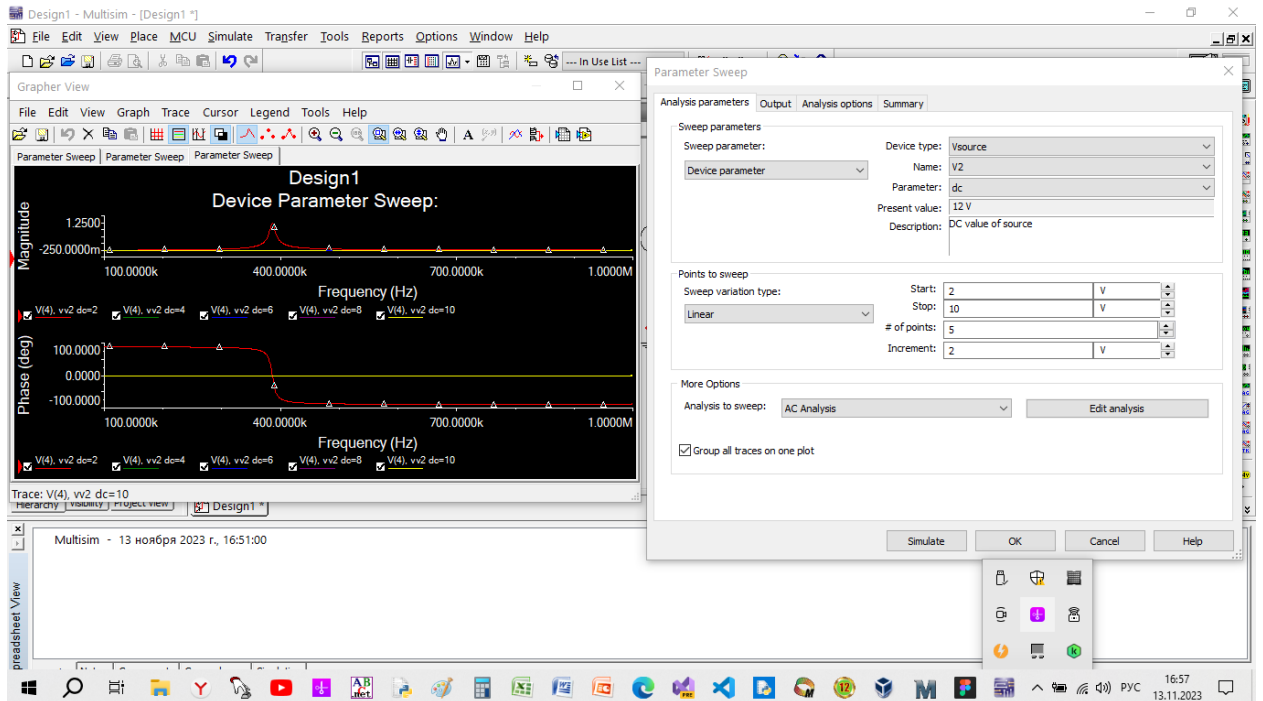
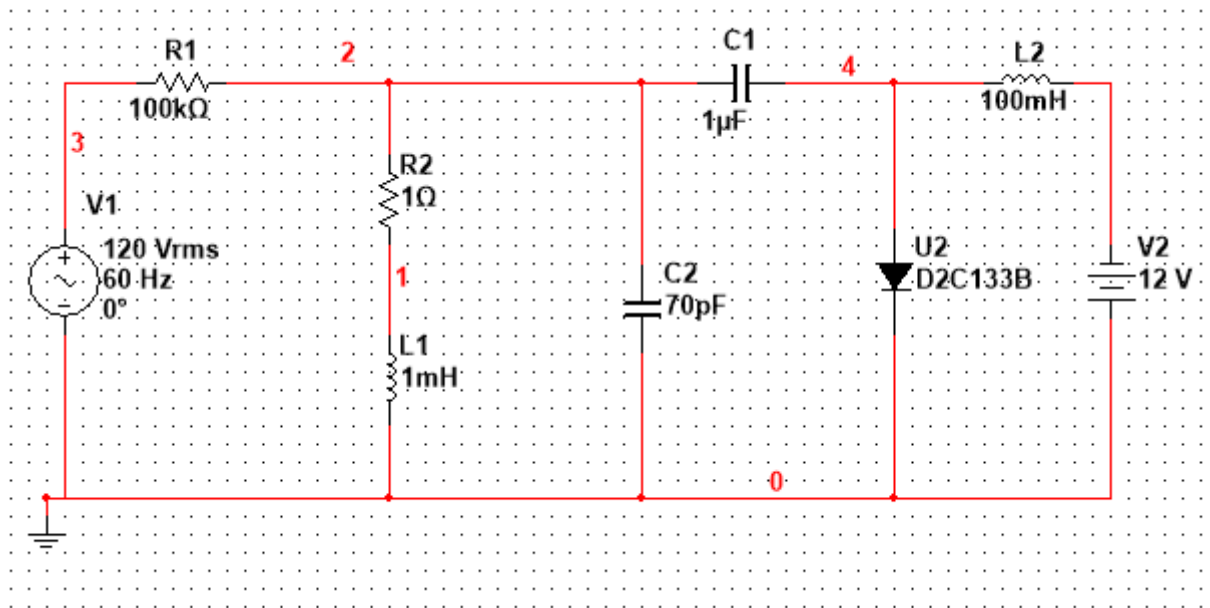


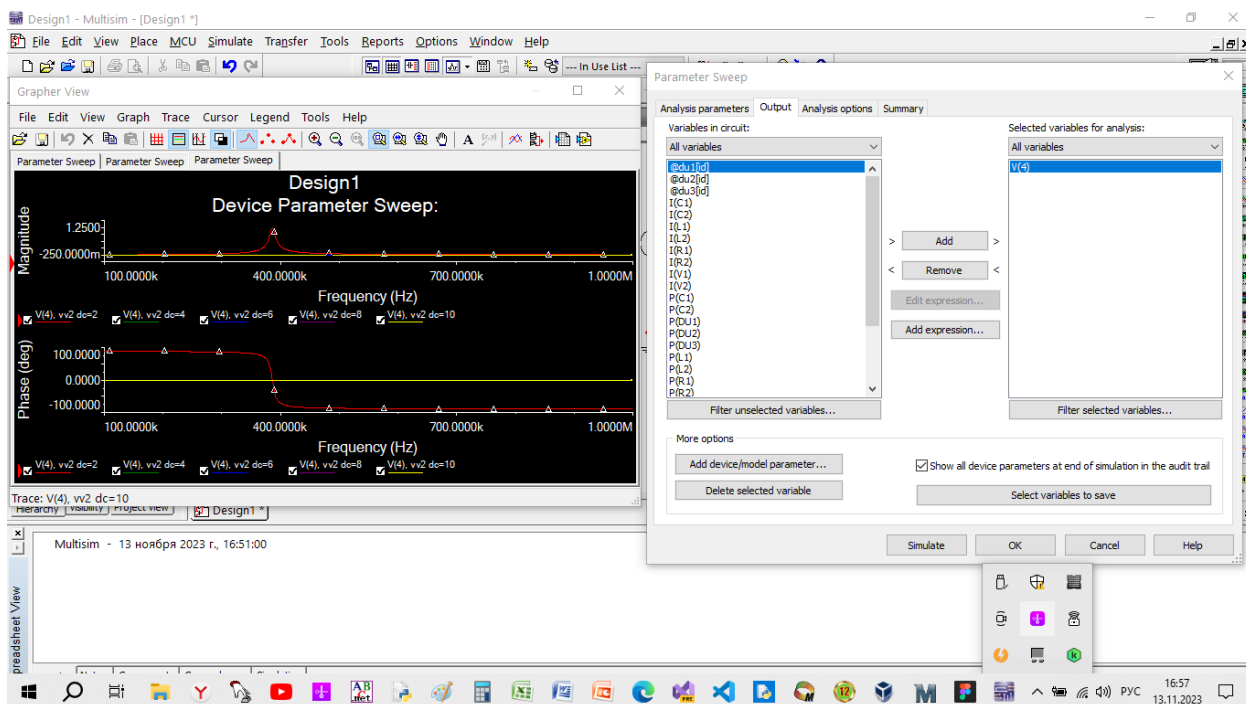
Для правильного выполнения этого пункта задания выбрали произвольно рабочую точку диода передвижением курсора на графике ВАХ, снятом IV analyzer, и рассчитали величину сопротивления R1, которое обеспечит работу диода в выбранной рабочей точке с источником 1 V. Рабочая точка диода характеризуется значением напряжения 250.299 mV и тока 201.468 nA. Рассчитываем сопротивление для обеспечения такого режима при источнике 1В: $R = (U_{ист} - U_d) / I_d = (1 - 0.250) / (2,01468 \cdot 10^{-7}) = \sim 3.74 \text{ МОм}$.



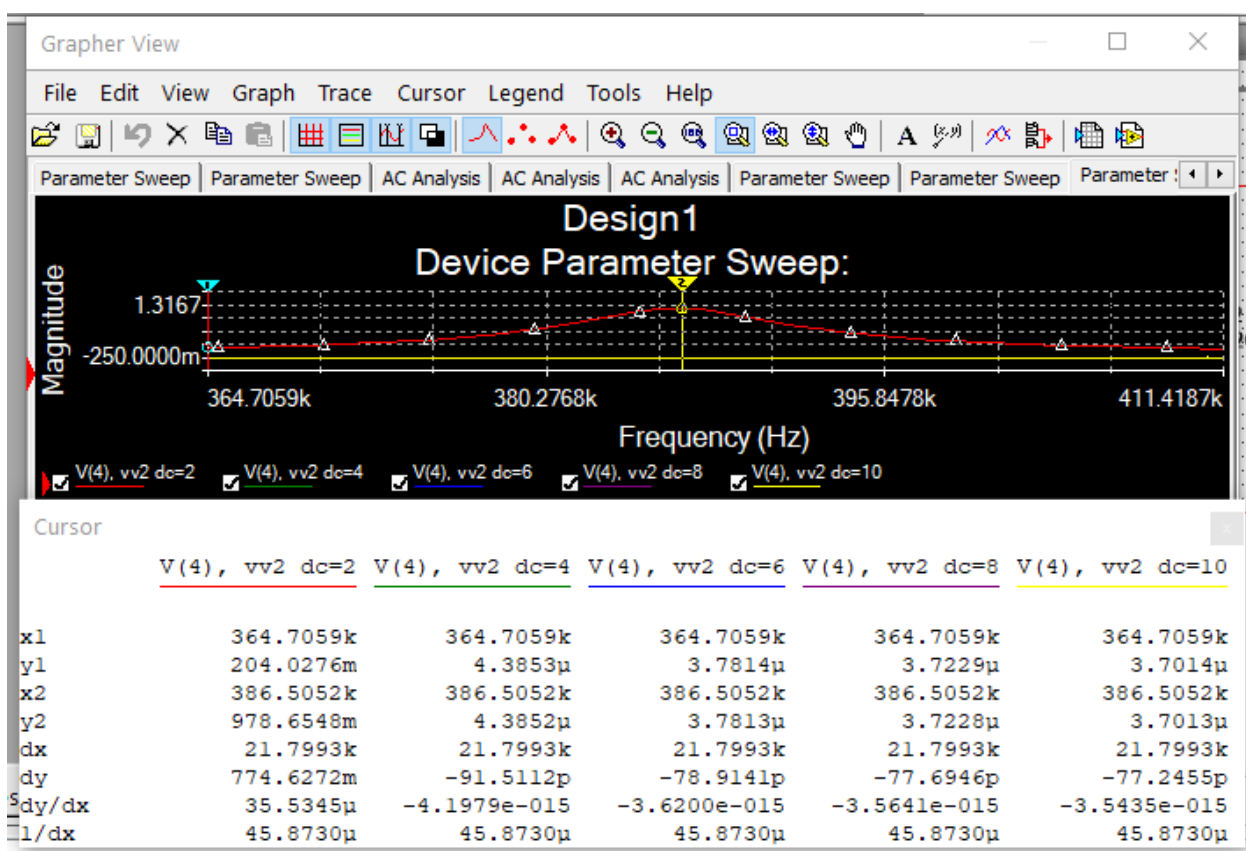
ЭКСПЕРИМЕНТ 6. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛЬТФАРАДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДИОДА.

1. Используя схему параллельного колебательного контура с подключенным к контуру полупроводниковым диодом в качестве переменной емкости, построили зависимость резонансной частоты от напряжения управления и передали данные в программу MathCAD.



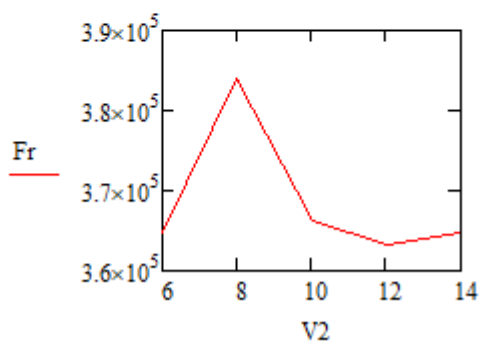


С помощью функции cursor, меняя напряжение, получили несколько кривых со своими вершинами, данные о которых перенесли в MathCad:



По этим данным построили вольтфарадную характеристику полупроводникового диода:

$$Fr := \begin{pmatrix} 364706 \\ 384118 \\ 366263 \\ 363149 \\ 364706 \end{pmatrix} \quad V2 := \begin{pmatrix} 6 \\ 8 \\ 10 \\ 12 \\ 14 \end{pmatrix}$$



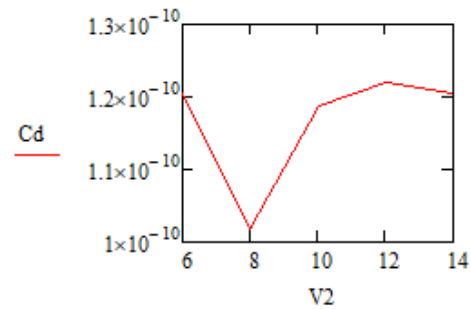
2. Из вольтфарадной характеристики определили параметры модели диода (CJO, M, VJ) методом Given Minerr:

$$L_k := 10^{-3} \quad C_k := 70 \cdot 10^{-12}$$

$$\pi := 3.14159$$

$$C_d := \frac{\left[C_k \cdot L_k - \frac{1}{(4 \cdot Fr^2 \cdot \pi^2)} \right]}{-L_k}$$

$$C_d = \begin{pmatrix} 1.204 \times 10^{-10} \\ 1.017 \times 10^{-10} \\ 1.188 \times 10^{-10} \\ 1.221 \times 10^{-10} \\ 1.204 \times 10^{-10} \end{pmatrix}$$



$$M := 0.2$$

$$V_{J0} := 0.6$$

$$C_{J0} := 10^{-12}$$

Given

$$C_{d0} = C_{J0} \cdot \left[1 - \frac{(-1)}{V_{J0}} \right]^{-M}$$

$$C_{d1} = C_{J0} \cdot \left[1 - \frac{(-2)}{V_{J0}} \right]^{-M}$$

$$C_{d2} = C_{J0} \cdot \left[1 - \frac{(-3)}{V_{J0}} \right]^{-M}$$

$$\text{Minerr}(C_{J0}, V_{J0}, M) = \begin{pmatrix} 1.946 \times 10^{-10} \\ 1.775 \times 10^{-6} \\ 0.039 \end{pmatrix}$$

Адекватность модели проверили по степени совпадения расчетных данных и данных модели в библиотеке.

```
* Variant 125
.model D2C133B D(Is=31.47f Rs=0.3655 Ikf=0 N=1 Xti=3 Eg=1.11 Cjo=220p M=.5959
+      Vj=.75 Fc=.5 Isr=2.035n Nr=2 Bv=3.371 Ibv=47.97m Nbv=3)
*      Ibv1=48.16m
*      Tbv1=-1.1m)
```

$$\text{Minerr}(C_{J0}, V_{J0}, M) = \begin{pmatrix} 1.946 \times 10^{-10} \\ 1.775 \times 10^{-6} \\ 0.039 \end{pmatrix}$$

В результате емкость перехода C_{J0} близка к заданной, коэффициент плавности перехода M отличается примерно в 15 раз, падение напряжения V_{J0} имеет значительное различие.