

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Дисциплина электроника
Лабораторный практикум №4

Работу выполнил:

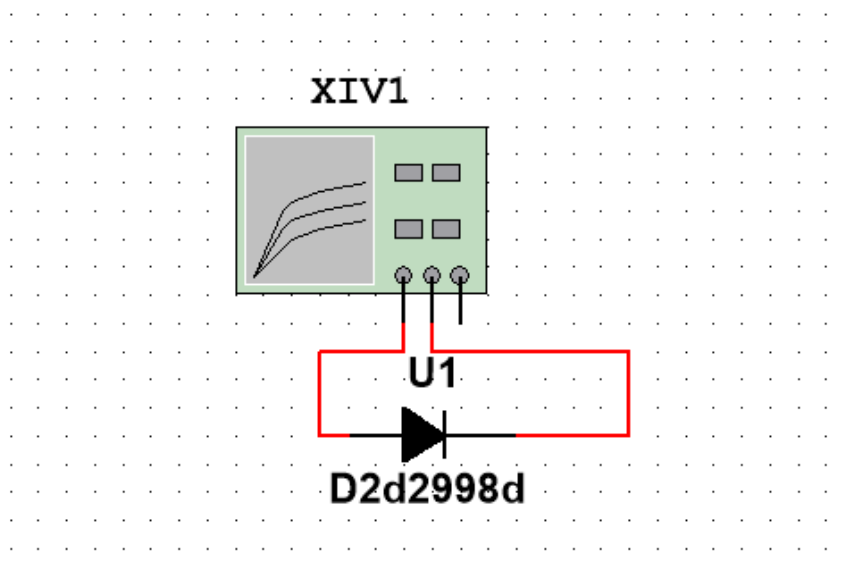
студент группы ИУ7-31Б

Палладий Евгений

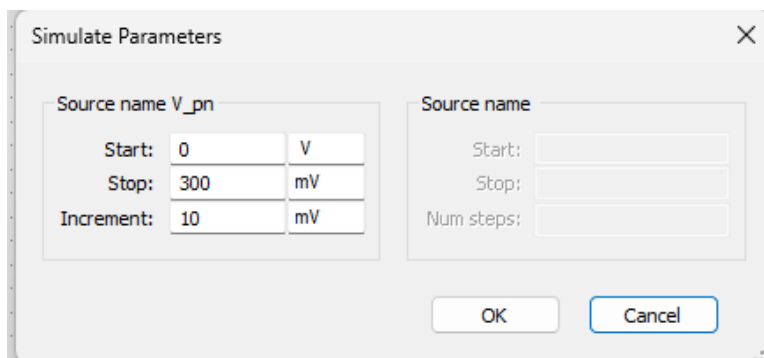
Работу проверил:

Цель работы: ИССЛЕДОВАНИЕ ВАХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИБОРА IV ANALYZER

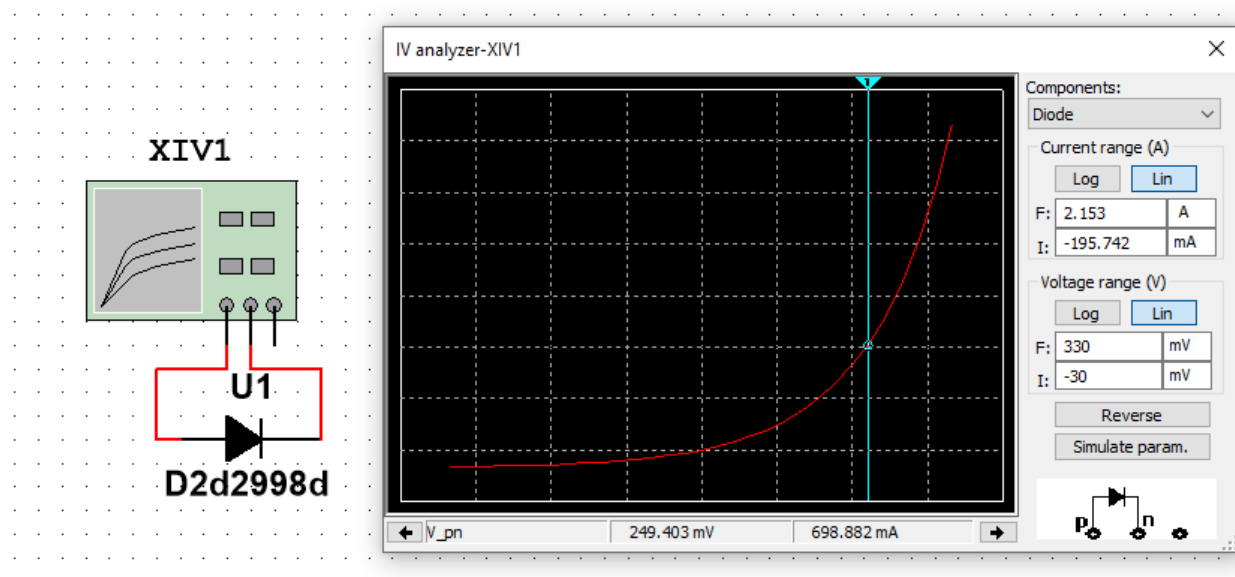
Сначала построим схему с прибором IV Analyzer и моим диодом:



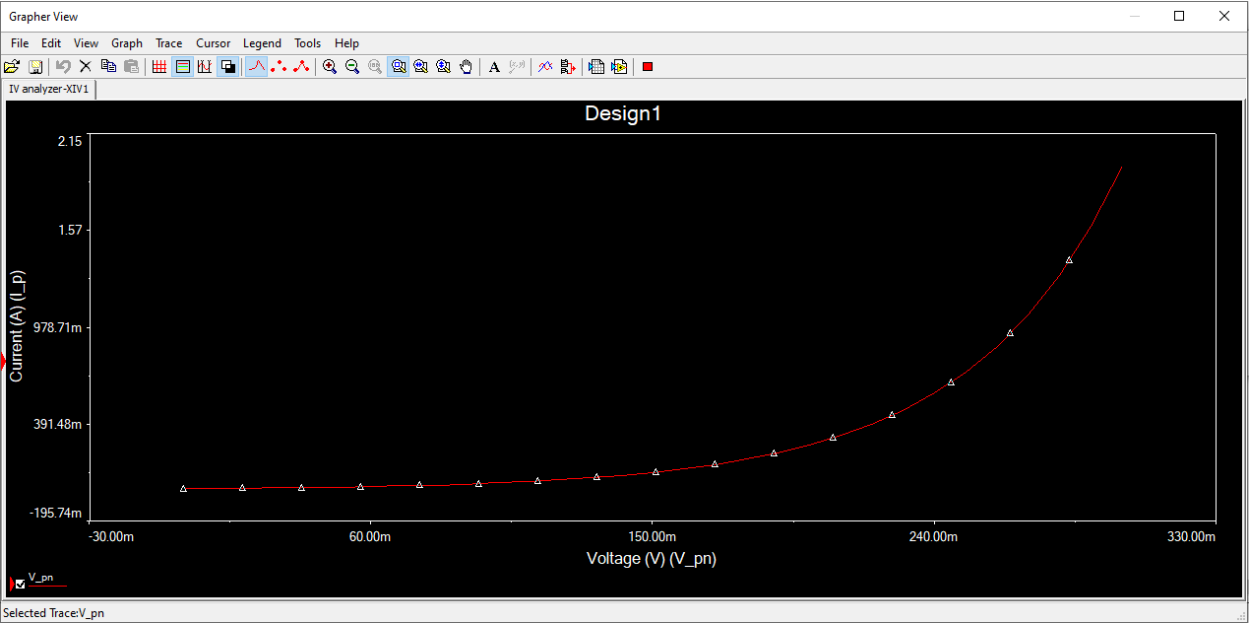
Настроим Analyzer:



Запустим измерение:



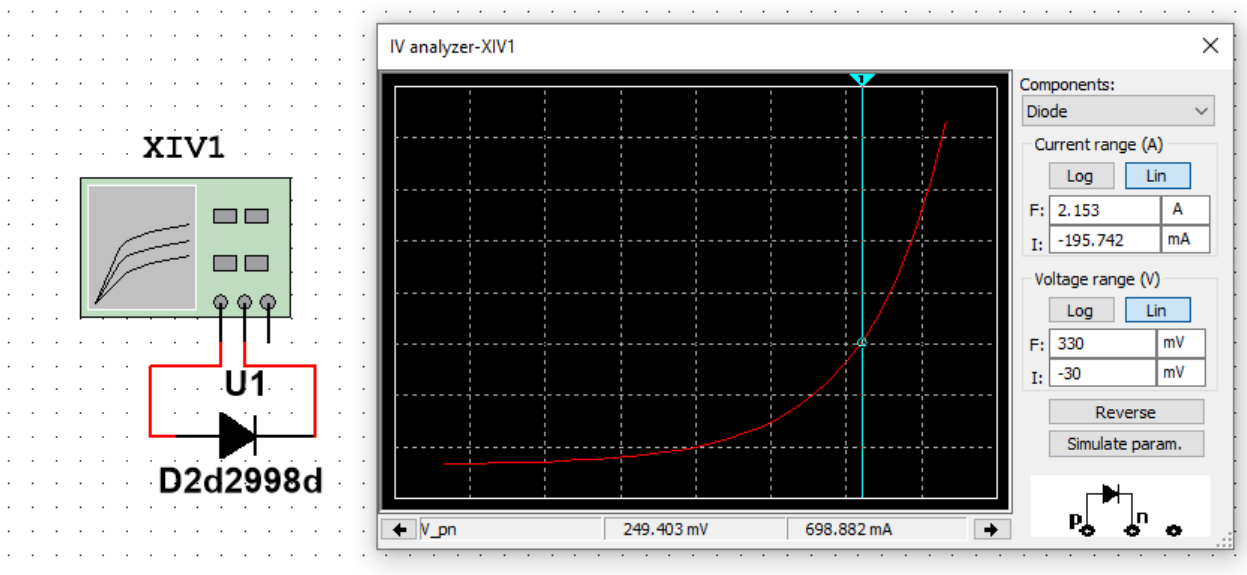
Построим график через Grapher и экспортируем измерения в текстовый файл:



Получим следующие данные:

0.000000e+000	-7.737086e-028
1.000000e-002	3.689219e-006
2.000000e-002	8.117112e-006
3.000000e-002	1.343499e-005
4.000000e-002	1.982509e-005
5.000000e-002	2.750684e-005
6.000000e-002	3.674444e-005
7.000000e-002	4.785595e-005
8.000000e-002	6.122426e-005
9.000000e-002	7.731018e-005
1.000000e-001	9.666832e-005
1.100000e-001	1.199660e-004
1.200000e-001	1.480063e-004
1.300000e-001	1.817551e-004
1.400000e-001	2.223746e-004
1.500000e-001	2.712626e-004
1.600000e-001	3.301004e-004
1.700000e-001	4.009102e-004
1.800000e-001	4.861238e-004
1.900000e-001	5.886662e-004
2.000000e-001	7.120553e-004
2.100000e-001	8.605227e-004
2.200000e-001	1.039159e-003
2.300000e-001	1.254091e-003
2.400000e-001	1.512693e-003
2.500000e-001	1.823845e-003
2.600000e-001	2.198252e-003
2.700000e-001	2.648819e-003
2.800000e-001	3.191131e-003
2.900000e-001	3.844025e-003

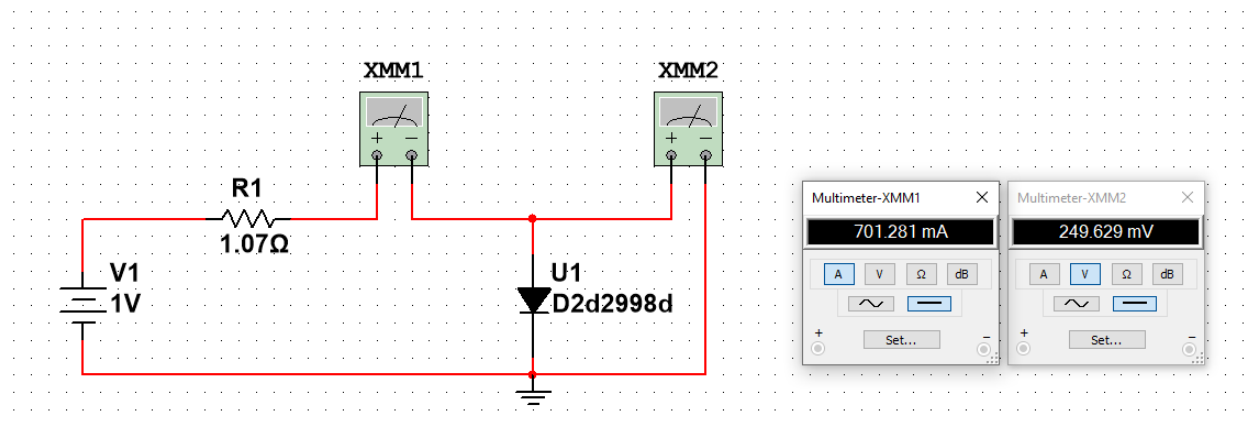
Проверим, правильно ли отработал IV Analyzer. Сначала выберем любую из рабочих точек диода, которую отметил Analyzer:



Для меня точка имеет напряжение 249.403 мВ и силу тока 698.882 мА.
Рассчитаем необходимое сопротивление:

$$R = \frac{U_{\text{источника}} - U_{\text{диода}}}{I_{\text{диода}}} = \frac{1 - 249.403 \cdot 10^{-3}}{698.882 \cdot 10^{-3}} = 1.073996755[\text{Ом}]$$

Проверим расчет измерением:



Теперь исследуем ВАХ в диапазоне температур -30 – 70 градусов Цельсия.

Настроим измерение:

Temperature Sweep Analysis

Analysis parameters Output Analysis options Summary

Sweep parameters

Sweep parameter:

Temperature

Present value: 27 °C

Description: Temperature sweep of the circuit.

Points to sweep

Sweep variation type:

Linear

Start: -30 °C

Stop: 70 °C

Number of points: 100

Increment: 1.0101 °C

More Options

Analysis to sweep: DC Operating Point

Edit analysis

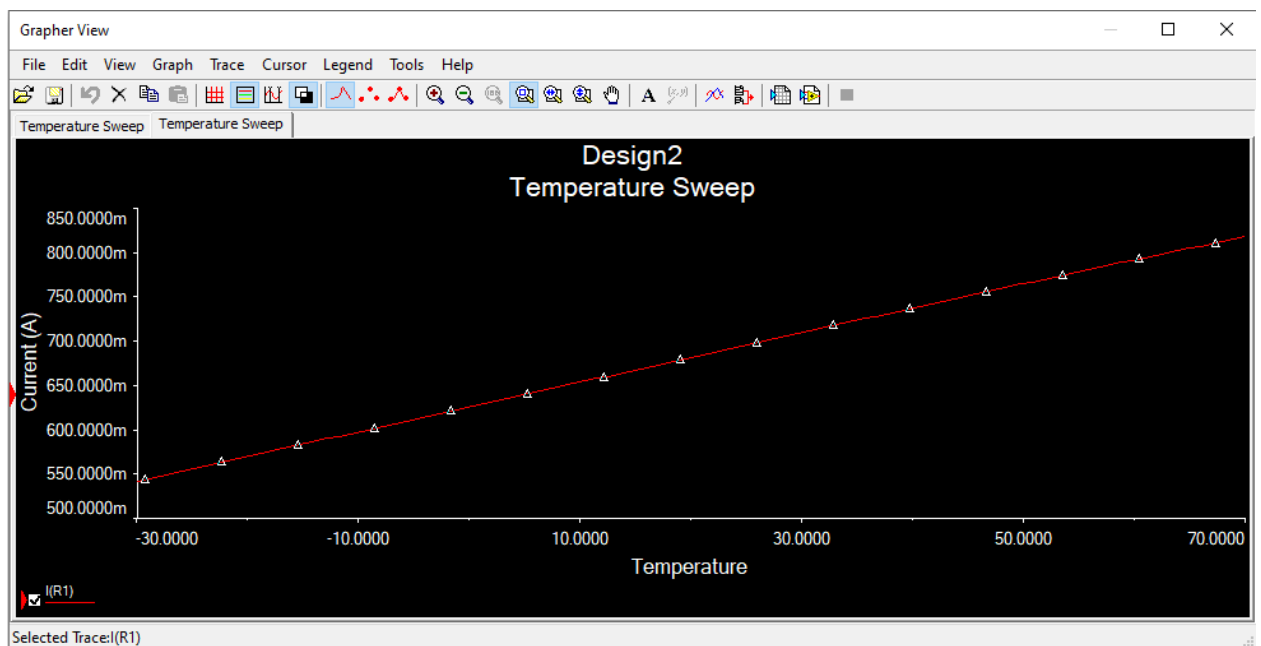
☒ Group all traces on one plot

☒ Display results on a graph

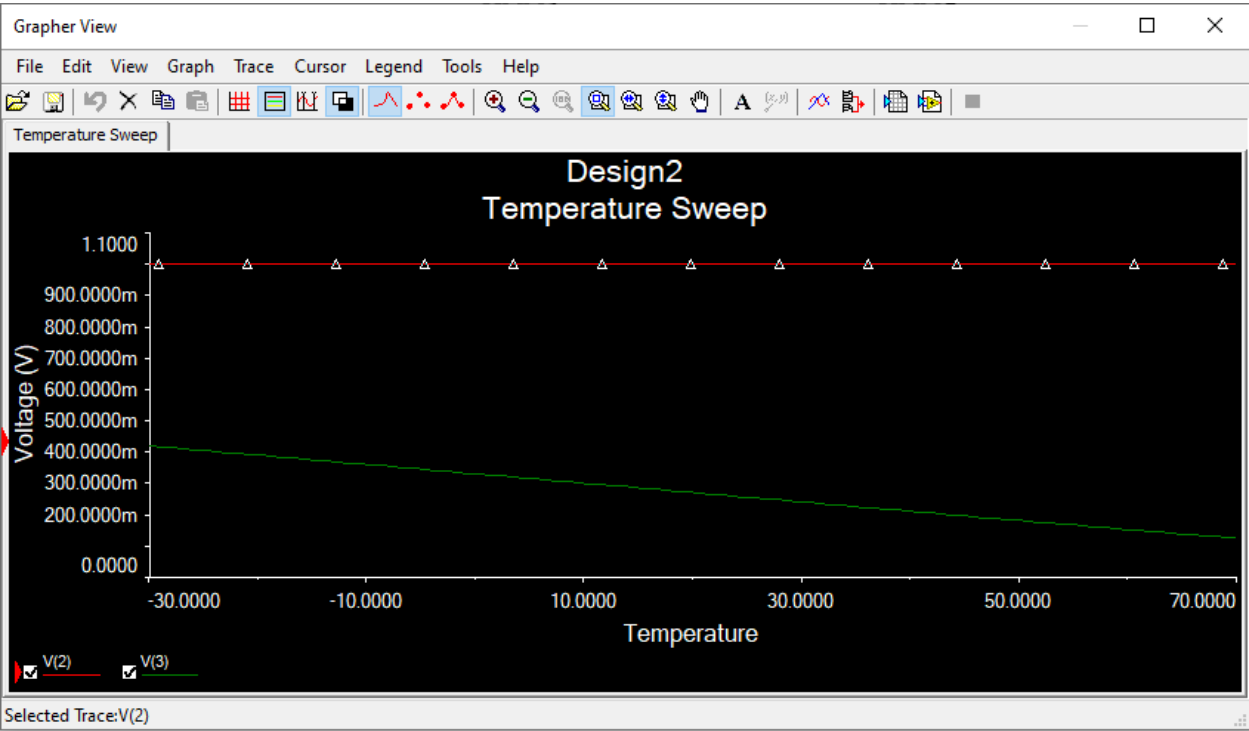
☐ Display results in a table

Simulate OK Cancel Help

Запустим сначала измерения по току:

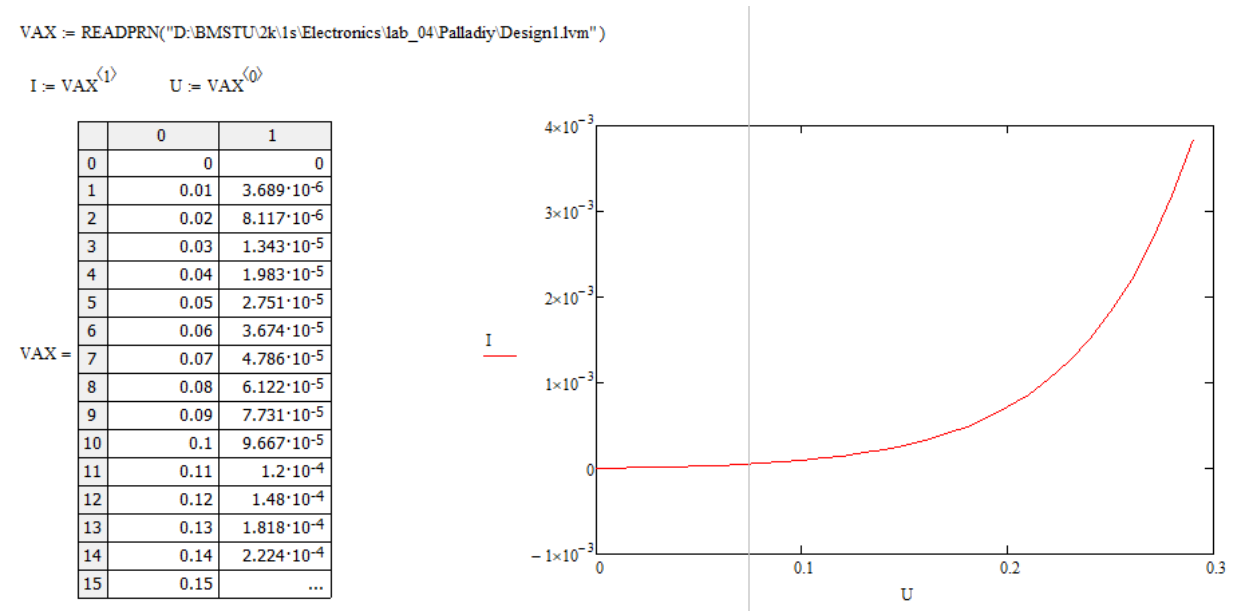


Теперь построим зависимость напряжения на источнике и диоде от температуры в рабочей точке:



Построим ВАХ в MathCad.

Загрузим данные из файла и построим ВАХ:



Теперь рассчитаем теоретические характеристики диода методом Given Minerr. Возьмем 4 точки в области перегиба:

$$R_b := 1 \quad I_{s1} := 1 \quad M := 1 \quad F_t := 1$$

Given

$$0.16 = 0.0003301 \cdot R_b + \ln\left(\frac{I_{s1} + 0.0003301}{I_{s1}}\right) \cdot M \cdot F_t$$

$$0.2 = 0.000712055 \cdot R_b + \ln\left(\frac{I_{s1} + 0.000712055}{I_{s1}}\right) \cdot M \cdot F_t$$

$$0.22 = 0.00103916 \cdot R_b + \ln\left(\frac{I_{s1} + 0.00103916}{I_{s1}}\right) \cdot M \cdot F_t$$

$$0.24 = 0.00151269 \cdot R_b + \ln\left(\frac{I_{s1} + 0.00151269}{I_{s1}}\right) \cdot M \cdot F_t$$

$$\begin{pmatrix} R_b \\ I_{s1} \\ M \\ F_t \end{pmatrix} := \text{Minerr}(R_b, I_{s1}, M, F_t) = \begin{pmatrix} 0.038 \\ 1.797 \times 10^{-5} \\ 0.227 \\ 0.238 \end{pmatrix}$$

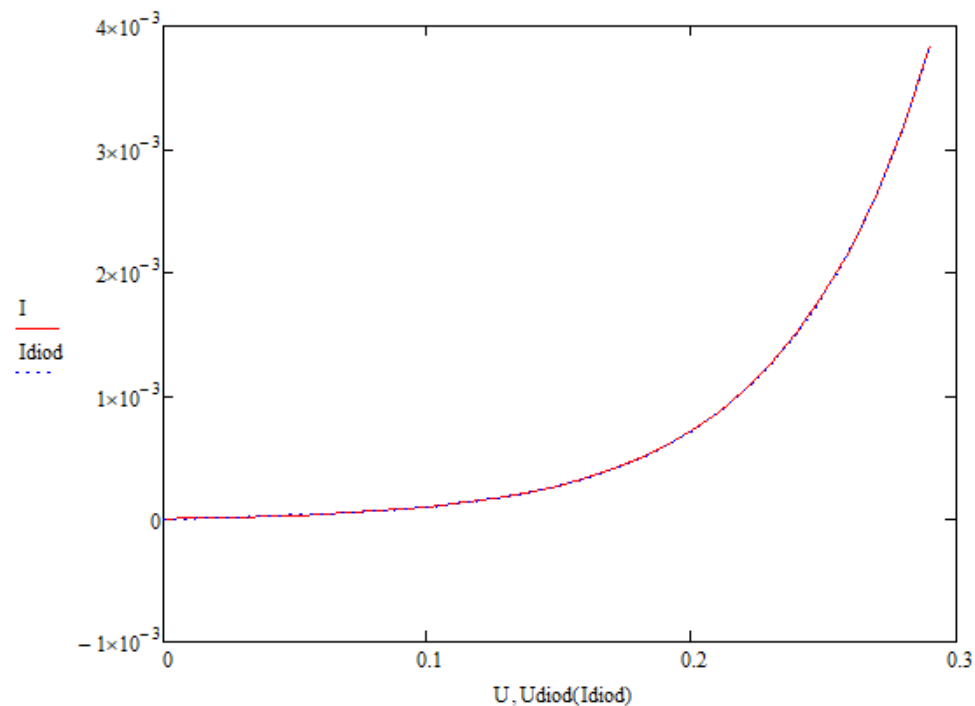
$$I_{\text{diod}} := 0.10^{-5} \dots \max(I)$$

$$U_{\text{diod}}(I_{\text{diod}}) := I_{\text{diod}} \cdot R_b + \ln\left(\frac{I_{s1} + I_{\text{diod}}}{I_{s1}}\right) \cdot F_t \cdot M$$

Построим график и сравним теоретические и практические данные:

$$I_{\text{diod}} := 0.10^{-5} \dots \max(I)$$

$$U_{\text{diod}}(I_{\text{diod}}) := I_{\text{diod}} \cdot R_b + \ln\left(\frac{I_{s1} + I_{\text{diod}}}{I_{s1}}\right) \cdot F_t \cdot M$$

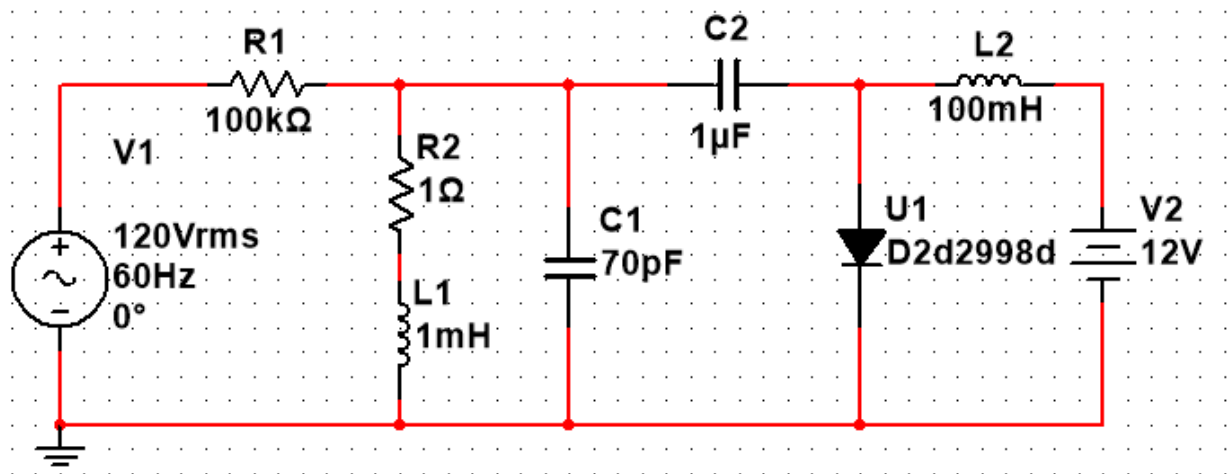


ЭКСПЕРИМЕНТ 6

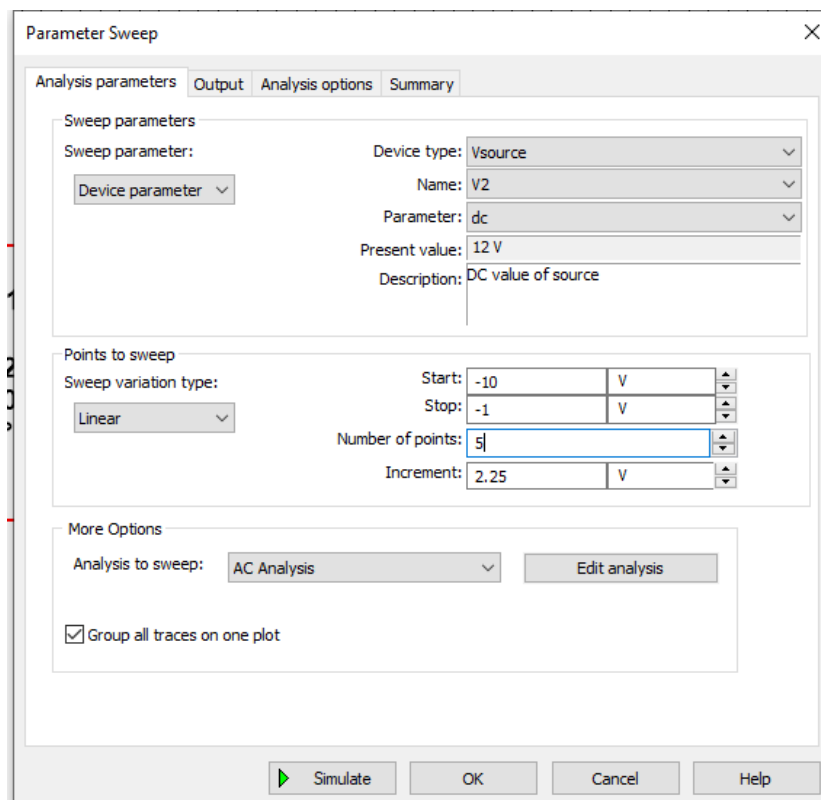
Цель работы: ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛЬТФАРАДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДИОДА

Построим схему параллельного колебательного контура с подключенным к контуру полупроводниковым диодом в качестве переменной емкости.



Настроим частотный (АС) анализ:



Sweep of AC Analysis

Frequency parameters

Start frequency (FSTART):

50

kHz

Reset to default

Stop frequency (FSTOP):

650

kHz

Reset to main AC values

Sweep type:

Linear

Number of points:

1000

Vertical scale:

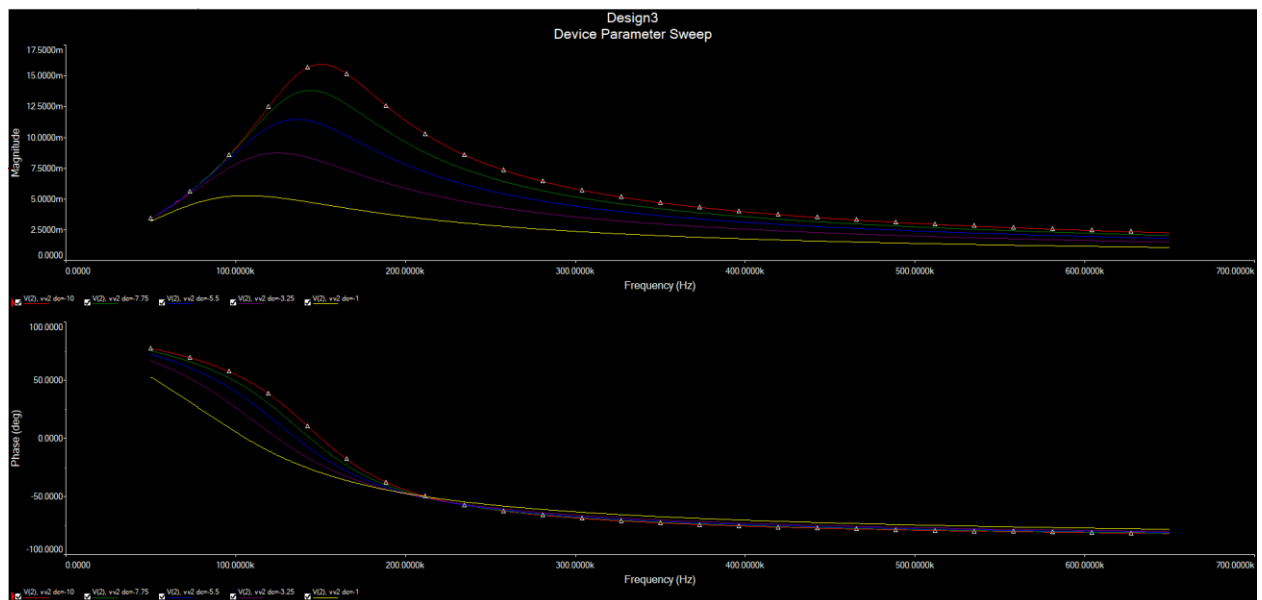
Linear

OK

Cancel

Help

Получим следующие графики:



С помощью курсора определим пиковые значения для каждого из графиков и занесем в файл:

```
-10 150374
-7.75 143821
-5.5 135849
-3.25 124680
-1 106371
```

Перенесем в MathCad и построим график.

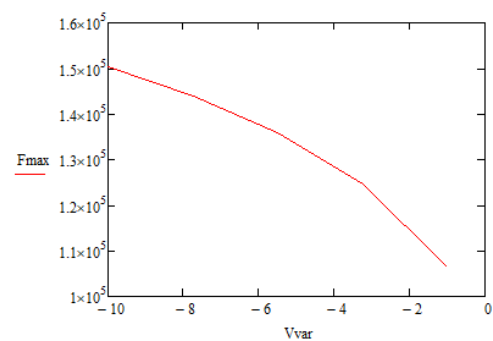
DATA := READPRN("D:\BMSTU\2k1s\Electronics\lab_04\Palladiy\data.txt")

Vvar := DATA⁽⁰⁾ Fmax := DATA⁽¹⁾

$$\text{DATA} = \begin{pmatrix} -10 & 1.504 \times 10^5 \\ -7.75 & 1.438 \times 10^5 \\ -5.5 & 1.358 \times 10^5 \\ -3.25 & 1.247 \times 10^5 \\ -1 & 1.064 \times 10^5 \end{pmatrix}$$

$$\text{Vvar} = \begin{pmatrix} -10 \\ -7.75 \\ -5.5 \\ -3.25 \\ -1 \end{pmatrix}$$

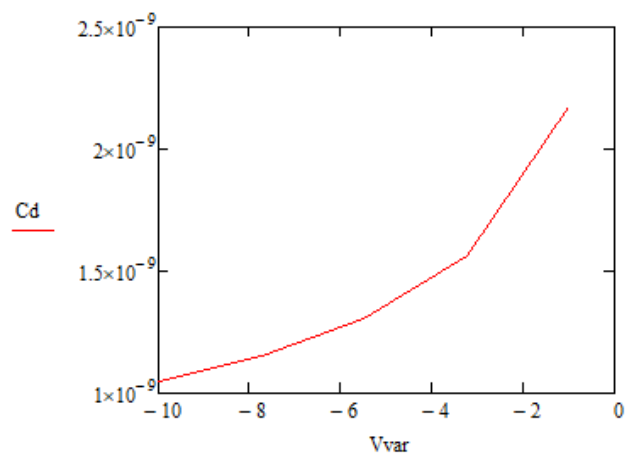
$$\text{Fmax} = \begin{pmatrix} 1.504 \times 10^5 \\ 1.438 \times 10^5 \\ 1.358 \times 10^5 \\ 1.247 \times 10^5 \\ 1.064 \times 10^5 \end{pmatrix}$$



Найдем параметры диода:

i := 0..4 Lk := 10⁻³ Ck := 70 × 10⁻¹² pi := 3.14 Fr_i := Fmax_i

$$\text{Cd} := \frac{-\left[\text{Ck} \cdot \text{Lk} - \frac{1}{4(\text{Fr})^2 \cdot \text{pi}^2} \right]}{\text{Lk}}$$



M := 0.5 VJ0 := 0.6 CJ0 := 10⁻¹²

Given

$$\text{Cd}_0 = \text{CJ0} \cdot \left(1 - \frac{\text{U}_0}{\text{VJ0}} \right)^{-\text{M}}$$

$$+\text{Cd}_3 = \text{CJ0} \cdot \left(1 - \frac{\text{U}_3}{\text{VJ0}} \right)^{-\text{M}}$$

$$\text{Cd}_4 = \text{CJ0} \cdot \left(1 - \frac{\text{U}_4}{\text{VJ0}} \right)^{-\text{M}}$$

$$\begin{pmatrix} \text{CJ0} \\ \text{VJ0} \\ \text{M} \end{pmatrix} := \text{Minerr}(\text{CJ0}, \text{VJ0}, \text{M}) = \begin{pmatrix} 3.038 \times 10^{-9} \\ 0.761 \\ 0.401 \end{pmatrix}$$

Относительная погрешность:

$$\begin{pmatrix} \text{CJ0_True} \\ \text{VJ_True} \\ \text{M_True} \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} 2.789 \cdot 10^{-9} \\ 0.75 \\ 0.3852 \end{pmatrix}$$

$$\text{CJ0_error} := \frac{100 \left| \text{CJ0_True} - \text{CJ0} \right|}{\text{CJ0_True}} = 8.938$$

$$\text{VJ0_error} := \frac{100 \left| \text{VJ_True} - \text{VJ0} \right|}{\text{VJ_True}} = 1.454$$

$$\text{M_error} := \frac{100 \left| \text{M_True} - \text{M} \right|}{\text{M_True}} = 3.996$$