

**МГТУ им. Н.Э. Баумана**

**Лабораторный практикум №2**

**По дисциплине: Основы Электроники**

**по теме: «Расчет параметров барьерной емкости диода»**

Работу выполнила:

студентку группы ИУ7-35

Оберган Татьяна

Работу проверил:

Москва, 2018

Цель работы:

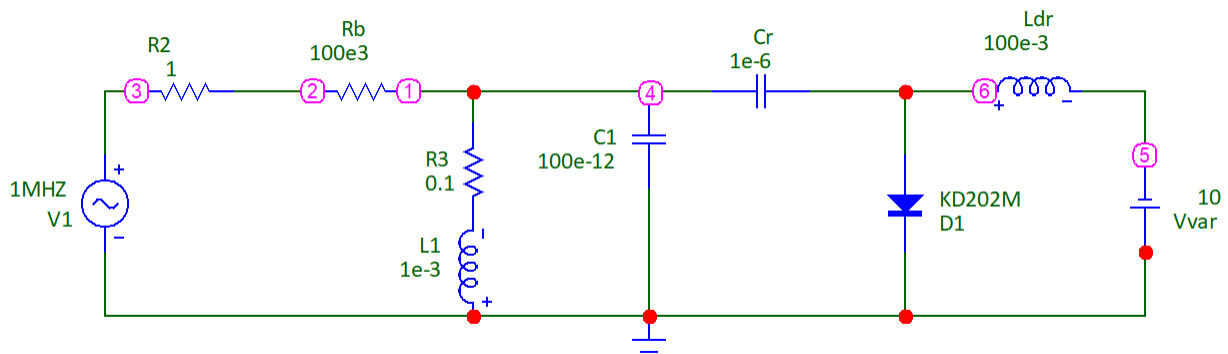
Приобрести навыки работы с программами MicroCap и Mathcad для изучения характеристик диодов. Исследование ВФХ полупроводниковых диодов на модели лабораторного стенда.

Вариант  $18 + 15 = 33$  KD202M

Добавим необходимую модель диода:

```
.model KD202M D(Is=4.012n Rs=4.7e-2 N=1.56 Xti=3 Eg=1.11 Bv=500 Ibv=1e-10  
+ | Cjo=82p Vj=.75 M=.38 Fc=.5 Tt=3.12e-7)
```

Проведем моделирование лабораторного стенда:



Настроим вывод графика для АС:

AC Analysis Limits

Run Add Delete Expand... Stepping... Properties... Help...

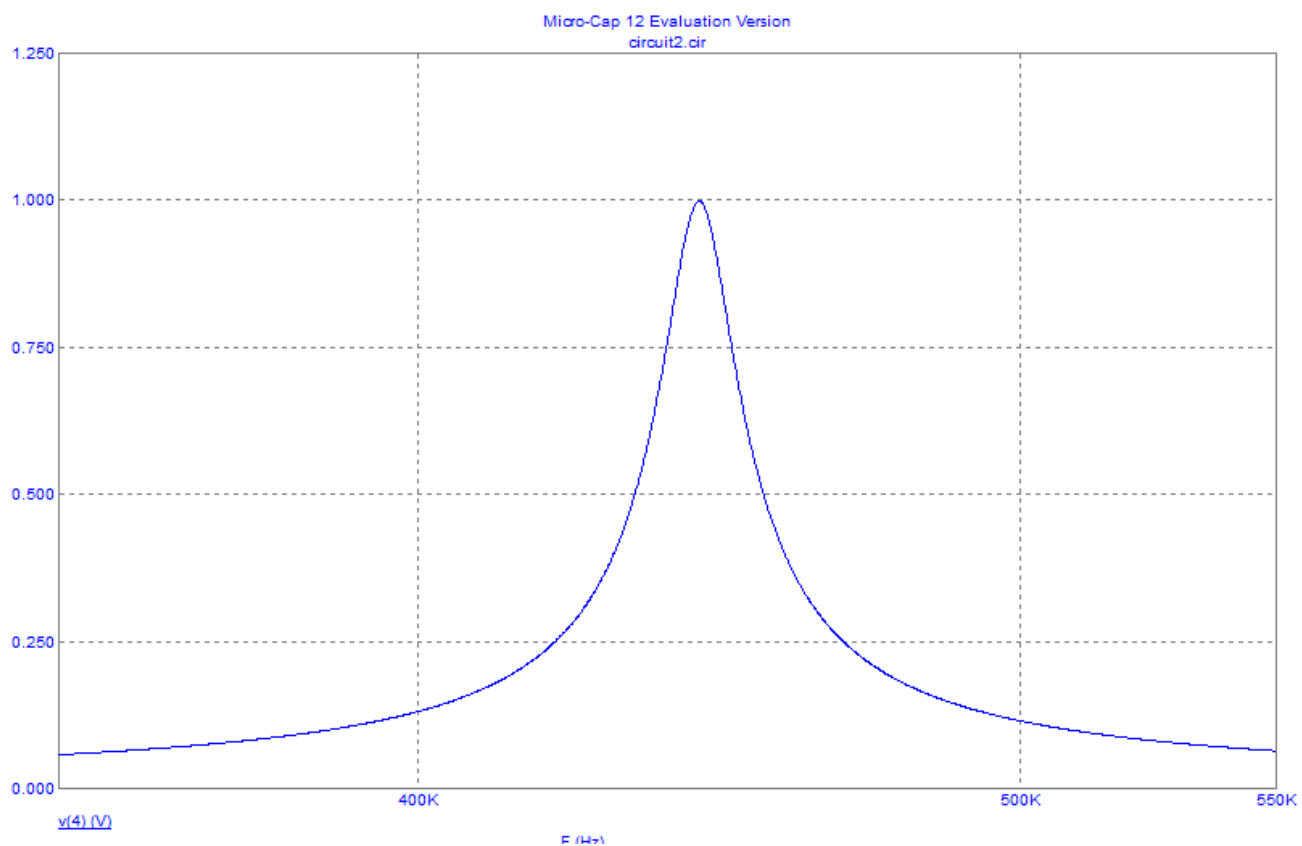
Frequency Range: Linear 6E5, 3.5e5 Run Options: Normal  
 Number of Points: 1000 State Variables: Zero  
 Temperature: Linear 27  
 Maximum Change %: 5  
 Noise Input: NONE  
 Noise Output: 2

☒ Operating Point  
☐ Auto Scale Ranges  
☐ Accumulate Plots

☐ Ignore Expression Errors

	Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
<input checked="" type="checkbox"/>		1	F	v(4)	600000, 350000, ;	1.25, 0, 0.25
<input checked="" type="checkbox"/>			F	ph(v(1))	Auto	Auto
<input checked="" type="checkbox"/>					Auto	Auto

Результат:



Далее настроим Stepping:

12 Stepping

1: VVAR.dc 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: 9: 10: 11: 12: 13: ◀ ▶

Step What: VVAR dc.value

From: 1

To: 30

Step Value: 3

Step It: ☒ Yes ☐ No

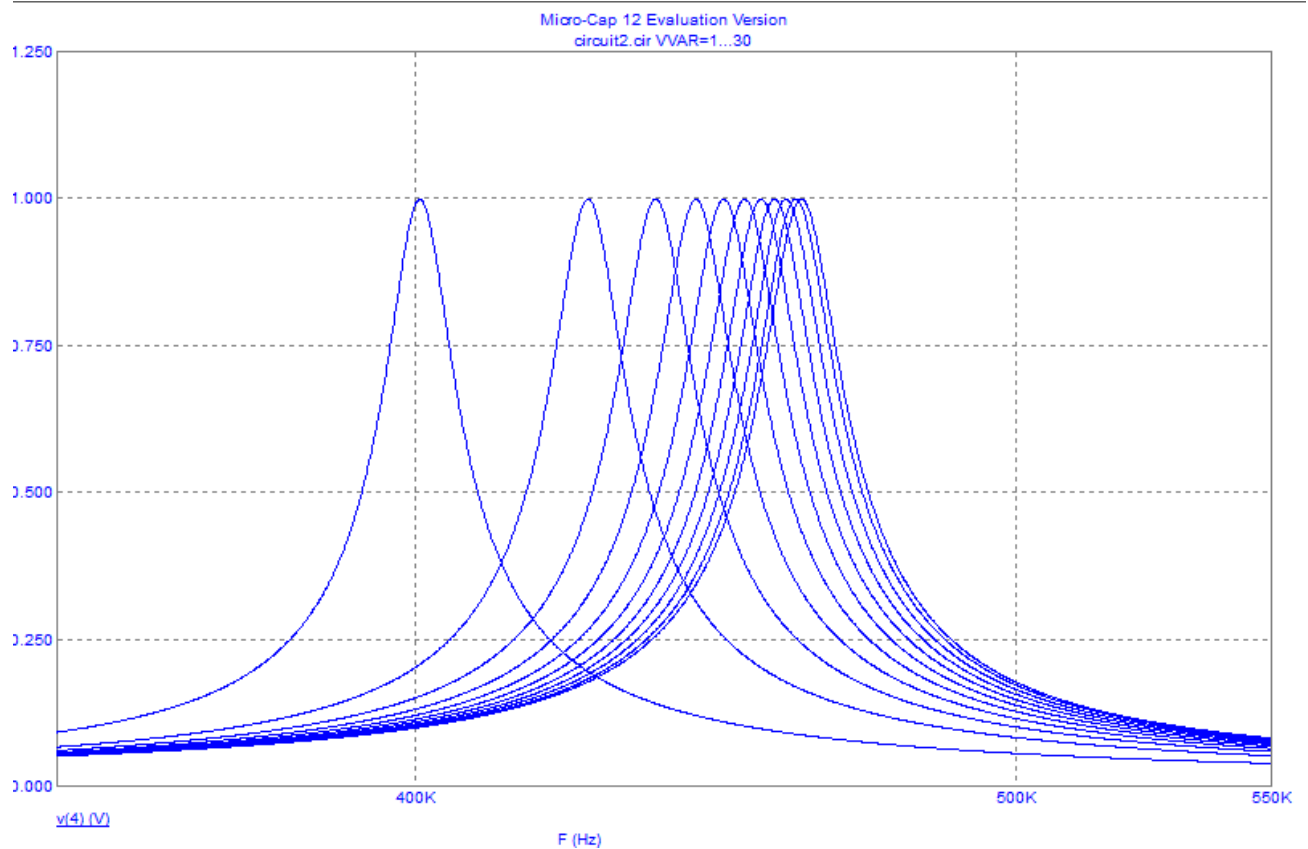
Method: ☒ Linear ☐ Log ☐ List

Parameter Type: ☒ Component ☐ Model ☐ Symbolic

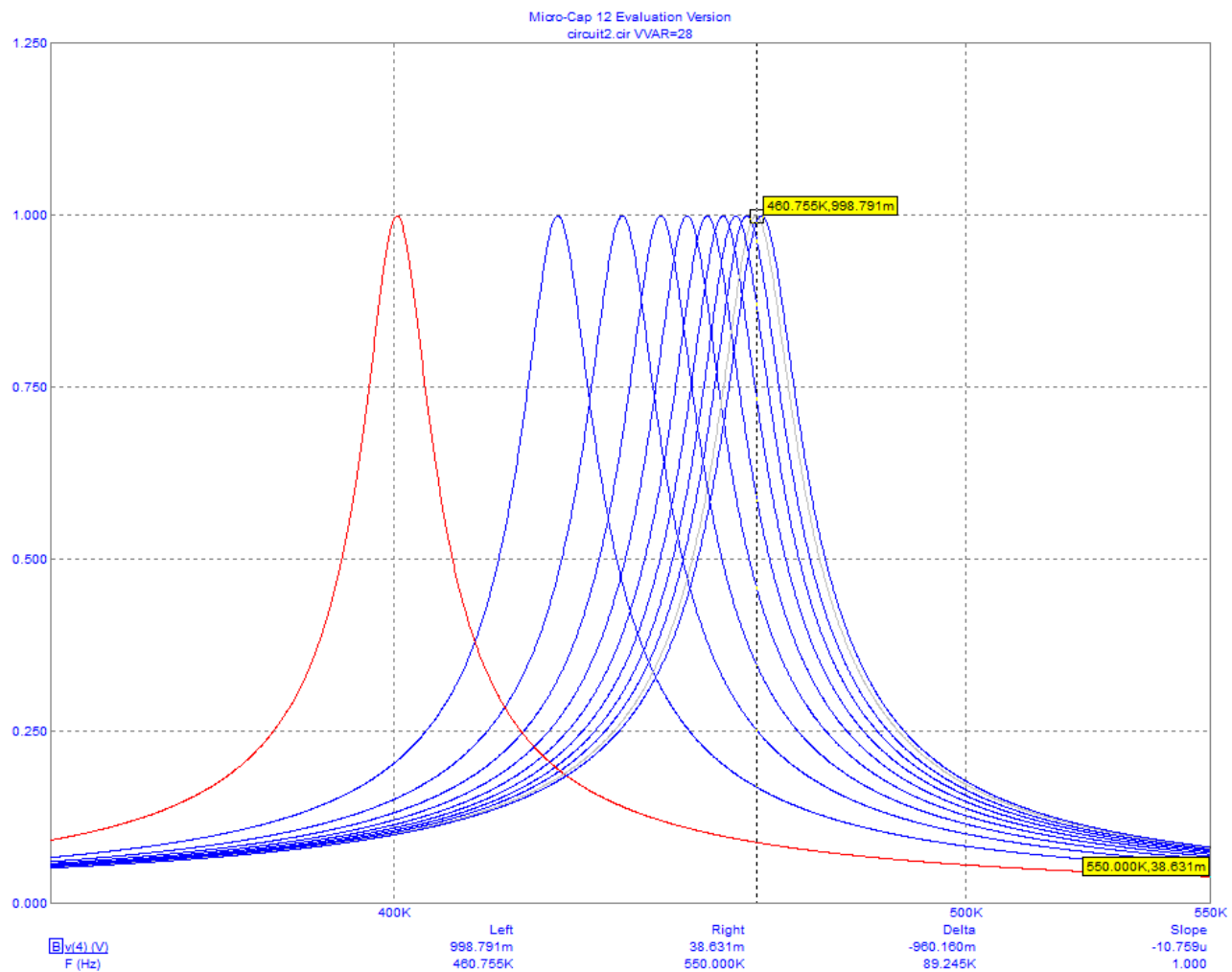
Change: ☒ Step all variables simultaneously ☐ Step variables in nested loops

All On All Off Default OK Cancel Help...

Результат:

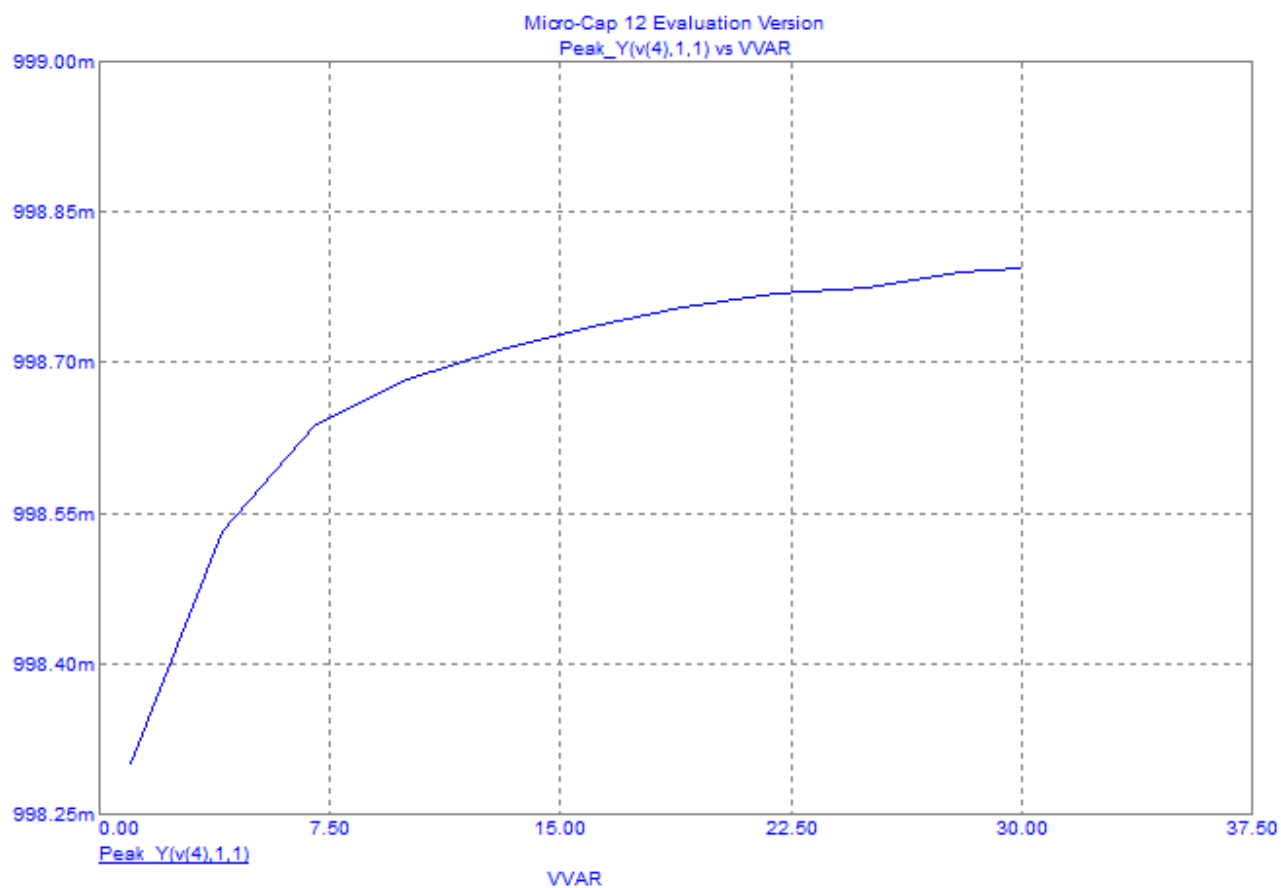


Посмотреть пики:



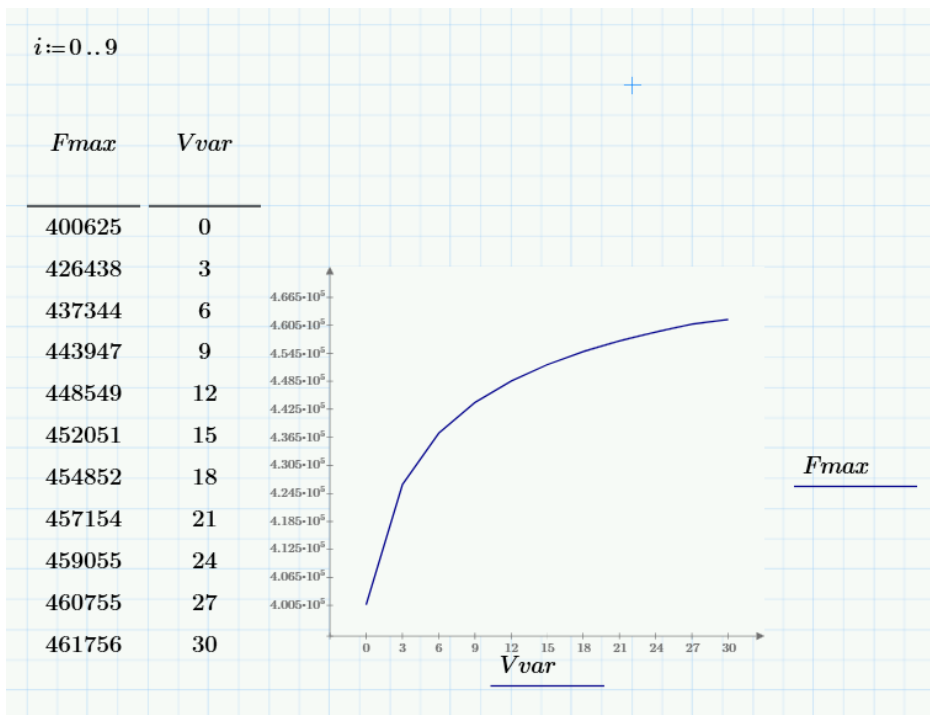
Существует возможность автоматически занести пики в файл для считывания, однако в неполной версии определение пиков по X недоступно (только по Y). Мне пришлось вручную переписывать значения.

Значения пиков по Y:

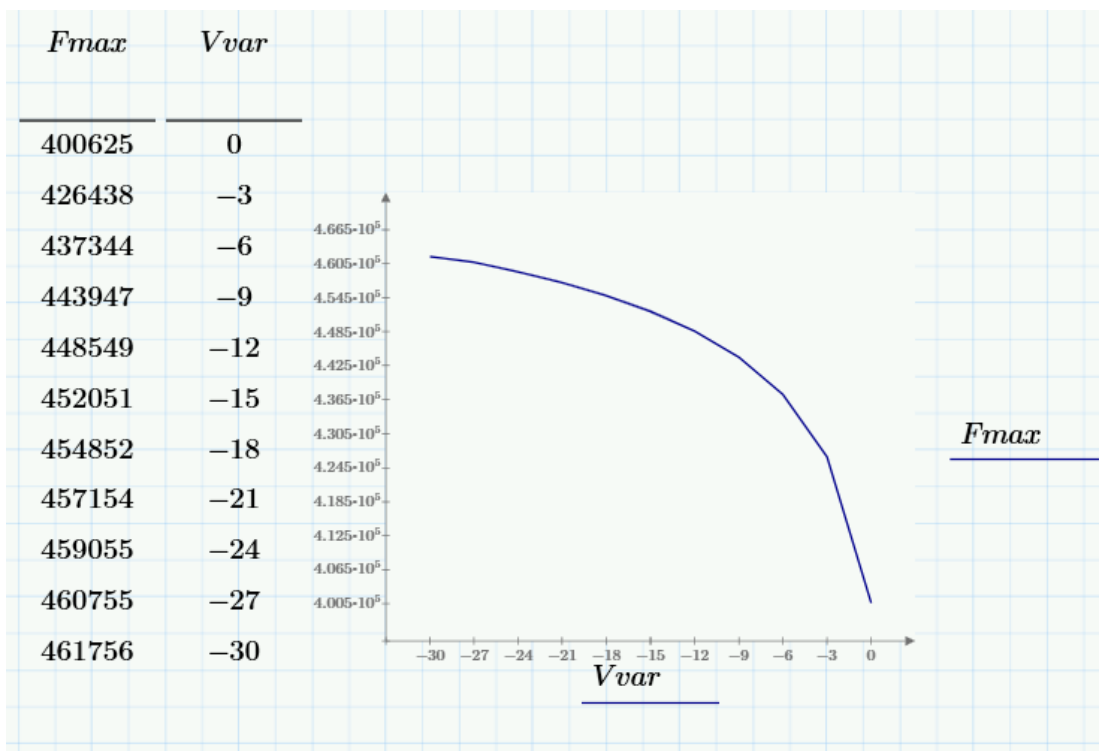


Внесем полученные значения в MathCad и построим график:

Сначала я ввела положительные значения  $V_{var}$ , но в дальнейшей формуле получились странные значения (комплексные числа), а также нельзя было сравнить графики из-за их ориентировки в другую сторону.



Поэтому я изменила значения  $V_{var}$  (как в методичке):

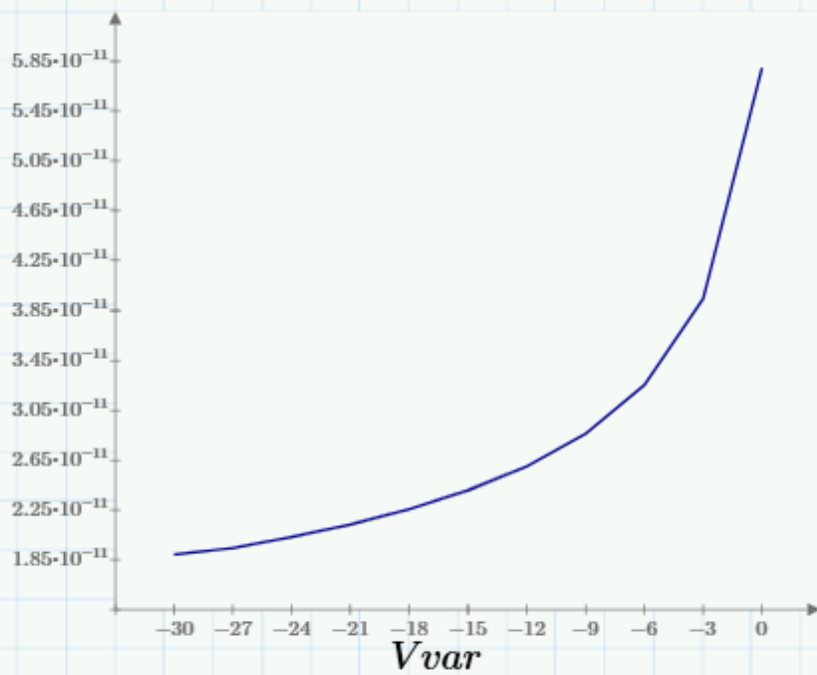


Используя формулу Томпсона и строю вольтфарадную характеристику.

$$Fr = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{(Ck + Cd) \cdot Lk}}$$

$$Lk := 10^{-3} \quad Ck := 10^{-10} \quad \pi := 3.14 \quad Fr := Fmax$$

$$Cde := -\frac{Ck \cdot Lk - \frac{1}{4 \cdot Fr^2 \cdot \pi^2}}{Lk}$$





Используя заданные характеристики диода(скрин с характеристиками в начале):

Посчитаем ожидаемое Cdr

$$M := 0.38 \quad VJ0 := 0.75 \quad CJO := 82 \cdot 10^{-12} \quad Cdr := CJO \cdot \left(1 - \frac{Vvar}{VJ0}\right)^{-M}$$

А также найдем их значения используя точки графика

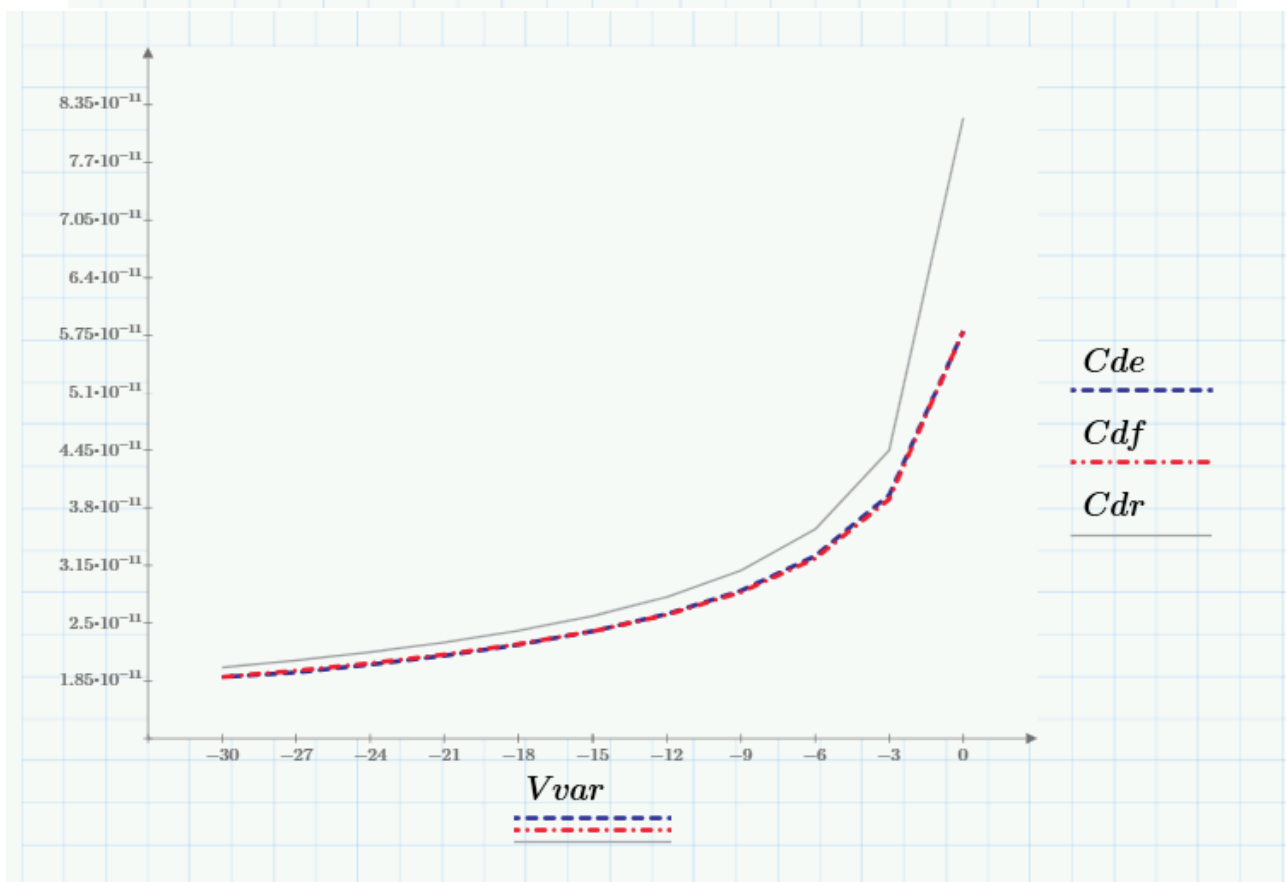
Ограничения	$M := 0.38 \quad VJ0 := 0.75 \quad CJO := 82 \cdot 10^{-12}$	
	$\langle 5.798 \cdot 10^{-11} \rangle = CJO \cdot \left(1 - \frac{0}{VJ0}\right)^{-M}$	$Cde = \begin{bmatrix} 5.798 \cdot 10^{-11} \\ 3.943 \cdot 10^{-11} \\ 3.257 \cdot 10^{-11} \\ 2.865 \cdot 10^{-11} \\ 2.603 \cdot 10^{-11} \\ 2.408 \cdot 10^{-11} \\ 2.256 \cdot 10^{-11} \\ 2.133 \cdot 10^{-11} \\ 2.032 \cdot 10^{-11} \\ 1.944 \cdot 10^{-11} \\ 1.892 \cdot 10^{-11} \end{bmatrix}$
	$\langle 2.408 \cdot 10^{-11} \rangle = CJO \cdot \left(1 - \frac{-15}{VJ0}\right)^{-M}$	
	$\langle 1.892 \cdot 10^{-11} \rangle = CJO \cdot \left(1 - \frac{-30}{VJ0}\right)^{-M}$	
$res := \text{find}(CJO, VJ0, M) = \begin{bmatrix} 5.798 \cdot 10^{-11} \\ 1.587 \\ 0.374 \end{bmatrix}$		
Решатель		

$$Cdf := res_0 \cdot \left(1 - \frac{Vvar}{res_1}\right)^{-res_2}$$

Далее сравним полученные значения:

$Cde$  и  $Cdf$  практически совпадают, что видно на графике

$Cde =$	$Cdf =$	$Cdr =$
$\begin{bmatrix} 5.798 \cdot 10^{-11} \\ 3.943 \cdot 10^{-11} \\ 3.257 \cdot 10^{-11} \\ 2.865 \cdot 10^{-11} \\ 2.603 \cdot 10^{-11} \\ 2.408 \cdot 10^{-11} \\ 2.256 \cdot 10^{-11} \\ 2.133 \cdot 10^{-11} \\ 2.032 \cdot 10^{-11} \\ 1.944 \cdot 10^{-11} \\ 1.892 \cdot 10^{-11} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 5.798 \cdot 10^{-11} \\ 3.896 \cdot 10^{-11} \\ 3.227 \cdot 10^{-11} \\ 2.849 \cdot 10^{-11} \\ 2.595 \cdot 10^{-11} \\ 2.408 \cdot 10^{-11} \\ 2.263 \cdot 10^{-11} \\ 2.145 \cdot 10^{-11} \\ 2.047 \cdot 10^{-11} \\ 1.964 \cdot 10^{-11} \\ 1.892 \cdot 10^{-11} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 8.2 \cdot 10^{-11} \\ 4.448 \cdot 10^{-11} \\ 3.558 \cdot 10^{-11} \\ 3.094 \cdot 10^{-11} \\ 2.794 \cdot 10^{-11} \\ 2.579 \cdot 10^{-11} \\ 2.413 \cdot 10^{-11} \\ 2.281 \cdot 10^{-11} \\ 2.172 \cdot 10^{-11} \\ 2.079 \cdot 10^{-11} \\ 2 \cdot 10^{-11} \end{bmatrix}$



Вывод: я исследовала ВФХ полупроводникового диода на модели лабораторного стенда