

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»

Кафедра «Радиоэлектронные системы и устройства»

Домашнее задание №1

по дисциплине

«Электроника»

Выполнили студенты группы РЛ-41

Филимонов С.В.

Мухин Г. А.

Сиятелев А.Ю.

Фамилия И.О.

Проверил проф. Крайний В.И.

Оценка в баллах _____

Москва, 2022

СОКРАЩЕНИЯ ТЕРМИНОВ И АББРЕВИАТУР

ВАХ - Вольт амперная характеристика

МС - Micro-CAP12

Оглавление

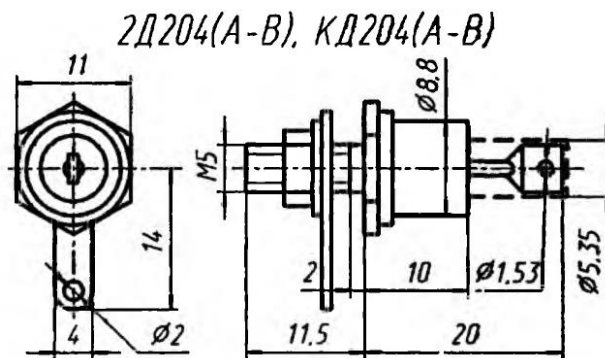
СОКРАЩЕНИЯ ТЕРМИНОВ И АББРЕВИАТУР.....	
ДИОД.....	
1. ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ВАХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ.....	
2. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ.....	
3.	
4.	

ДИОД

KD204B

2Д204А, 2Д204Б, 2Д204В, КД204А, КД204Б, КД204В

Диоды кремниевые, диффузионные. Предназначены для преобразования переменного напряжения частотой до 50 кГц. Выпускаются в металлостеклянном корпусе с жесткими выводами. Тип диода и схема соединения электродов с выводами приводятся на корпусе. Масса диода не более 6 г, с комплектующими деталями не более 7,5 г.



Электрические параметры

Постоянное прямое напряжение

при $I_{пр} = 0,6 \text{ А}$, не более:

$T = +25 \text{ }^{\circ}\text{C}$	1,4 В
$T = -60 \text{ }^{\circ}\text{C}$	1,6 В

Импульсное прямое напряжение при

$I_{пр, и} = 2 \text{ А}$, $I_{пр, ср} = 30 \text{ мА}$, $f = 1500 \text{ Гц}$,

$t_{и} = 10 \text{ мкс}$, $t_{ф} \leq 4 \text{ мкс}$ для 2Д204А, 2Д204Б,

2Д204В, не более

2 В

Постоянный обратный ток при $U_{обр} = U_{обр, макс}$, не более:

$T = +25 \text{ и } -60 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

2Д204А, КД204А	150 мкА
2Д204Б, КД204Б	100 мкА
2Д204В, КД204В	50 мкА

$T = +85 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

КД204А	2 мА
КД204Б	1 мА
КД204В	0,5 мА

$T = +125 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

2Д204А	2 мА
2Д204Б	1 мА
2Д204В	0,5 мА

Время обратного восстановления при

$U_{обр, и} = 30 \text{ В}$, $I_{пр, и} = 1 \text{ А}$, $t_{и} = 10 \text{ мкс}$,

$t_{ф} \leq 0,5 \text{ мкс}$, не более

1,5 мкс

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ВАХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ

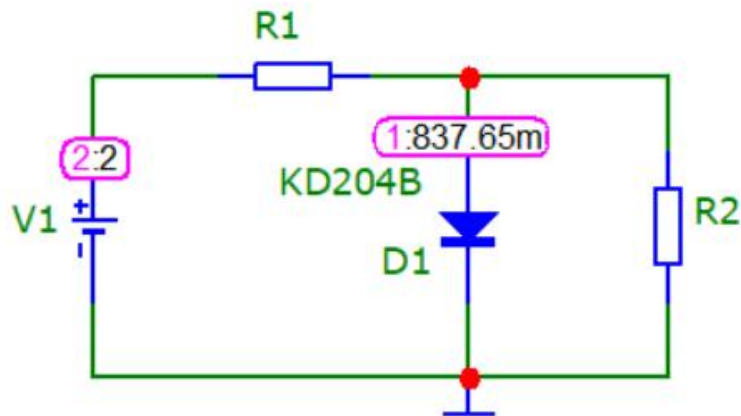


Рис. 1 Схема

The screenshot shows the 'Diode' component editor window. The 'Name' field is set to 'MODEL'. The 'Value' field is set to 'KD204B'. The 'Display' section has 'Current', 'Power', and 'Condition' checked. The 'Shape' section has 'Border' and 'Fill' set to 'D'. The 'PART=D1' and 'VALUE=' fields are highlighted. The 'MODEL=KD204B' is selected in the list. The 'SMOKE=' field is set to 'Default'. The 'COST=' field is set to 'Default'. The 'POWER=' field is set to 'Default'. The 'SHAPEGROUP=' field is set to 'Default'. The 'PACKAGE=' field is set to 'D0-35'. The 'Enabled' checkbox is checked. The 'Columns' field is set to '3'. The 'Help Bar' checkbox is checked. The 'Show Data on Exit' checkbox is unchecked. The 'Source: Local page 'Models'' is selected. The 'LEVEL' field is set to '1'. The 'CJO' field is set to '0'. The 'IBV' field is set to '100p'. The 'IS' field is set to '10f'. The 'M' field is set to '500m'. The 'NBVL' field is set to '1'. The 'RS' field is set to '0'. The 'T_REL_GLOBAL' field is set to 'undefined'. The 'TBV2' field is set to '0'. The 'TRS2' field is set to '0'. The 'XTI' field is set to '3'. The 'AF' field is set to '1'. The 'EG' field is set to '1.11'. The 'IBVL' field is set to '0'. The 'ISR' field is set to '0'. The 'N' field is set to '1'. The 'NR' field is set to '2'. The 'T_ABS' field is set to 'undefined'. The 'T_REL_LOCAL' field is set to 'undefined'. The 'TIKF' field is set to '0'. The 'TT' field is set to '0'. The 'BV' field is set to '0'. The 'FC' field is set to '500m'. The 'IKF' field is set to '0'. The 'KF' field is set to '0'. The 'NBV' field is set to '1'. The 'RL' field is set to '0'. The 'T_MEASURED' field is set to 'undefined'. The 'TBV1' field is set to '0'. The 'TRS1' field is set to '0'. The 'VJ' field is set to '1'. The 'Controls the display of pin markers.' text is at the bottom.

Рис.2 Описание диода в программе МС

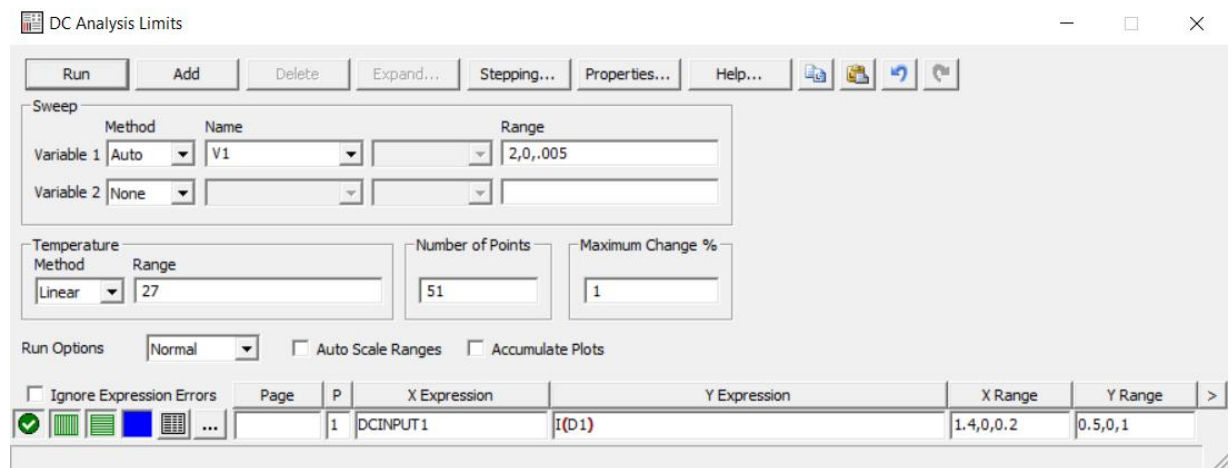


Рис.3 DC Analysis Limits

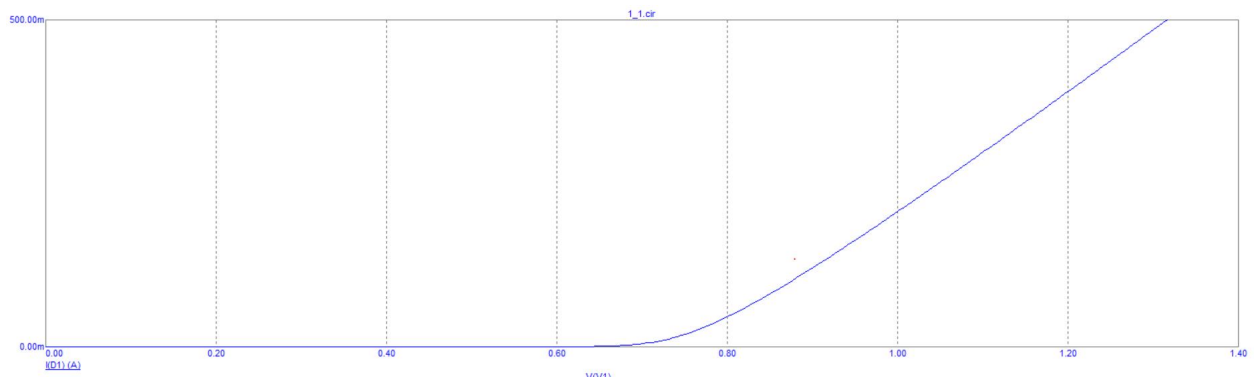
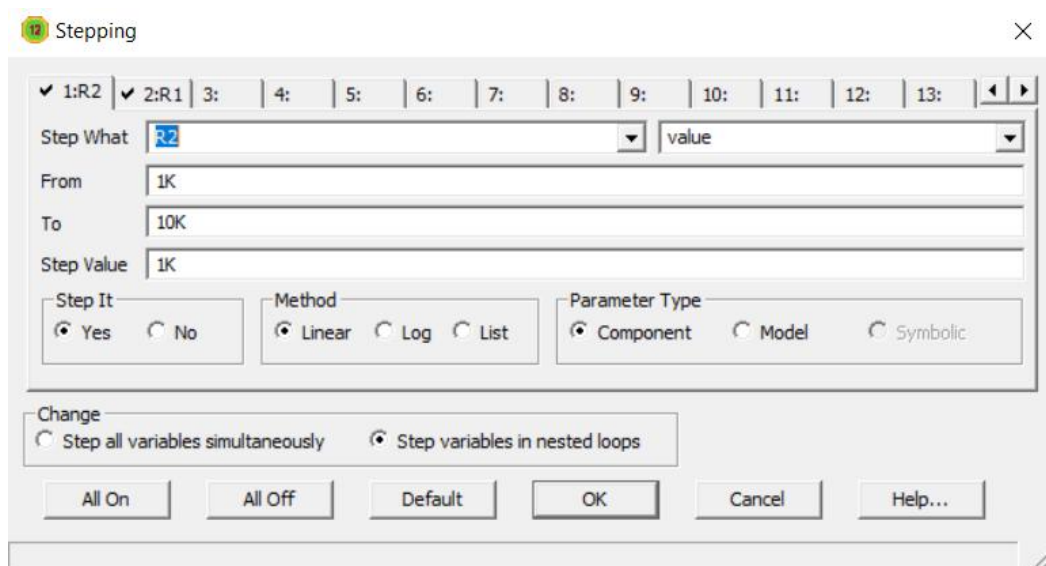


Рис.4 ВАХ прямой ветви

Проводим многовариантный анализ (stepping) для $R_2 = 1\text{K}..10\text{K}$, $R_1 = 1..10\text{ Ом}$.



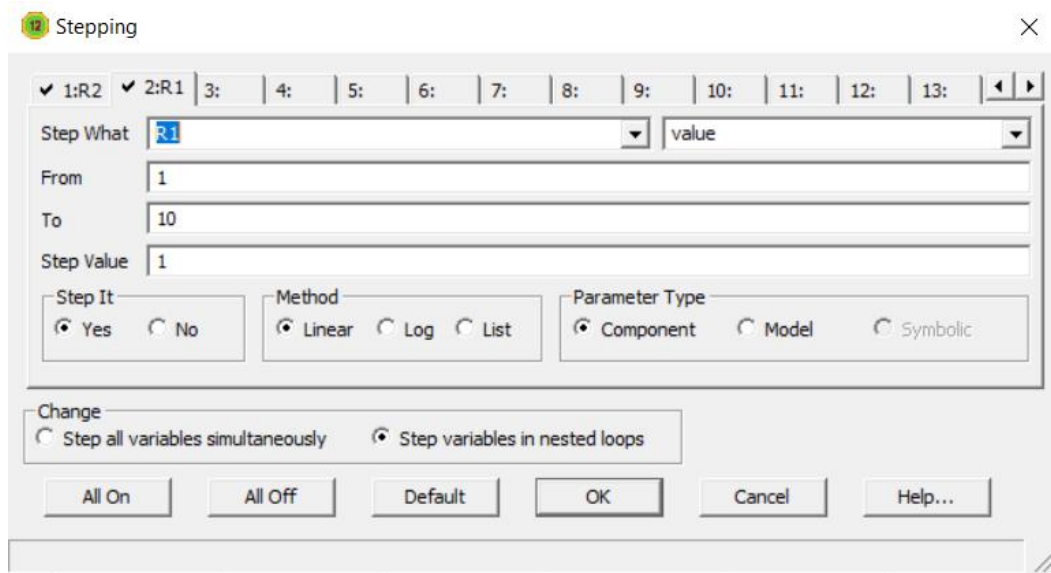


Рис.5 Настройка Stepping

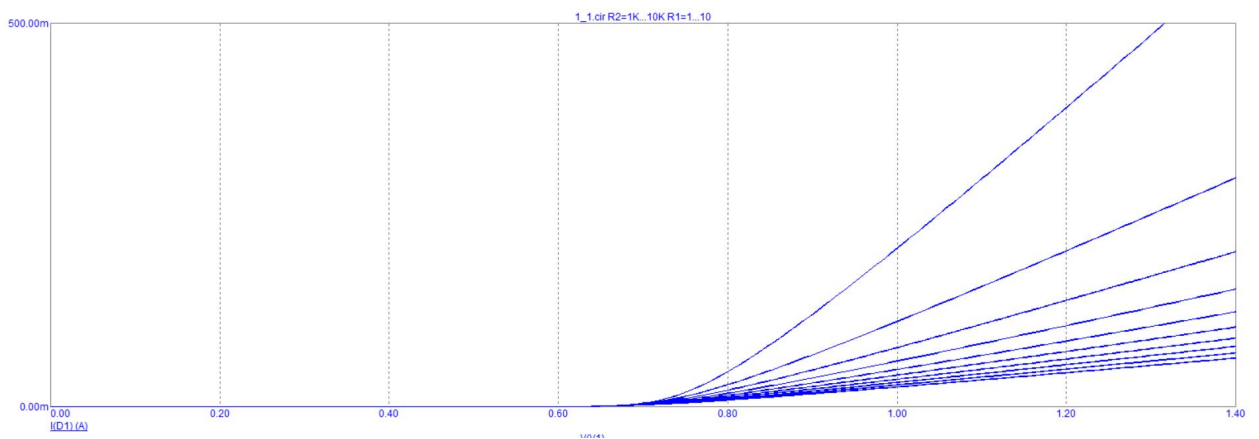


Рис. 6 График ВАХ

Для $R1=1..10$ Ом. При увеличении величины сопротивления $R1$ ВАХ смещается из-за увеличения падения напряжения на $R1$.

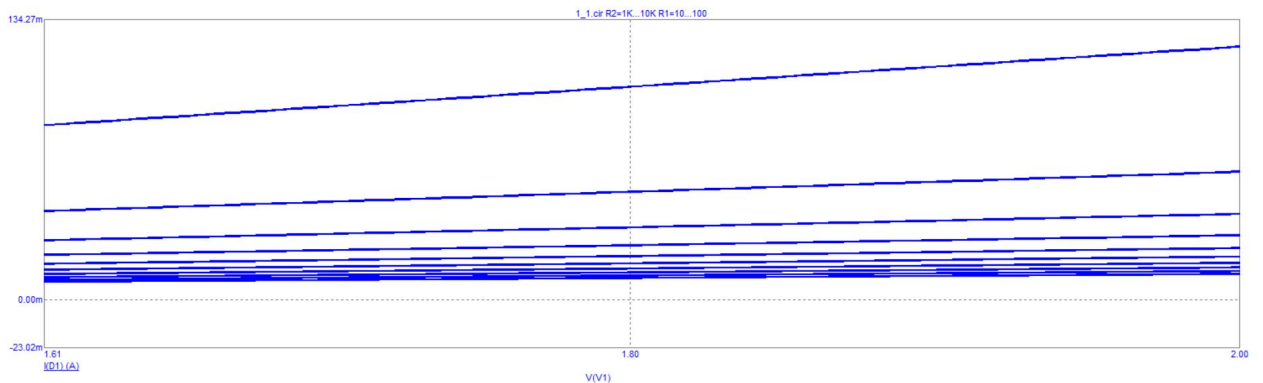


Рис. 7 $R1$ увеличивается

Графики расположены очень близко друг к другу поскольку сопротивления R_2 и диод включены параллельно и $R_{\text{диода}} \ll R_2$.

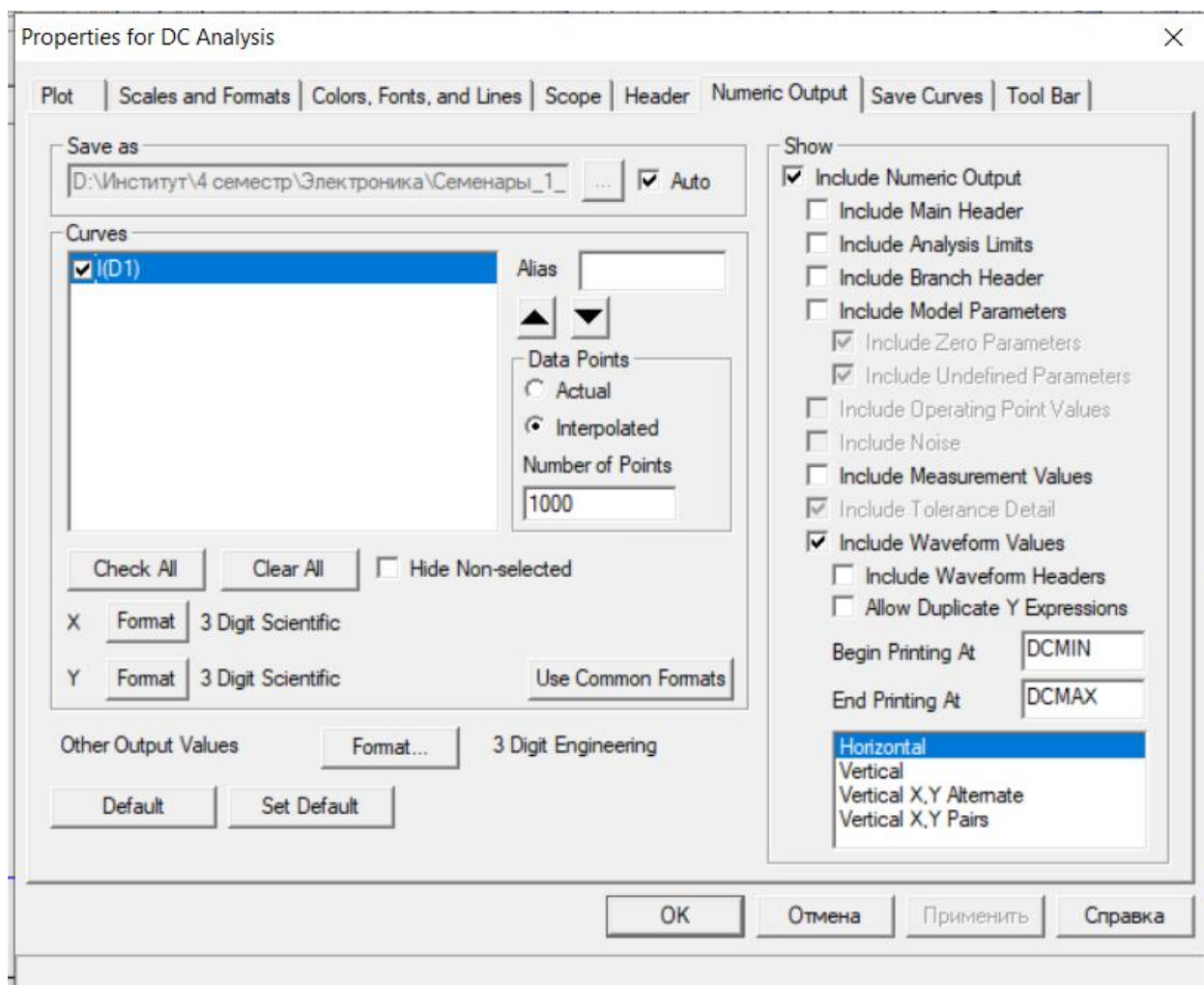


Рис. 8 Настройка для сохранения точек.

V (V1)	I (D1) (A)
0.000E+00	1.000E-50
2.002E-03	2.855E-15
4.004E-03	5.711E-15
6.006E-03	8.657E-15
8.008E-03	1.169E-14
1.001E-02	1.473E-14
1.201E-02	1.799E-14
1.401E-02	2.124E-14
1.602E-02	2.465E-14
1.802E-02	2.817E-14
2.002E-02	3.170E-14
2.202E-02	3.555E-14
2.402E-02	3.939E-14
2.603E-02	4.346E-14
2.803E-02	4.771E-14
3.003E-02	5.195E-14
3.203E-02	5.667E-14
3.403E-02	6.139E-14
3.604E-02	6.644E-14
3.804E-02	7.174E-14
4.004E-02	7.705E-14
4.204E-02	8.305E-14
4.404E-02	8.906E-14
4.605E-02	9.554E-14
4.805E-02	1.024E-13

Рис.9 Точки

$$Rb = 1.106$$

$$Is = 1.331 \cdot 10^{-8}$$

$$NFt = 0.044$$

$$F(x) := x \cdot Rb + \ln \left[\frac{(IS + x)}{IS} \right] \cdot NFt.$$

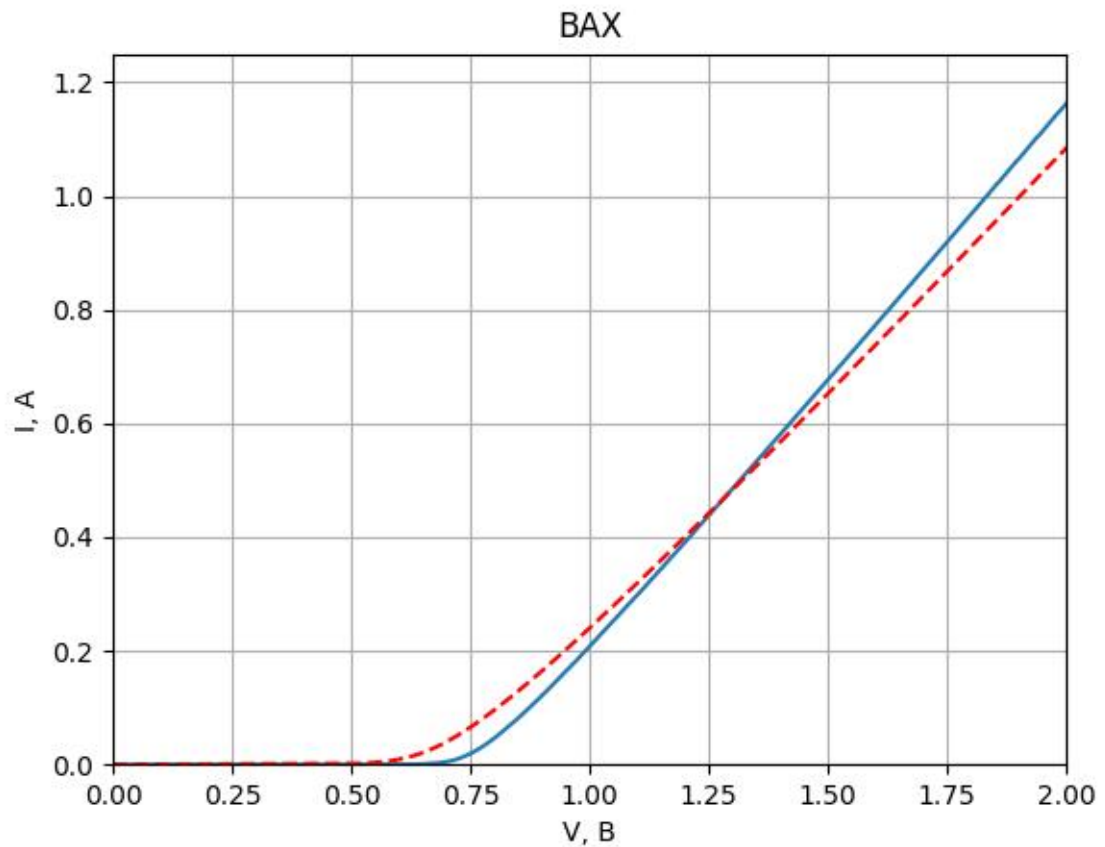


Рис. 10 Вах теоретический
График обратной ветви ВАХ.

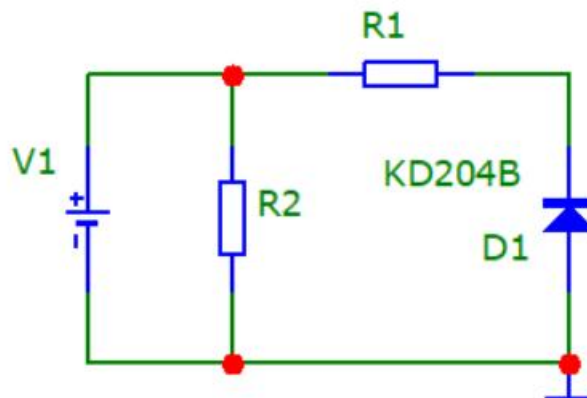


Рис. 1 Схема

Строим обратную ветвь ВАХ диода. Диалоговое окно задания параметров для построения ВАХ следующее:

DC Analysis Limits

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

Sweep

Variable	Method	Name	Range
Variable 1	Auto	V1	5,0,0.01
Variable 2	None		

Temperature

Method	Range
Linear	27

Number of Points: 51

Maximum Change %: 1

Run Options: Normal ☒ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

☐ Ignore Expression Errors

Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
1	1	DCINPUT1	I(D1)	5,0,1	1e-11,-1.5e-11,5

Defines the range of the Y-axis. Format is <high>[, <low>[, <grid spacing>[, <bold grid spacing>]][, <comment>].

Рис. 2 Настройка пределов

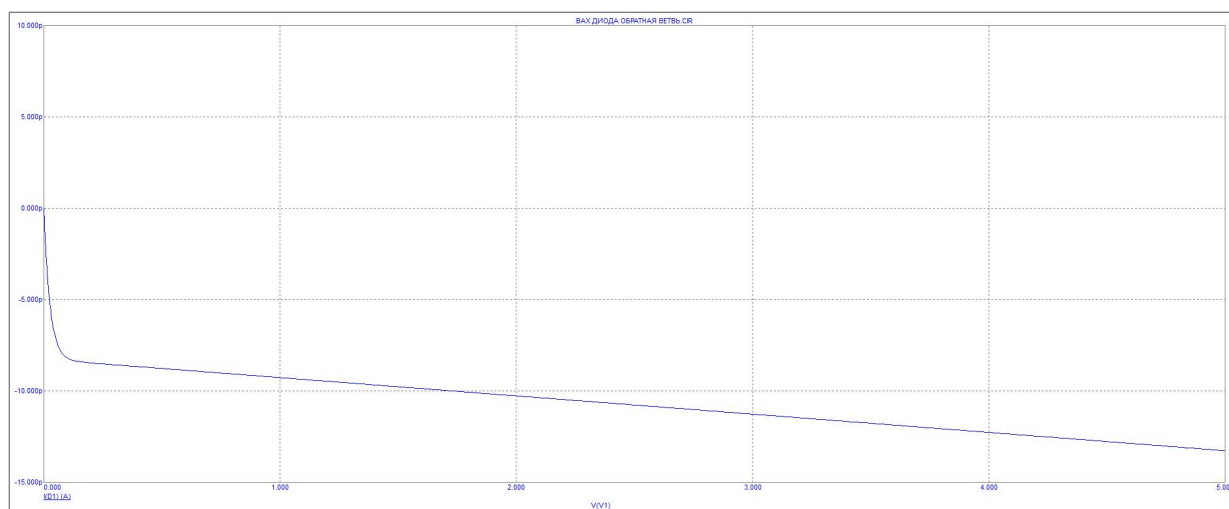


Рис. 3 График обратного ВАХ

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ

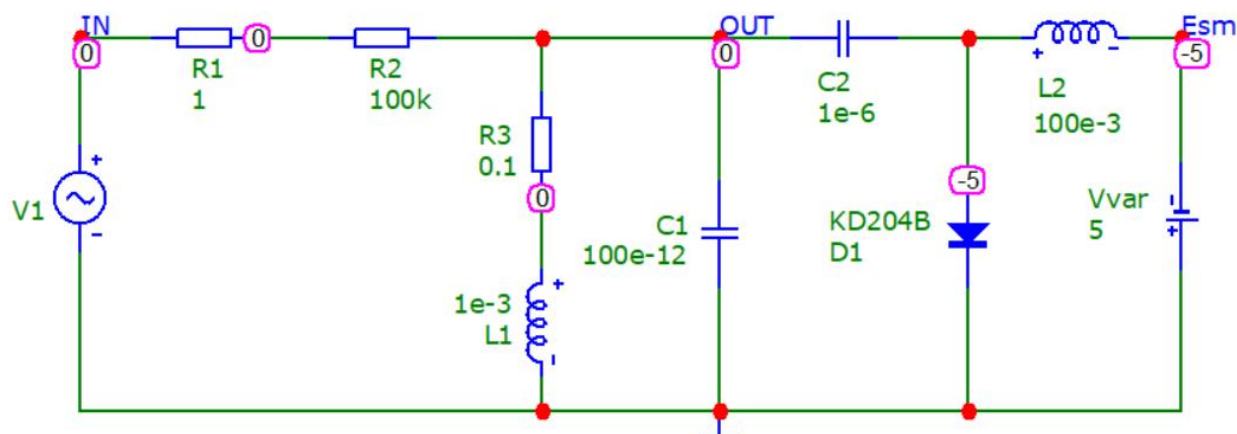


Рис. 1 Схема

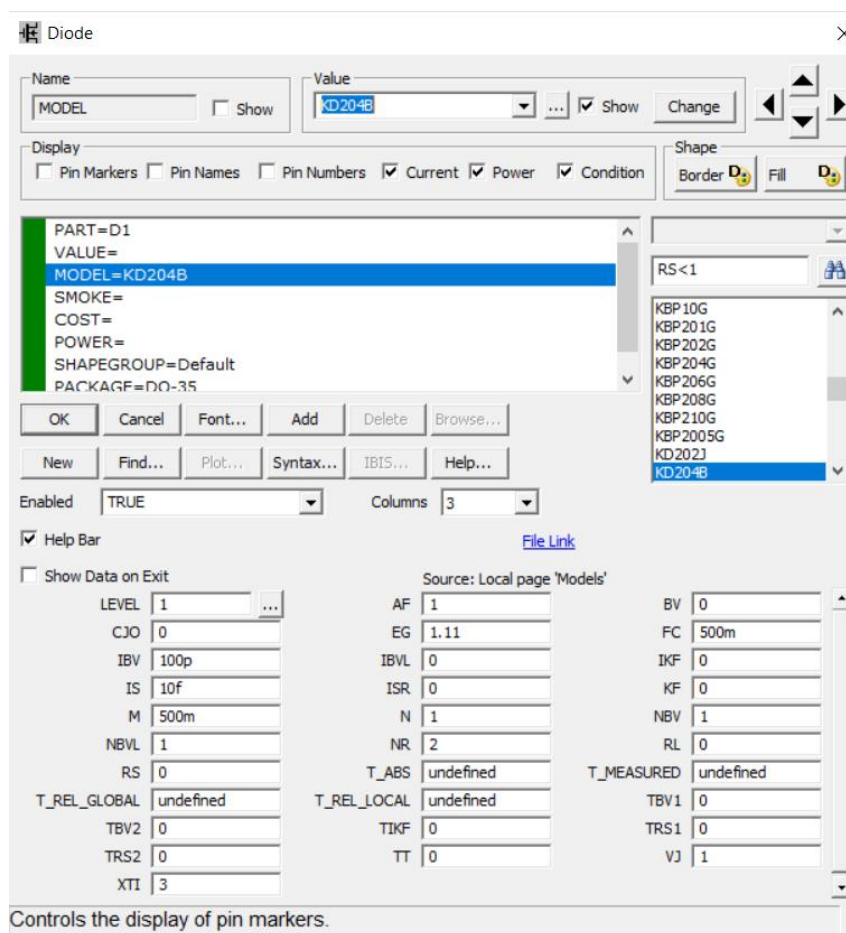


Рис.2 Описание диода в программе МС

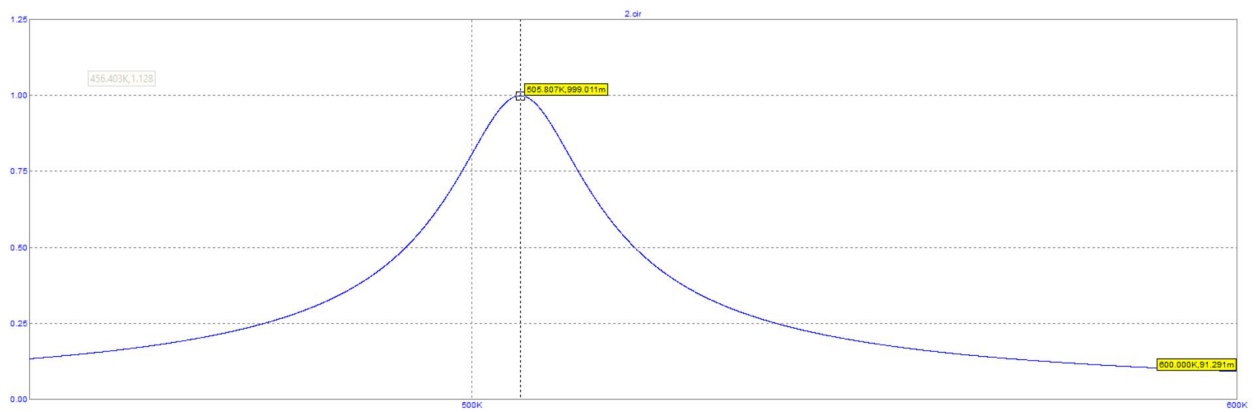


Рис.3 ВФХ

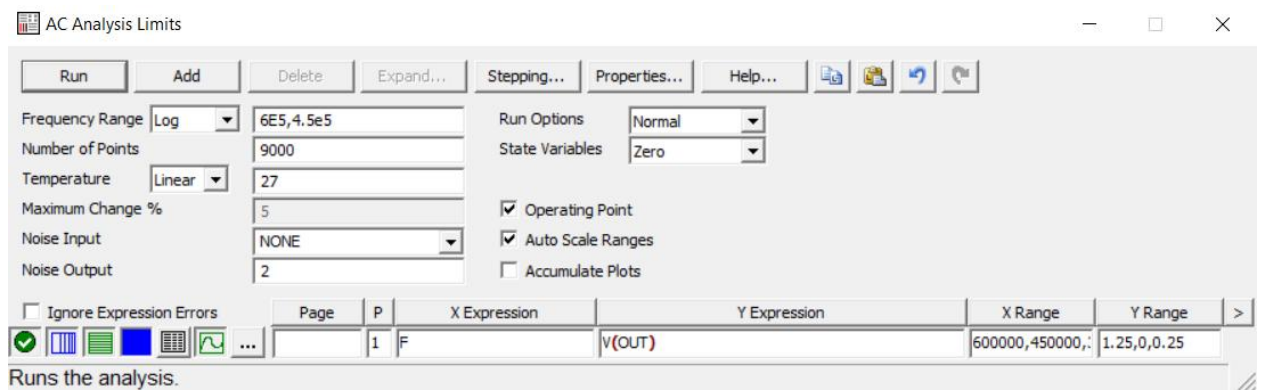
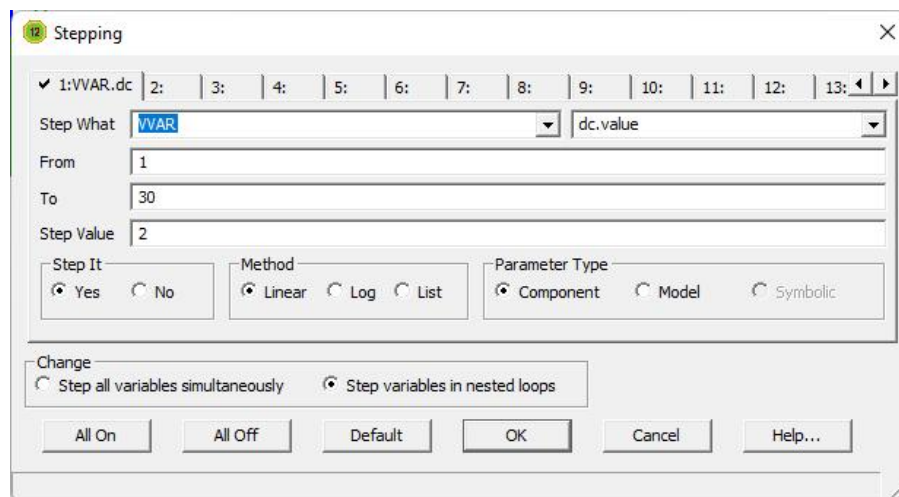
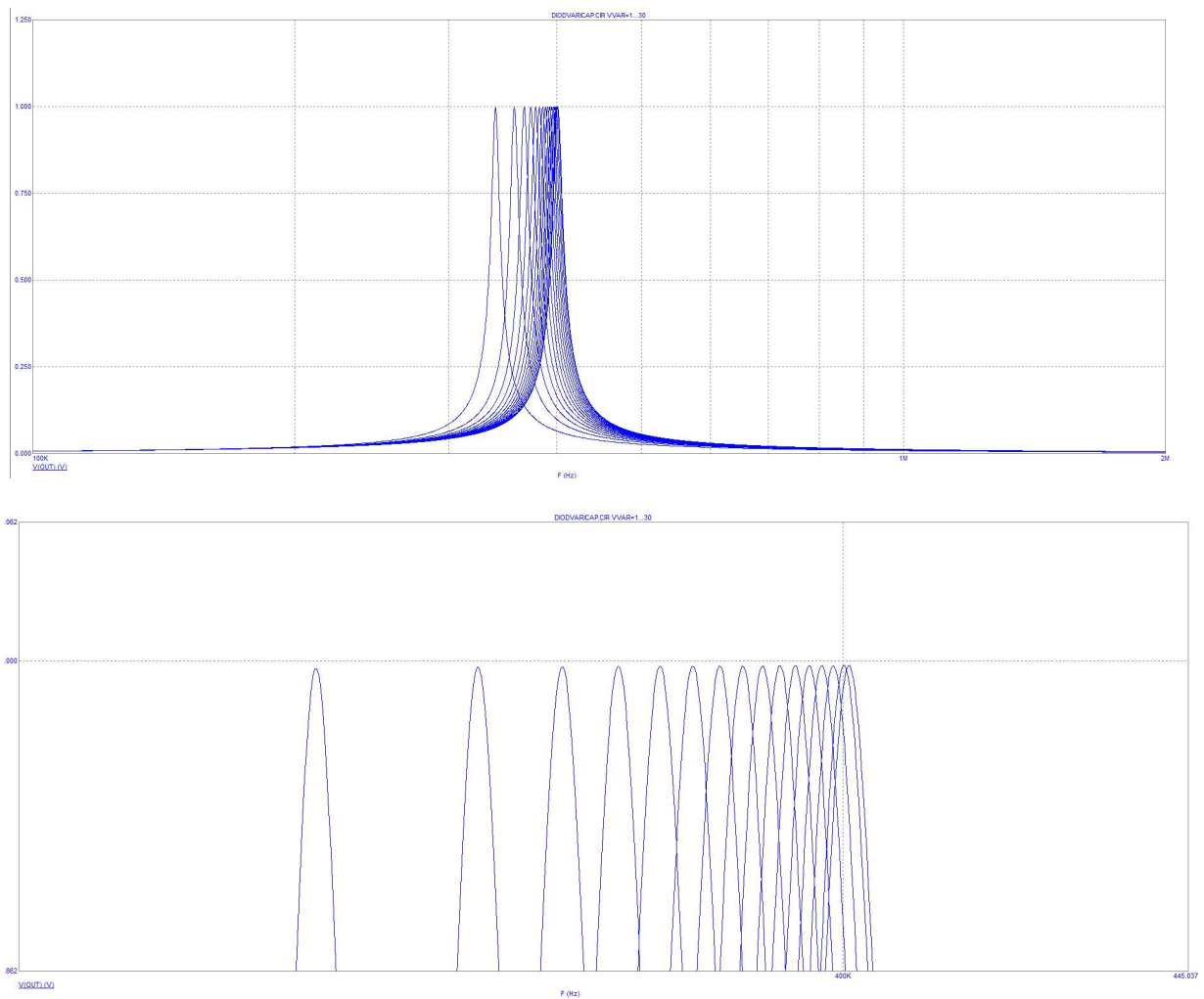


Рис.4 Настройки графика в МС

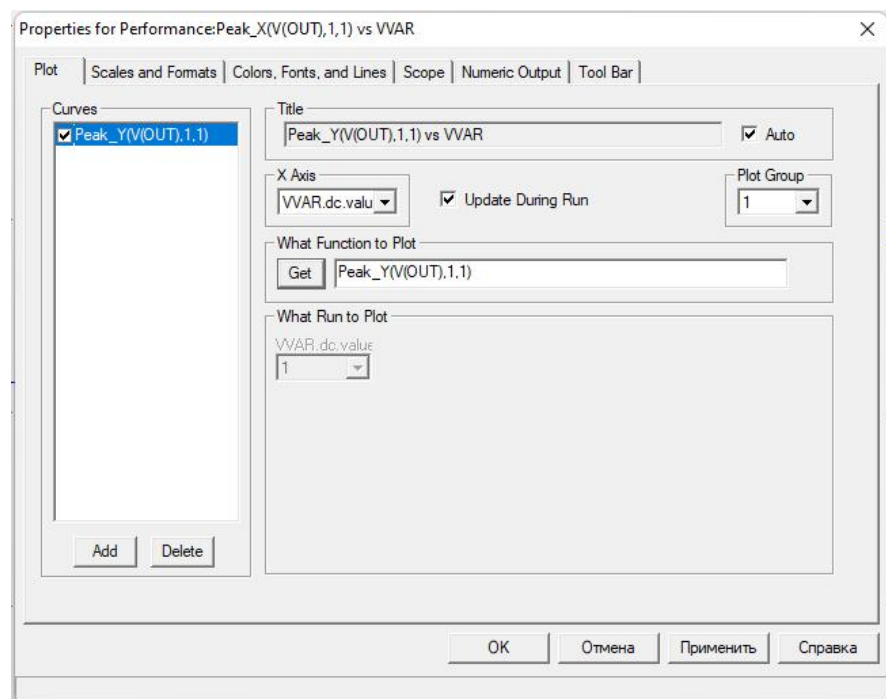
Stepping:



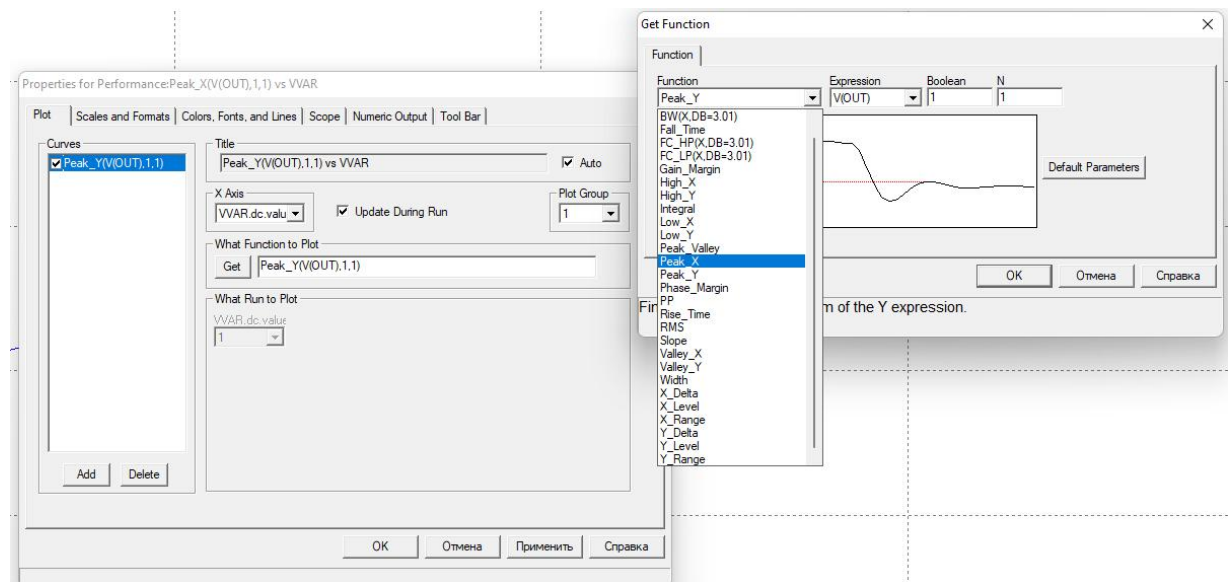
Проведя анализ, получим резонансные кривые:



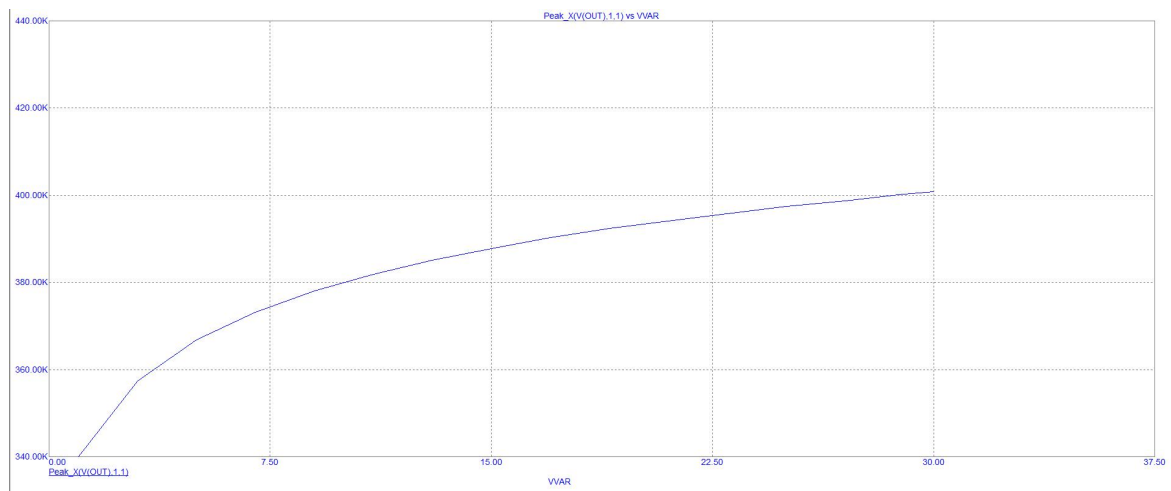
Для построения зависимости резонансной частоты как функцию напряжения источника Vvar выберем AC→Performance window→Add performance window.



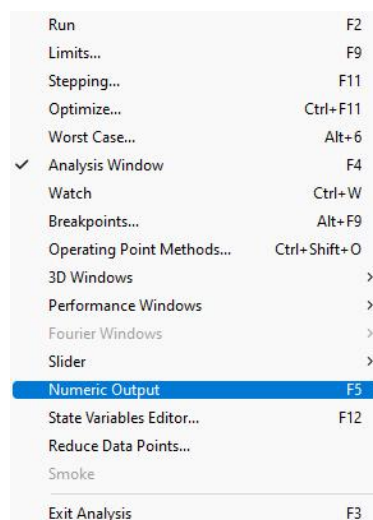
Нажмем Get и выберем в меню Peak_X:



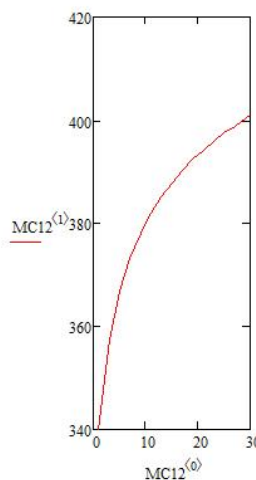
Получаем следующий график:



Вывод данных:



MC12 = READPRN("DIODVARICAP Peak_X(V(OUT),1,1) vs VVAR.ANO")



MC12 =

	0	1
4	9	378.064
5	11	381.865
6	13	385.032
7	15	387.776
8	17	390.31
9	19	392.421
10	21	394.11
11	23	395.8
12	25	397.489
13	27	398.755
14	29	400.233
15	30	...

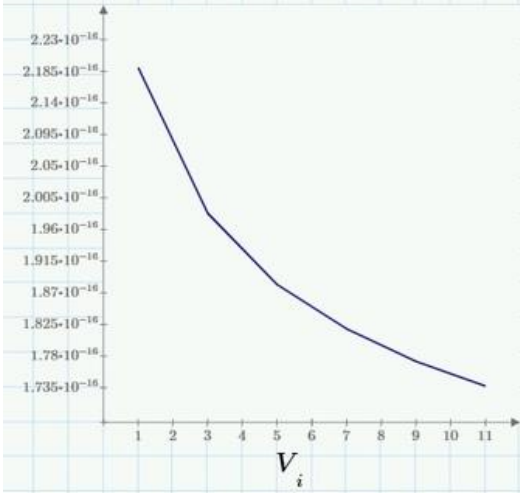
длина(MC12⁽¹⁾) = 16

Далее рассчитываем емкость диода и строим график ее зависимости от обратного напряжения (вольт-фарадная характеристика):

$$Ck := 100^{-12} \quad Lk := 10^{-3} \quad i := 0..5$$

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

+



Cd_i

Constraints Guess Values

$$M := 0.3 \quad CJO := 0.2 \cdot 10^{-10} \quad VJ := 0.75$$

$$Cd_1 = CJO \cdot \left(\frac{VJ}{VJ + |V_1|}\right)^{0.3}$$

$$Cd_2 = CJO \cdot \left(\frac{VJ}{VJ + |V_2|}\right)^{0.3}$$

$$CJO \leq 10^{-10} \quad VJ < 1$$

$$\begin{bmatrix} VJ \\ CJO \end{bmatrix} := \text{minerr}(VJ, CJO)$$

$$VJ = 1 \quad CJO = 3.101 \cdot 10^{-16}$$

Solver