



**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 ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ (ИУ7)

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 09.03.04 Программная инженерия

ОТЧЕТ

По лабораторной работе № 2

«Исследование ВФХ полупроводниковых диодов»

Дисциплина: Основы электроники

Студент

ИУ7-35Б

А. В. Толмачев

(Группа)

(И.О. Фамилия)

Преподаватель

Оглоблин Дмитрий Игоревич

Москва, 2022

Цель лабораторной работы:

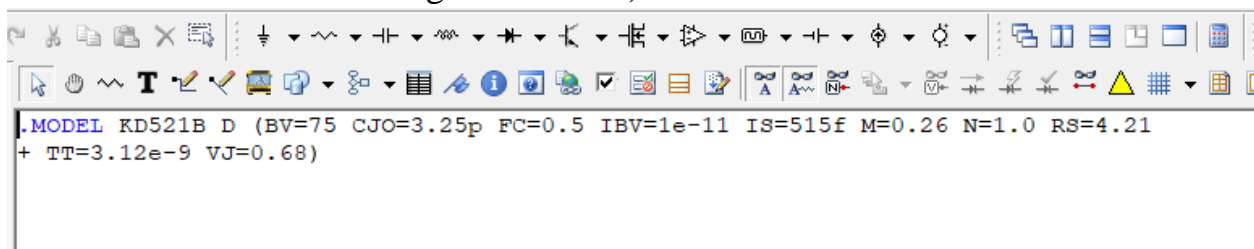
Для заданного варианта типа диода провести экспериментальное исследование поведения диода как управляемой электрической ёмкости и по результатам исследования получить параметры барьерной ёмкости диода.

Эксперимент по исследованию ВФХ полупроводниковых диодов на модели лабораторного стенда в программе MicroCap

1. Параметры диода, используемого в работе

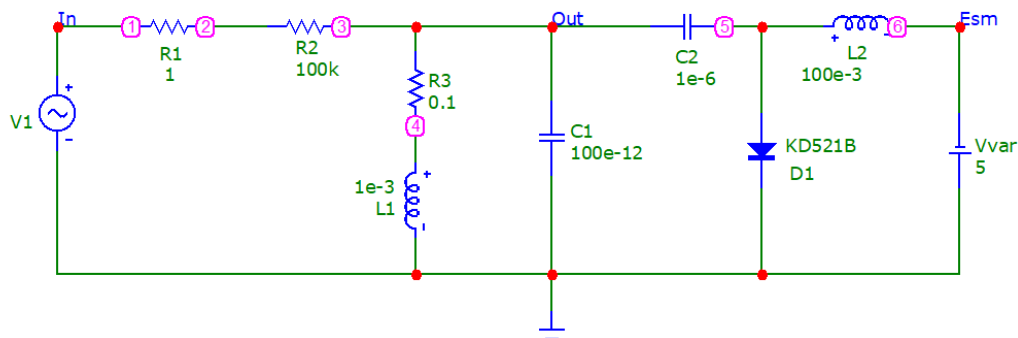
Модель диода: KD521B

Параметры диода: ($I_s=515f$ $N=1.0$ $R_s=4.21$ $C_{jo}=3.25p$ $T_t=3.12e-9$ $M=0.26$ $V_j=0.68$ $F_c=0.5$ $V_v=75$ $I_{bv}=1e-11$ $E_g=1.11$ $X_{ti}=3$)

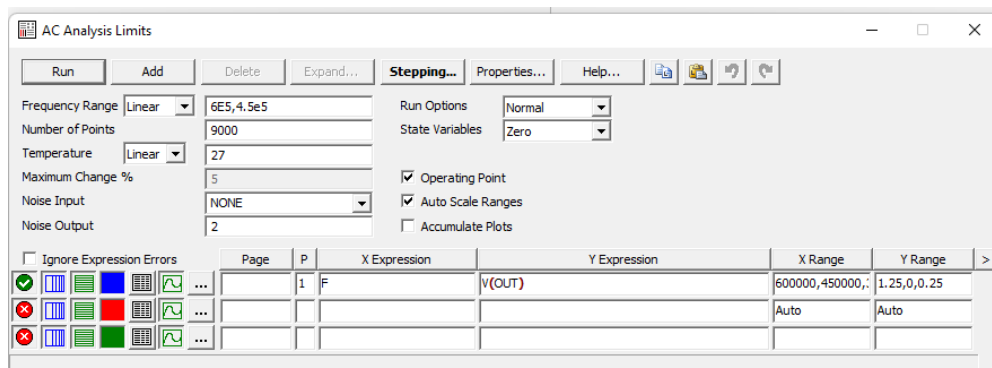


2. Получение резонансных характеристик

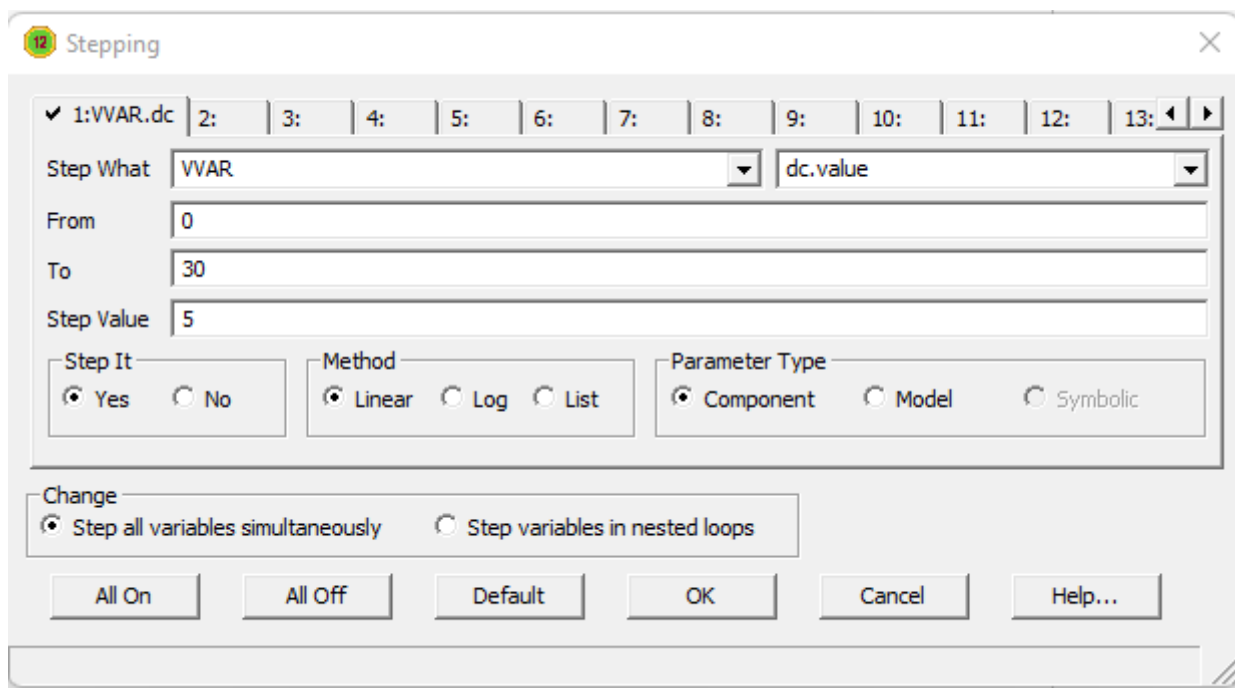
Для получения была построена следующая цепь



3. Анализ по переменному току (AC)



Настройка шага:

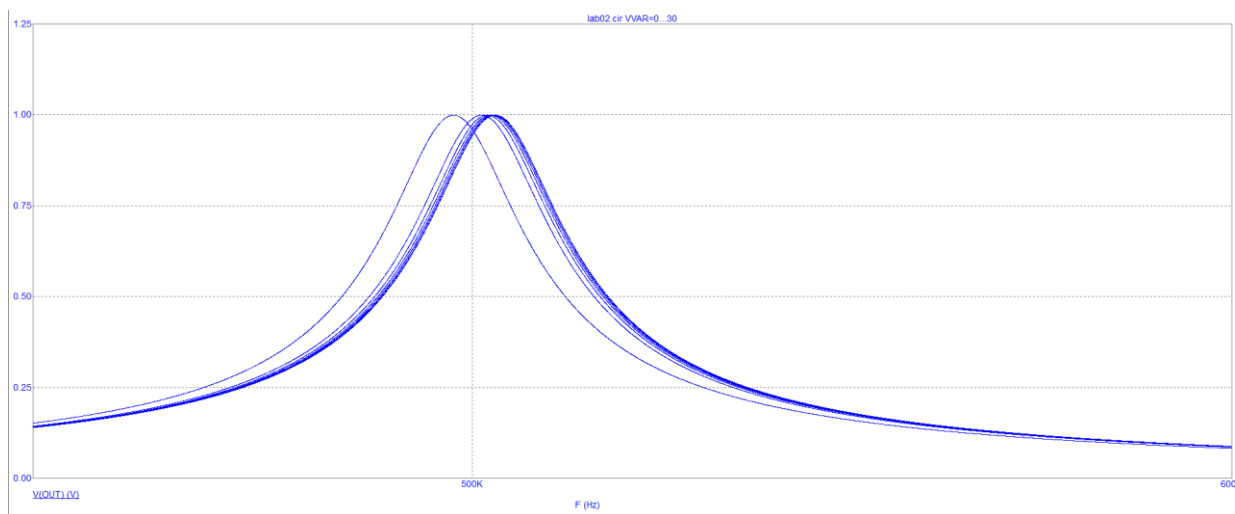


The Stepping dialog box is shown with the following settings:

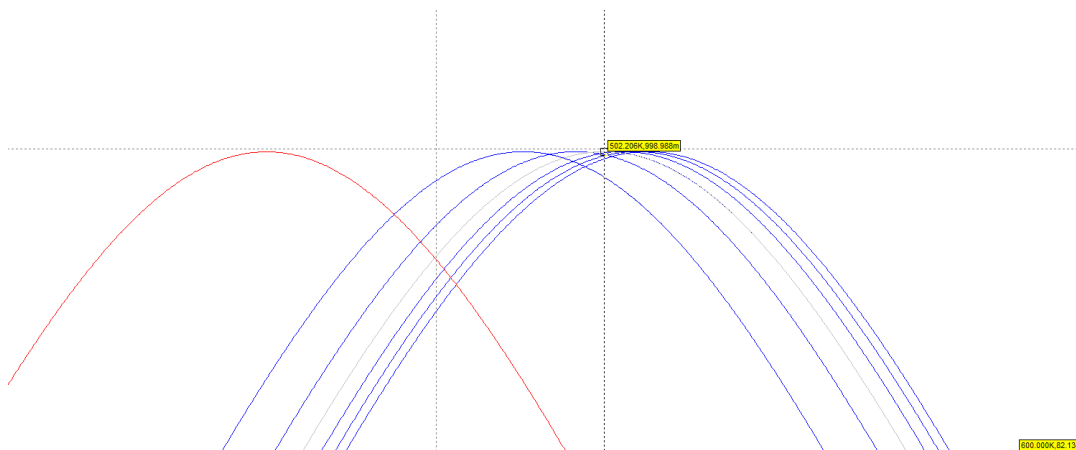
- Step What: VVAR
- From: 0
- To: 30
- Step Value: 5
- Step It: ☒ Yes ☐ No
- Method: ☒ Linear ☐ Log ☐ List
- Parameter Type: ☒ Component ☐ Model ☐ Symbolic
- Change: ☒ Step all variables simultaneously ☐ Step variables in nested loops

Buttons at the bottom: All On, All Off, Default, OK, Cancel, Help...

4. В результате были построены следующие резонансные кривые:



5. Определение резонансной частоты по графикам

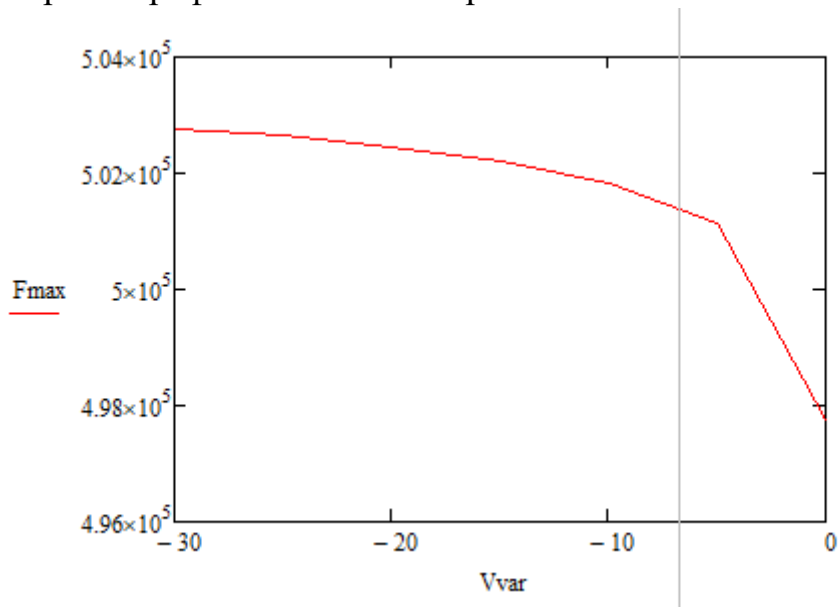


Расчет параметров диода в Mathcad

1. Переносим снятые данные в MathCad

$$F_{\max} := \begin{pmatrix} 497772 \\ 501139 \\ 501839 \\ 502206 \\ 502456 \\ 502639 \\ 502773 \end{pmatrix} \quad V_{\text{var}} := \begin{pmatrix} 0 \\ -5 \\ -10 \\ -15 \\ -20 \\ -25 \\ -30 \end{pmatrix}$$

2. Построим график зависимости резонансной частоты от напряжения



3. Определим барьерную емкость диода и построим график зависимости емкости от напряжения

$$Fr := F_{max}$$

$$\pi := 3.14$$

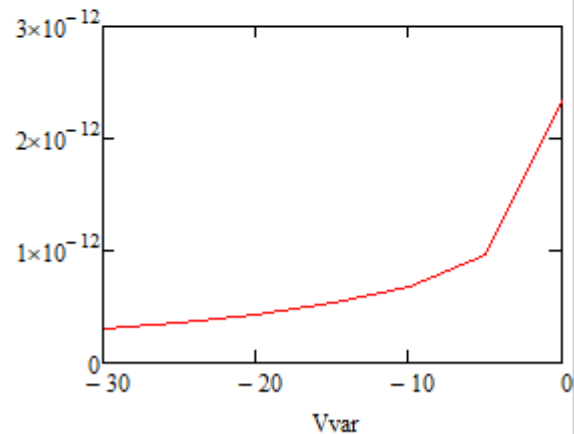
$$Ck := 10^{-10}$$

$$Lk := 10^{-3}$$

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

$$Cd = \begin{pmatrix} 2.334 \times 10^{-12} \\ 9.635 \times 10^{-13} \\ 6.82 \times 10^{-13} \\ 5.349 \times 10^{-13} \\ 4.349 \times 10^{-13} \\ 3.618 \times 10^{-13} \\ 3.083 \times 10^{-13} \end{pmatrix}$$

Cd



4. Определим параметры диода, решив систему уравнений с помощью minerr

$$M := 0.2 \quad VJ0 := 0.6 \quad CJO := (10^{-12} \times 3)$$

Given

$$2.334 \times 10^{-12} = CJO \cdot \left(1 - \frac{0}{VJ0}\right)^{-M}$$

$$9.635 \times 10^{-13} = CJO \cdot \left(1 - \frac{-5}{VJ0}\right)^{-M}$$

$$6.82 \times 10^{-13} = CJO \cdot \left(1 - \frac{-10}{VJ0}\right)^{-M}$$

$$5.349 \times 10^{-13} = CJO \cdot \left(1 - \frac{-15}{VJ0}\right)^{-M}$$

$$\text{Minerr}(CJO, VJ0, M) = \begin{pmatrix} 2.334 \times 10^{-12} \\ 1.661 \\ 0.636 \end{pmatrix}$$

5. Сравним с библиотечными значениями:

$Cj0 = 3.25 \cdot 10^{-12}$, в результате вычислений же было получено $Cj0 = 2.334 \cdot 10^{-12}$ – ошибка составила 28%.

$Vj0 = 0.68$, в результате вычислений же было получено $Vj0 = 1.661$ – ошибка составила 144%.

$M = 0.26$, в результате вычислений же было получено $M = 0.636$ – ошибка составила 143%.