



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 №2**  
**«ИССЛЕДОВАНИЕ ВФХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ**  
**ДИОДОВ НА МОДЕЛИ ЛАБОРАТОРНОГО**  
**СТЕНДА»**  
по курсу «Основы электроники»

Студент: Лысцев Никита Дмитриевич

Группа: ИУ7-33Б

Студент \_\_\_\_\_ Лысцев Н.Д.  
*подпись, дата*

Преподаватель \_\_\_\_\_ Оглоблин Д. И.  
*подпись, дата*

Оценка \_\_\_\_\_

2022 г

## Оглавление

1. Цель работы .....	3
2. Параметры диода.....	3
3. Получение резонансных характеристик в программе Micro-Cap .....	3
4. Расчет параметров диода в программе MathCAD.....	9

# 1. Цель работы

Цель работы - проведение экспериментальных исследований (натурных и модельных в программах схемотехнического анализа MathCad 15 и Micro-Cap 9) полупроводникового диода с целью получения исходных данных для расчёта параметров модели полупроводникового диода и внесение модели в базу данных программ схемотехнического анализа.

## 2. Параметры диода

В работе используется вариант диода №64. Параметры диода приводятся ниже в виде скриншота вкладки Text программы Microcap.

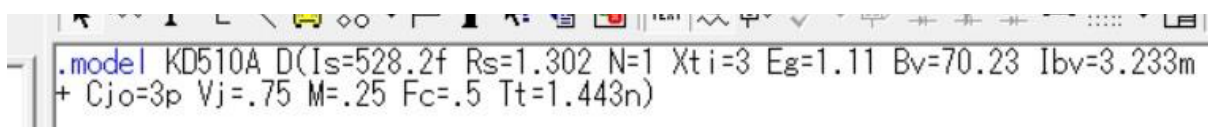


Рис 1. Параметры диода KD510A D

## 3. Получение резонансных характеристик в программе Micro-Cap

Для получения резонансной характеристики диода в программе Micro-Cap строим цепь с колебательным контуром и диодом, включенным в обратном направлении:

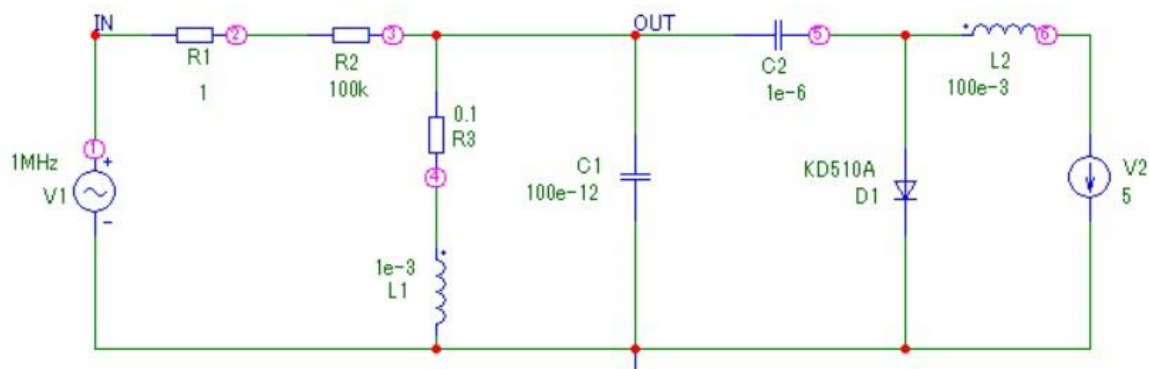


Рис 2. Цепь, используемая для получения резонансных характеристик диода

Во встроенном калькуляторе программы Micro-Cap предварительно оцениваем резонансную частоту колебательного контура, используя формулу Томпсона:

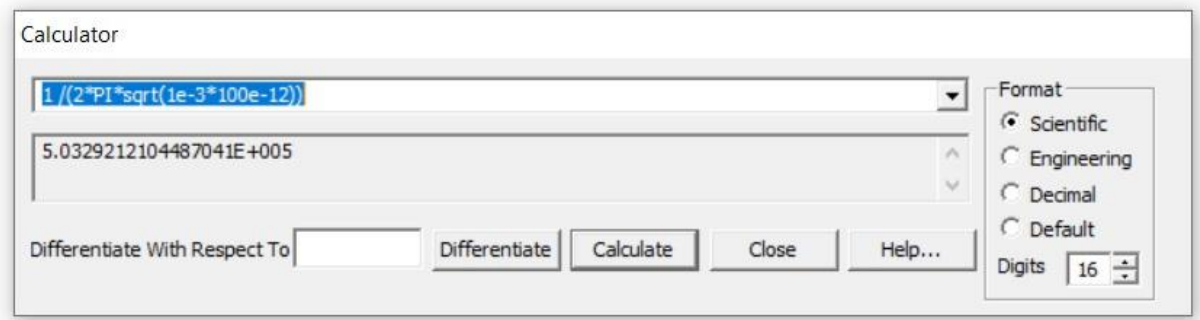


Рис 3. Предварительная оценка резонансной частоты колебательного контура

Для того, чтобы снять показания и построить график зависимости частоты колебаний контура от напряжения на источнике V2 в пункте AC Analysis, в появившемся окне устанавливаем границы и количество точек, также настраиваем шаг в соответствующем окне (см. рис. 4).

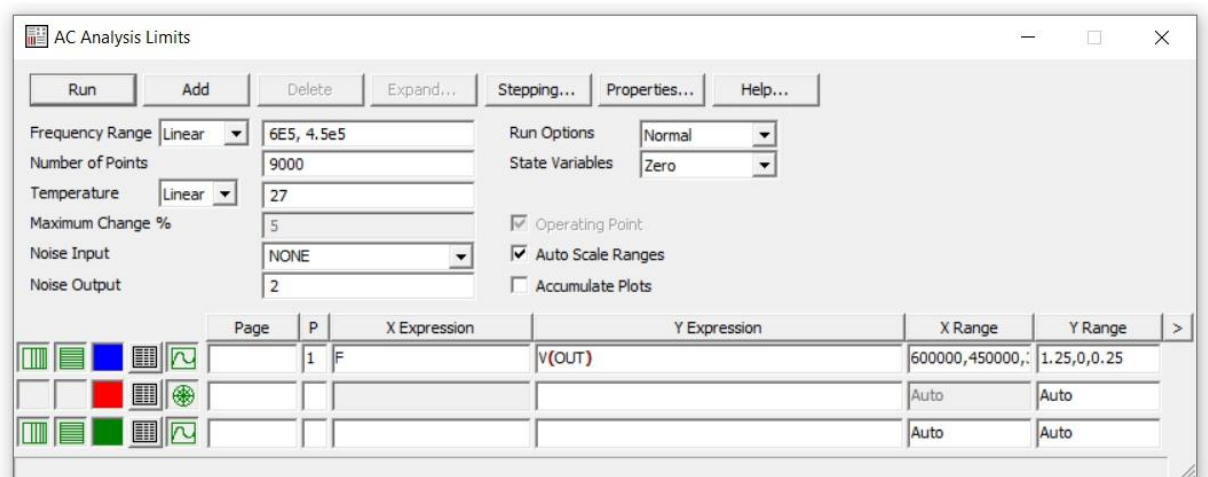


Рис 4. Окно AC Analysis

По результатам настройки получаем следующий график зависимости частоты колебательного контура от напряжения V2:

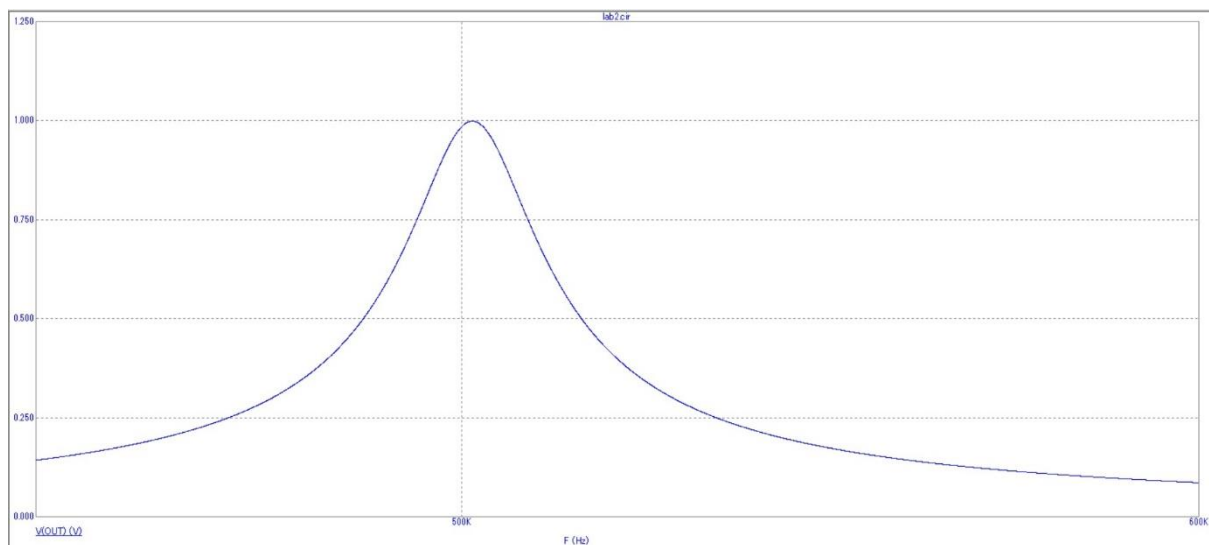


Рис 5. График резонансной частоты колебательного контура при напряжении  $V2 = 5\text{ В}$

Задавая значение напряжения источника управления V2, можно зафиксировать зависимость резонансной частоты от значения напряжения.

Однако, выгоднее включить многовариантный режим анализа, используя возможности режима Stepping.

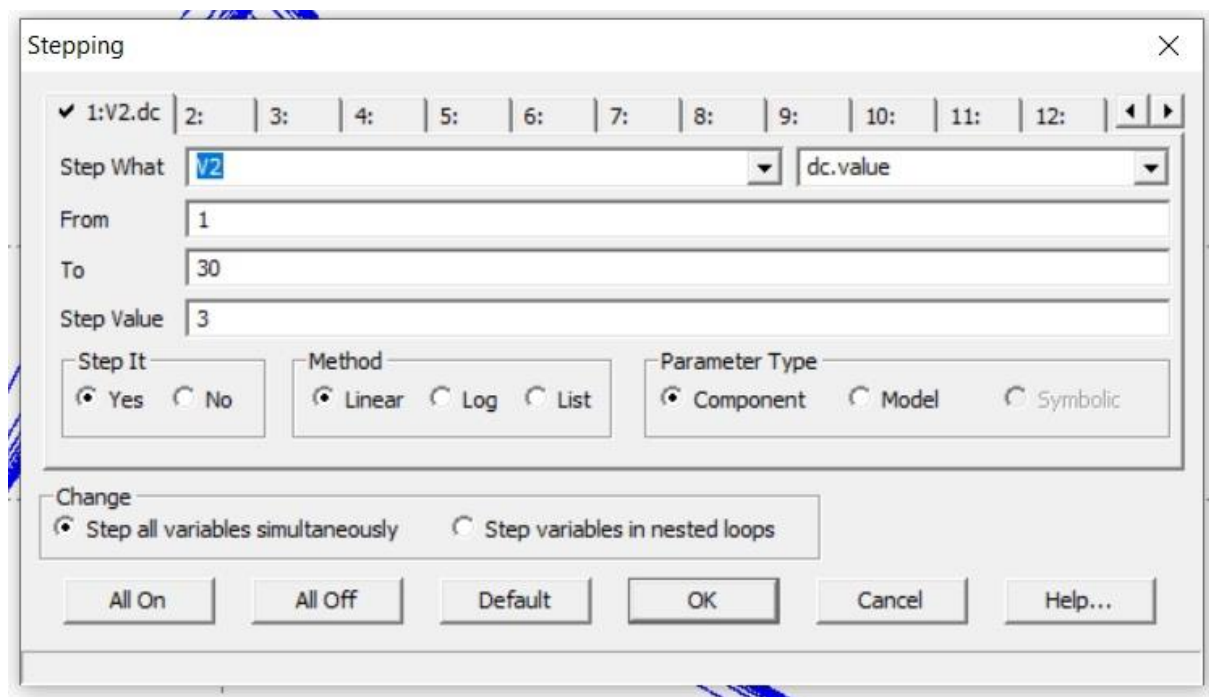


Рис 6. Окно настройки Stepping

В окне Stepping выставляются диапазоны для изменения значений напряжения.

По результатам настройки многовариантного анализа в пункте Stepping получаем следующие графики резонансных частот:

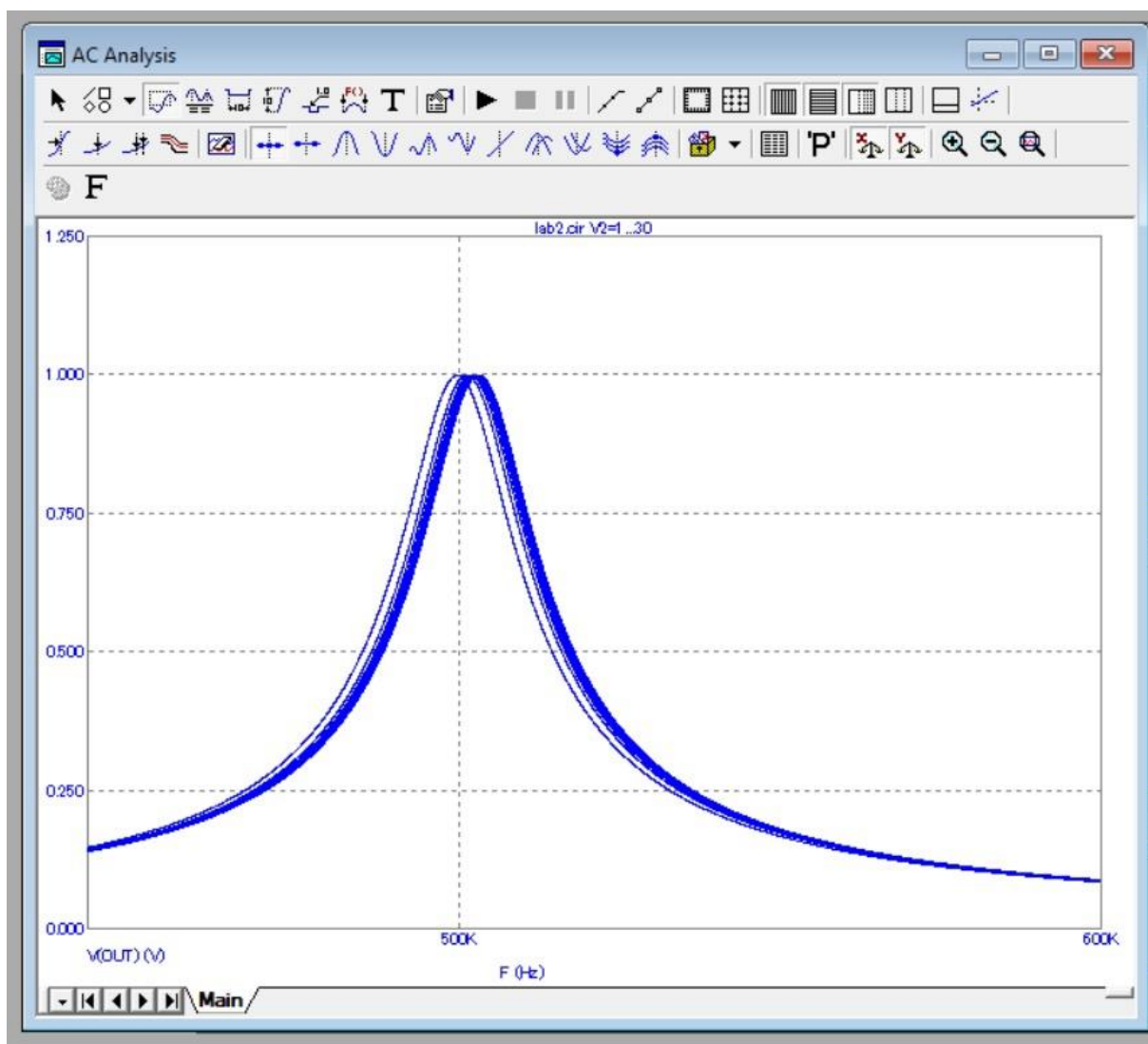


Рис 7. График резонансных частот при различном уровне напряжения V2

По графикам определяем резонансные частоты, эти значения будут использоваться при расчетах в программе MathCAD.

Для того, чтобы вручную нажимать курсором в область максимума графиков резонансных частот воспользуемся опциями, которые сделают это

за нас, т. е. в программе Micro-Cap получим файл с данными о напряжении  $V_2$  и резонансных частотах при этом напряжении:

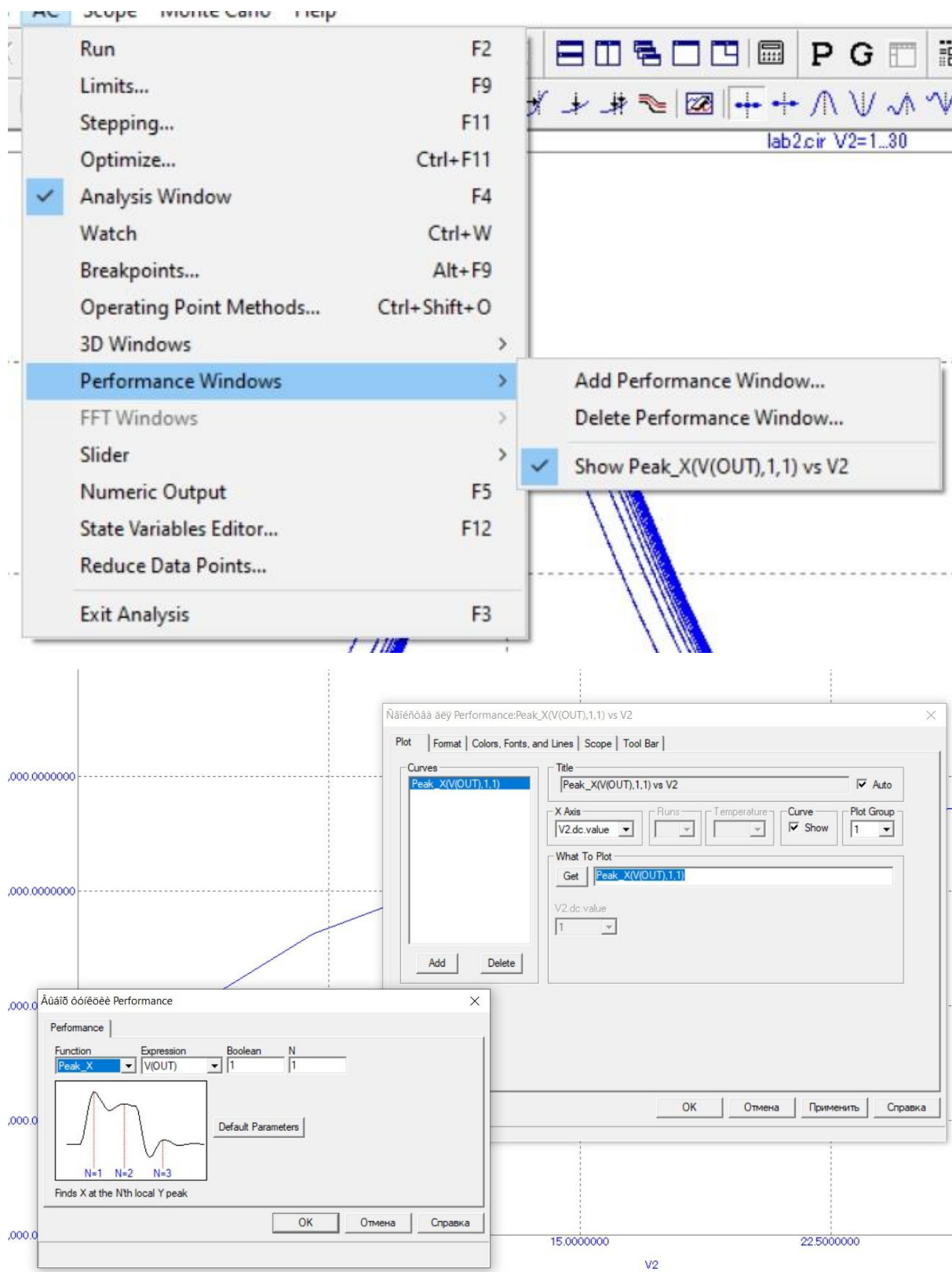


Рис 8. Опции для получения файла с данными о резонансных частотах

В результате настроек в программе Micro-Cap получим уже сам график зависимости резонансных частот от действующего напряжения V2:

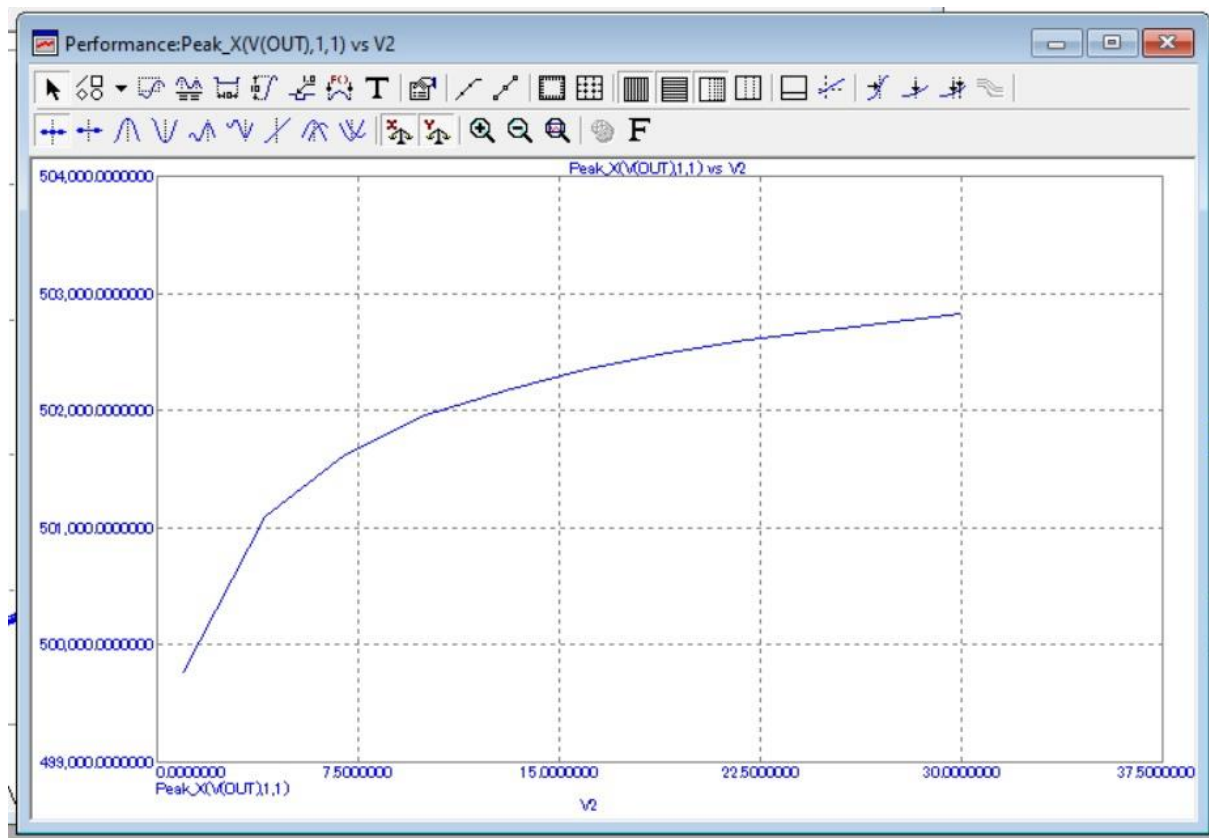


Рис 9. График зависимости резонансных частот от действующего напряжения

В результате настроек получим файл с данными – в первом столбце указывается действующее значение напряжения, во втором – соответствующая этому напряжению резонансная частота.

V2	Peak_X(V(OUT),1,1)
1.000000	499772.1989108
4.000000	501089.0098901
7.000000	501622.4024892
10.000000	501955.7729637
13.000000	502172.4636071
16.000000	502355.8173131
19.000000	502489.1854829
22.000000	502605.8450940
25.000000	502689.1876876
28.000000	502772.5302812
30.000000	502822.5358374



Рис 10. Файл с данными о резонансных частотах и напряжениях

Значения напряжения должны быть со знаком «-», поэтому вручную добавим этот знак и сохраним файл.

Это файл передадим в программу MathCAD для построения ВФХ и определения параметров диода.

## 4. Расчет параметров диода в программе MathCAD

Ранее созданный файл открываем в программе MathCAD и строим график зависимости резонансных частот от действующего напряжения:

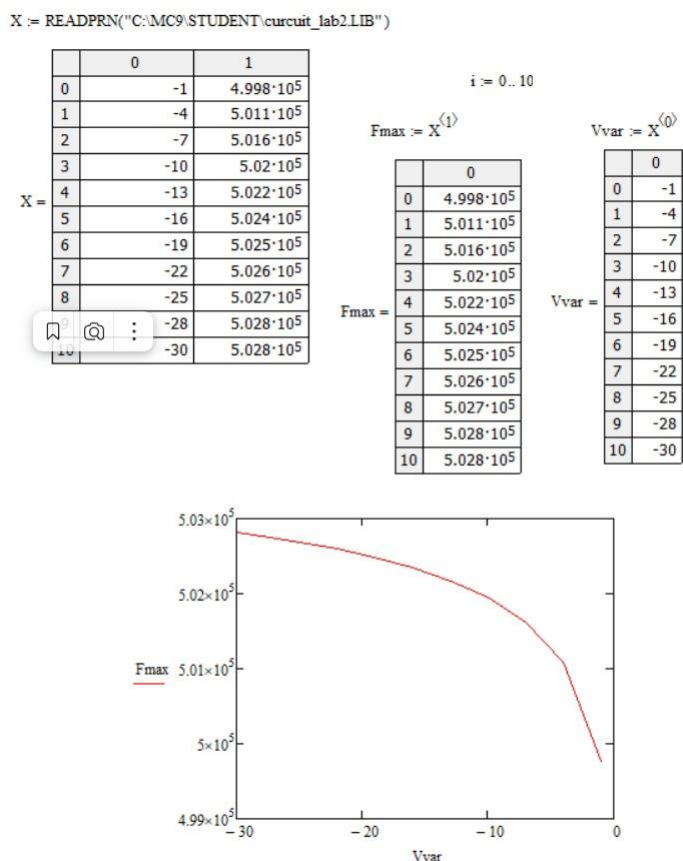


Рис 11. График зависимости резонансных частот от действующего напряжения

Определяем барьерную емкость диода строим график зависимости барьерной емкости диода от действующего напряжения:

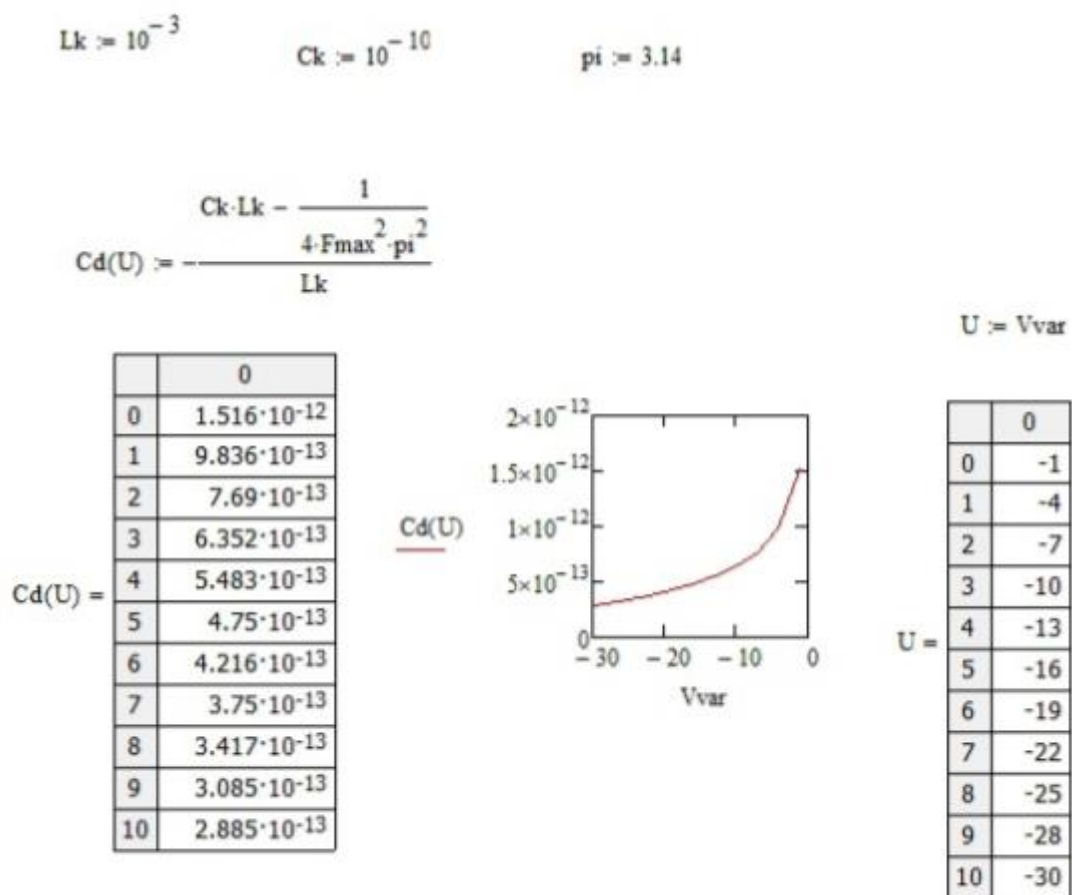


Рис 12. Барьерная емкость диода

С помощью Minerr() определяем параметры диода – емкость перехода  $CJ0$ , падение напряжения  $VJ0$  и коэффициент плавности перехода  $M$ . Для этого задаем начальные приближения всех трех неизвестных, близких к реальным.

$$M := 0.25$$

$$V_{j0} := 0.75$$

$$C_{j0} := 10^{-12}$$

Given

$$(1.516 \times 10^{-12}) = C_{j0} \left(1 - \frac{-1}{V_{j0}}\right)^{-M}$$

$$(7.69 \times 10^{-13}) = C_{j0} \left(1 - \frac{-7}{V_{j0}}\right)^{-M}$$

$$(5.483 \times 10^{-13}) = C_{j0} \left(1 - \frac{-13}{V_{j0}}\right)^{-M}$$

$$(4.216 \times 10^{-13}) = C_{j0} \left(1 - \frac{-19}{V_{j0}}\right)^{-M}$$

$$M := C_{j0} \left(1 - \frac{-19}{V_{j0}}\right)^{-M}$$

Рис. 8. Определение параметров  $C_{j0}$ ,  $V_{j0}$ ,  $M$  диода

Значение емкости получилось меньше, чем значение в библиотеке, значение падения напряжения – более чем в три раза больше, значение коэффициента плавности – так же в три раза больше, чем значение из библиотеки.