

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Дисциплина основы электроники
Лабораторный практикум №4

Работу выполнил:
студент группы ИУ7-31Б
Костев Дмитрий

Работу проверил:

Москва, 2020 г.

Цель работы: 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.

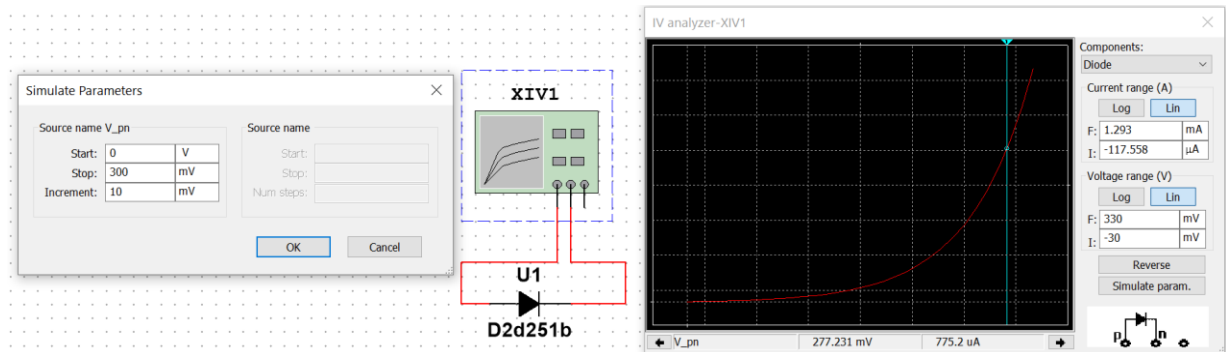
Диод моего варианта:

```
* Variant 10
.model D2d251b D(Is=504f Rs=4.988m Ikf=28.24 N=1 Xti=3 Eg=1.11 Cjo=838.3p
+ M=.4544 Vj=.75 Fc=.5 Isr=4.491u Nr=2 Bv=70.2 Ibv=.5173
+ Tt=24.58n)
```

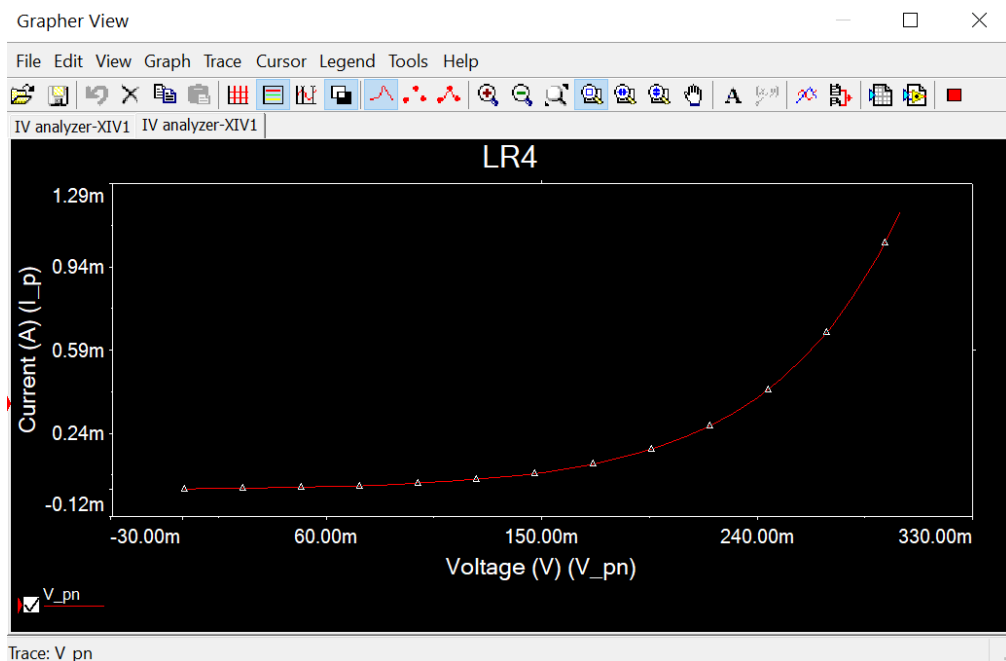
Эксперимент 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИБОРА IV ANALYZER

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

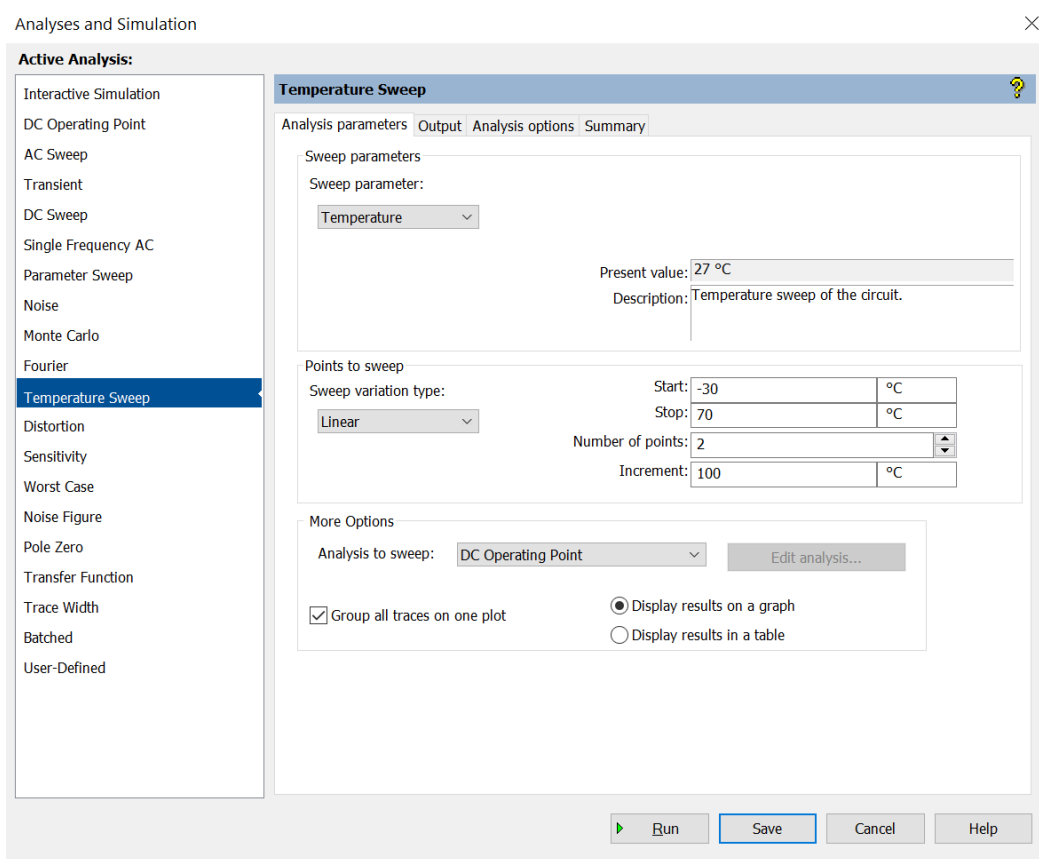
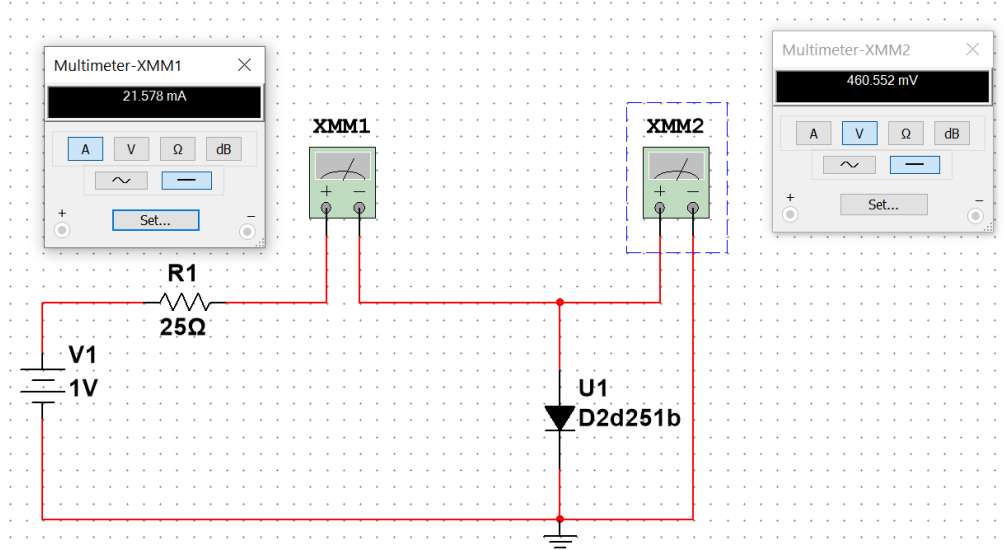


2. Запустим Grapher View, используя кнопку Grapher на панели инструментов и в окне Grapher View сформируем выходной текстовый файл с данными расчёта.



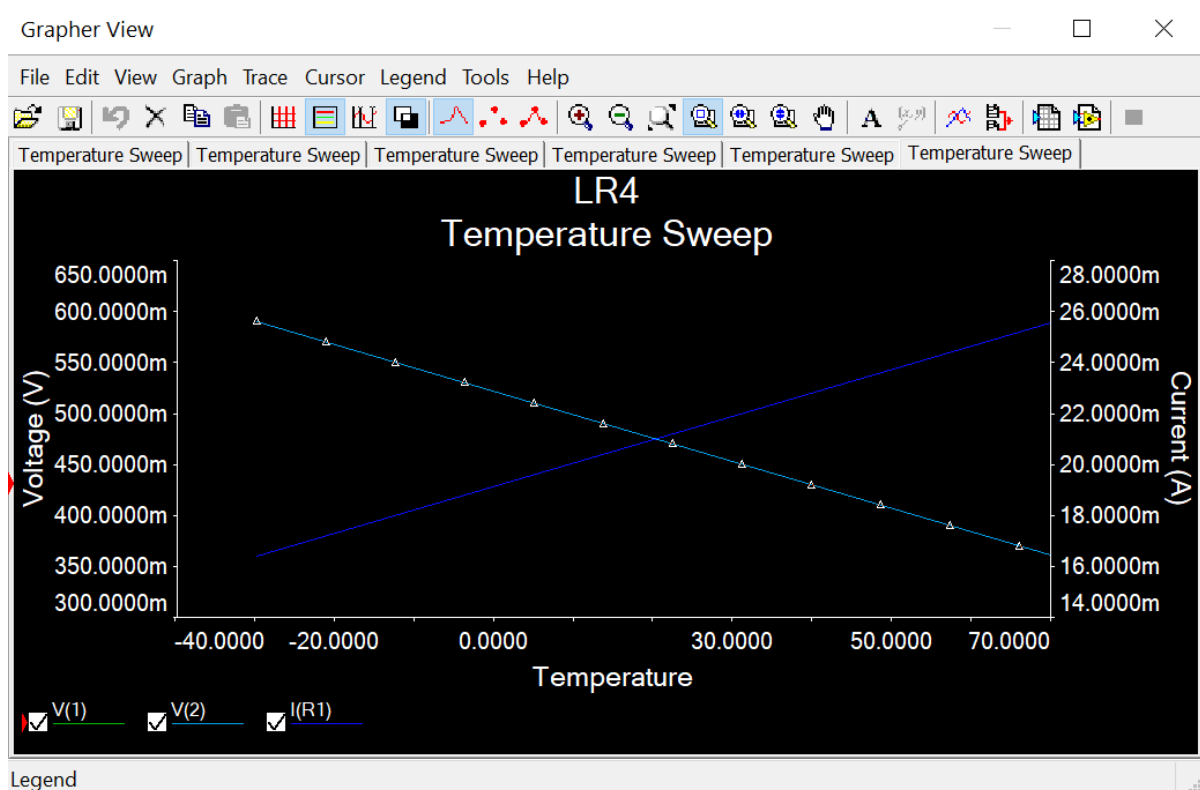
3. Исследуем ВАХ в диапазоне температур - 30 – 70 град. Цельсия Устанавливаем температуру от -30 до 70 град., изменение – линейно, тип анализа – DC Operation Point → требуется установить рабочую точку диода. Для правильного выполнения этого пункта задания нужно выберем произвольно рабочую точку диода передвиганием курсора на графике ВАХ, снятом IV analyzer, и рассчитаем величину сопротивления R1, которое обеспечит работу диода в выбранной рабочей точке с источником 1 V. Рассчитываем сопротивление для обеспечения такого режима при источнике 1В:

$R = (U_{\text{ист}} - U_D) / I_D = (1 - 0.7752) / 0.000277231 = 811 \text{ Ом}$. Проверяем расчет измерением:



Запускаем (simulate), получаем а) зависимость V_1 , V_2 – напряжения на источнике и диоде от температуры в выбранной рабочей точке б) зависимость тока $I(R_1)$, равного току диода, от температуры.

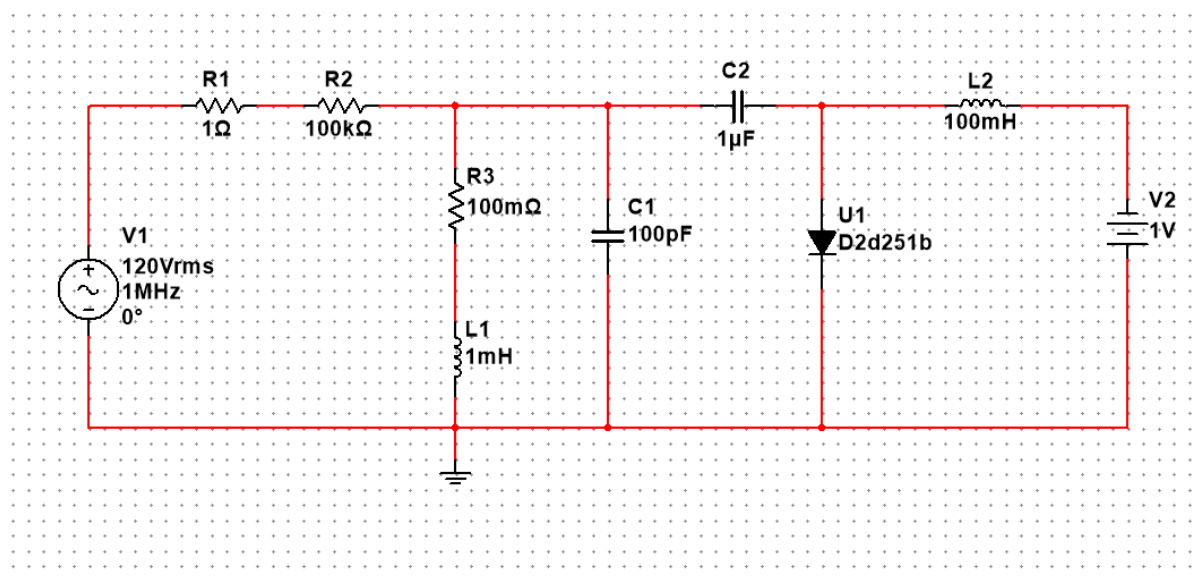
P.s. графики $V(1)$ и $V(2)$ совпали.



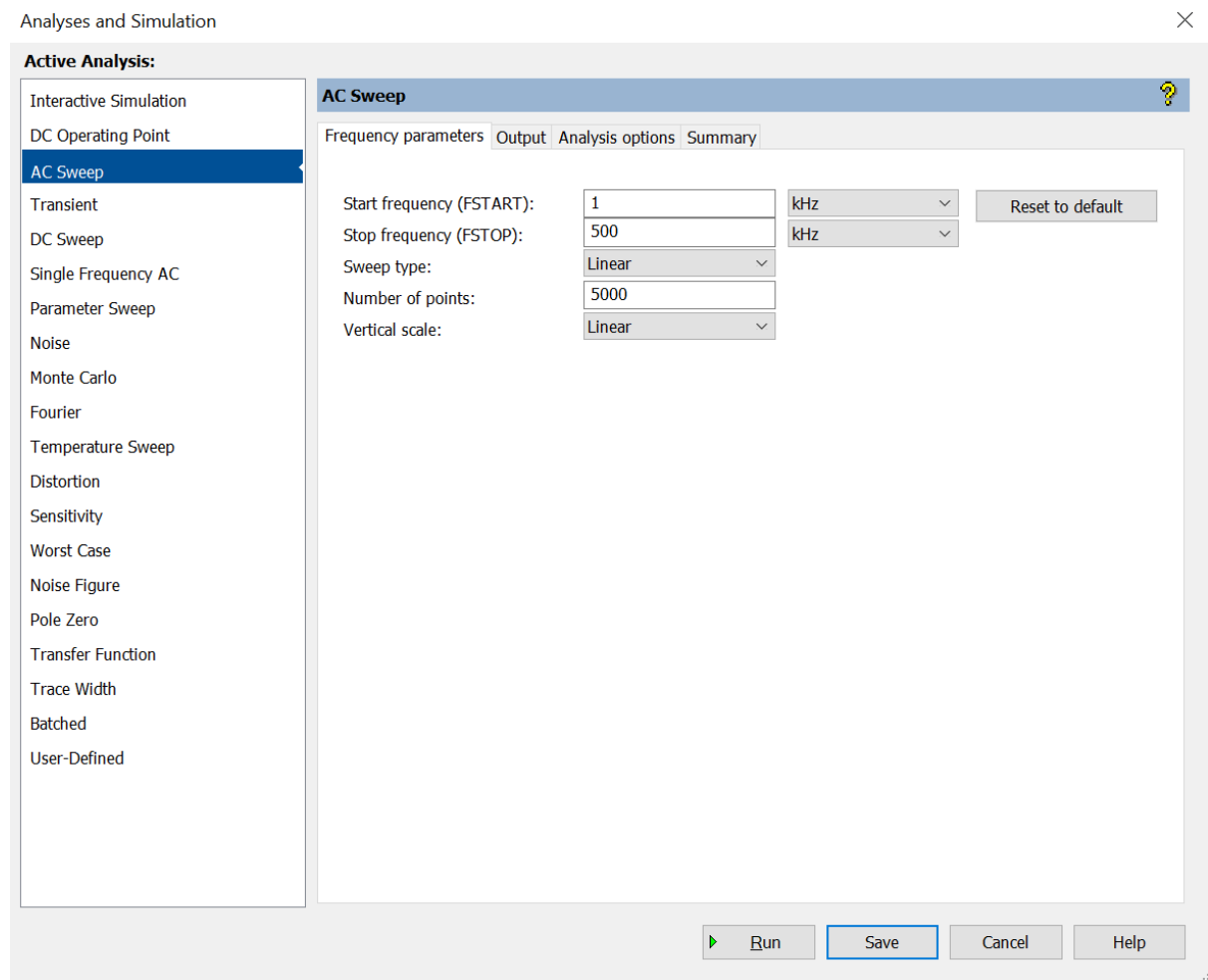
Эксперимент 6

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛЬТФАРАДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДИОДА

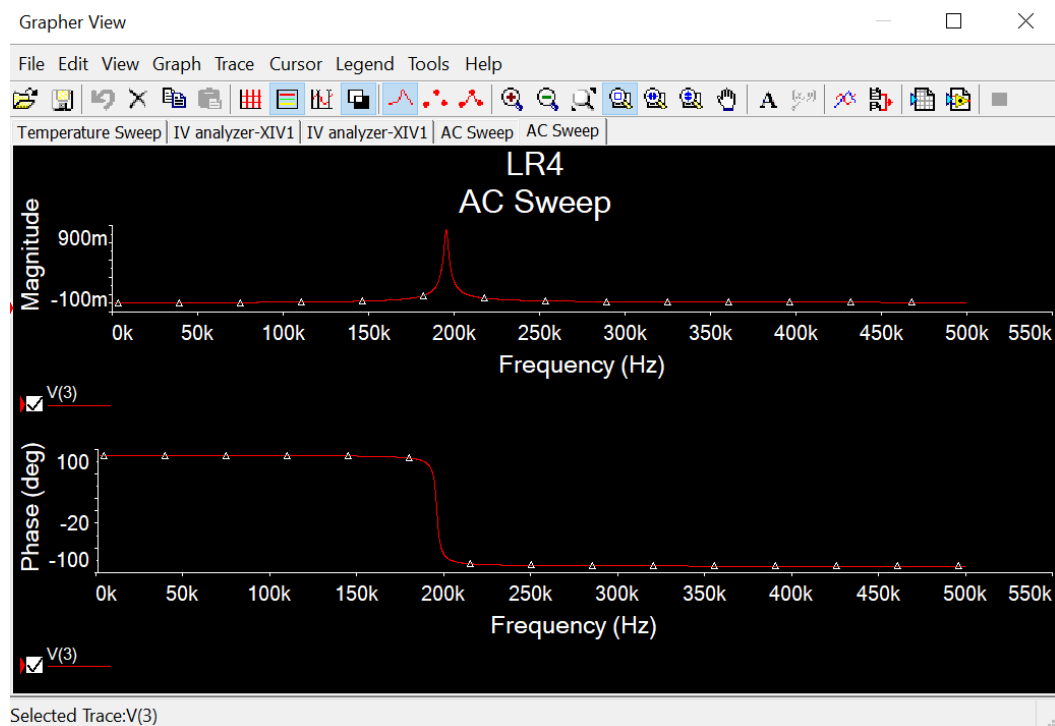
- Используя схему параллельного колебательного контура с подключенным к контуру полупроводниковым диодом в качестве переменной емкости, построим зависимость резонансной частоты от напряжения управления и передадим данные в программу MathCAD. По этим данным построим вольтфарадную характеристику полупроводникового диода. Построим схему



Параметры частотного анализа:



Результат частотного анализа:



Нахождение зависимости резонансной частоты от постоянного напряжения источника V2:

Analyses and Simulation

Active Analysis:

Interactive Simulation

DC Operating Point

AC Sweep

Transient

DC Sweep

Single Frequency AC

Parameter Sweep

Noise

Monte Carlo

Fourier

Temperature Sweep

Distortion

Sensitivity

Worst Case

Noise Figure

Pole Zero

Transfer Function

Trace Width

Batched

User-Defined

Parameter Sweep

Analysis parameters

Output

Analysis options

Summary

Sweep parameters

Sweep parameter:

Device parameter

Device type: Vsource

Name: V2

Parameter: dc

Present value: 1 V

Description: DC value of source

Points to sweep

Sweep variation type: Linear

Start: 1 V

Stop: 10 V

Number of points: 5

Increment: 2.25 V

More Options

Analysis to sweep: AC Sweep

Edit analysis...

☒ Group all traces on one plot

Run

Save

Cancel

Help

Sweep of AC Analysis

Frequency parameters

Start frequency (FSTART): 1 kHz

Stop frequency (FSTOP): 500 kHz

Sweep type: Linear

Number of points: 5000

Vertical scale: Linear

Reset to default

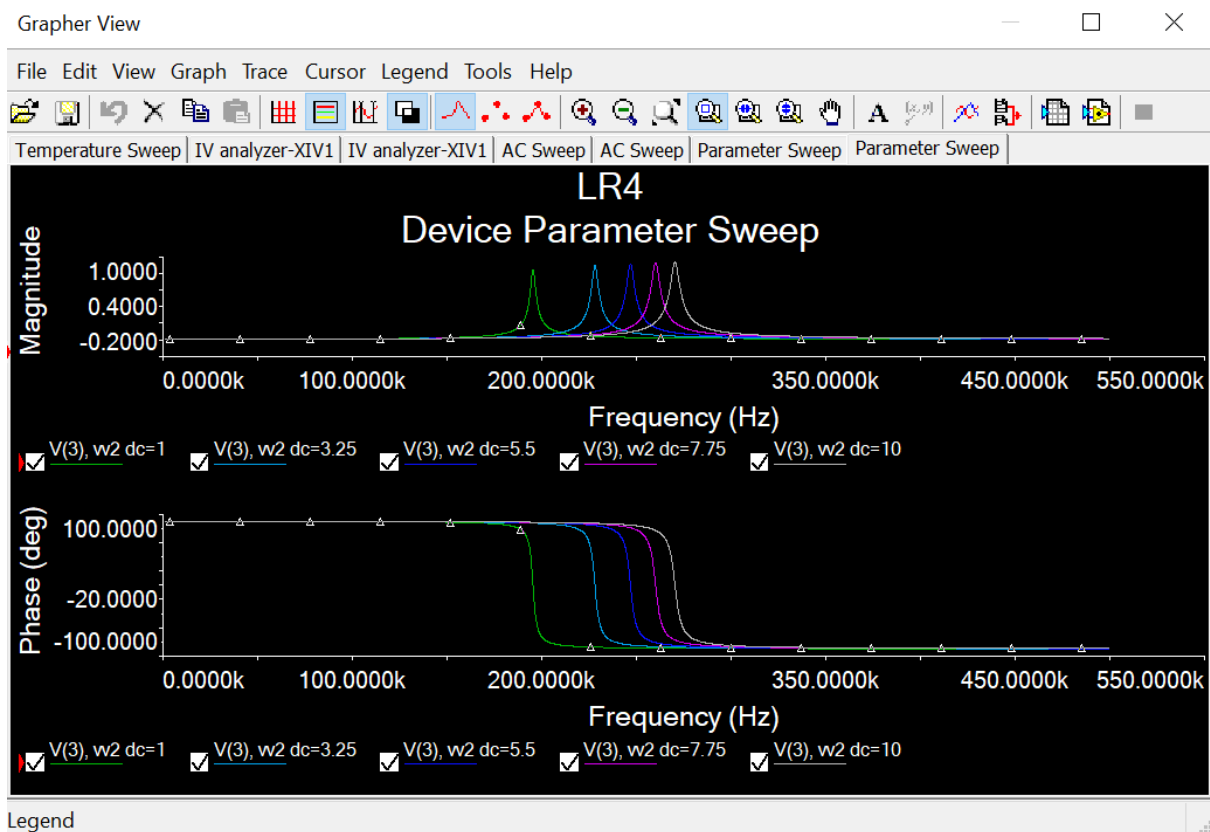
Reset to main AC values

OK

Cancel

Help

Результат частотного анализа:



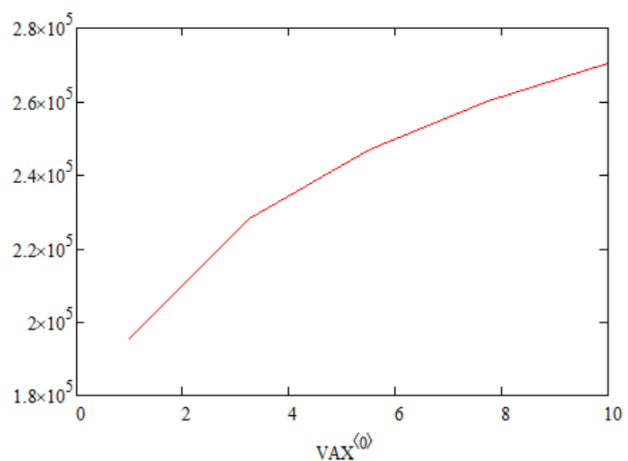
Загрузка пиковых значений в MathCad:

VAX := READPRN("C:\Users\1\Desktop\JIP_4_10\LR4.txt")

$$VAX = \begin{pmatrix} 1 & 1.953 \times 10^5 \\ 3.25 & 2.281 \times 10^5 \\ 5.5 & 2.469 \times 10^5 \\ 7.75 & 2.601 \times 10^5 \\ 10 & 2.704 \times 10^5 \end{pmatrix}$$

+

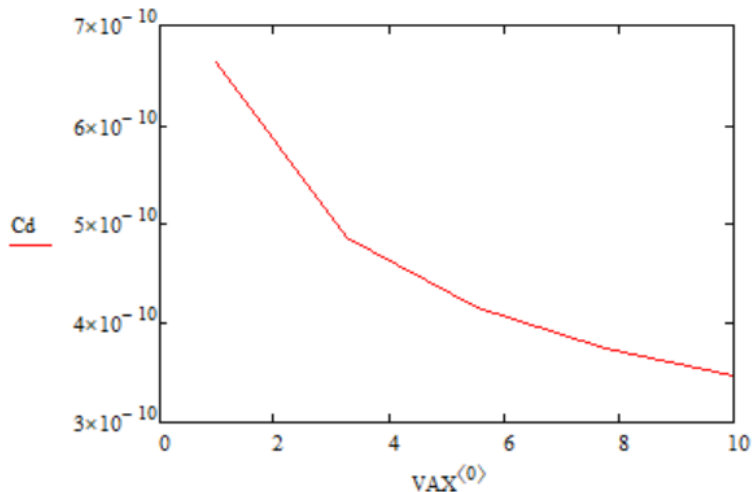
VAX⁽¹⁾



Поскольку резонансная частота определяется по формуле Томпсона, из этой формулы можно вычислить значение ёмкости диода для напряжения управления и построить вольтфарадную характеристику.

$$L_k := 10^{-3} \quad C_k := 10^{-10} \quad \text{Frez} := \text{VAX}^{(1)}$$

$$C_d := \left(\frac{1}{4 \text{Frez}^2 \pi^2 L_k} \right) = \begin{pmatrix} 6.638 \times 10^{-10} \\ 4.869 \times 10^{-10} \\ 4.157 \times 10^{-10} \\ 3.743 \times 10^{-10} \\ 3.464 \times 10^{-10} \end{pmatrix}$$



Расчёт параметров барьерной ёмкости можно провести с использованием возможностей MCAD – решение системы нелинейных уравнений с использованием вычислительного блока Given-Find

$$C_j := 10^{-12} \quad V_j := 0.6 \quad M := 0.39$$

Given

$$C_d = C_j \cdot \left[1 - \frac{(-VAX)^{(0)}}{V_j} \right]^{-M}$$

$$0 < V_j < 0.75$$

$$\frac{1}{3} < M < \frac{1}{2}$$

$$\text{Find}(C_j, V_j, M) = \begin{pmatrix} 1.115 \times 10^{-12} \\ 0.819 \\ 0.333 \end{pmatrix}$$

Сравним параметры барьерной ёмкости с данными в архиве диодов:

```
* Variant 10
.model D2d251b D(Is=504f Rs=4.988m Ikf=28.24 N=1 Xti=3 Eg=1.11 Cjo=838.3p
+ M=.4544 Vj=.75 Fc=.5 Isr=4.491u Nr=2 Bv=70.2 Ibv=.5173
+ Tt=24.58n)
```