



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 КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ (ИУ6)

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 09.03.03 Прикладная информатика

О Т Ч Е Т

по домашнему заданию №1

Название: ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ И ВОЛЬТ-ФАРАДНЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДИОДА

Дисциплина: Электроника

Студент

ИУ6-45Б

(Группа)

08.03.2024

(Подпись, дата)

И.А. Дулина

(И.О. Фамилия)

Преподаватель

(Подпись, дата)

В.А. Карпухин

(И.О. Фамилия)

2024 г.

Цель работы: исследование вольт-амперных и вольт-фарадных характеристик модели полупроводникового диода в программе аналогового и цифрового моделирования электрических и электронных цепей Micro-Cap 12.

Вариант: 7

№	фамилия	имя	модель диода	добротность контура	частота резонанса, кГц
1	Балашов	Максим	Д815В	120	2000
2	Буханцев	Илья	Д815А	47	680
3	Волкова	Юлия	Д816Б	160	510
4	Гумаров	Мирас	Д816В	330	620
5	Давтян	Айк	Д814Г	75	1100
6	Данилов	Никита	Д815Ж	33	3300
7	Дулина	Ирина	Д816В	51	1300

Рисунок 1 – данные варианта

Модель элемента	U _{ст} , В				aU _{ст} , %/°C	dU _{ст} , %	U _{пр} , В (при I _{ст} , mA)	r _{ст} , Ом (при I _{ст} , mA)	I _{ст} , mA		P _{пр} , Вт	T, °C	Модель в MC12
	мин.	ном.	макс.	I _{ст} , mA					мин.	макс.			
Д815В	7,4		9,1	1 А	0,07	4	1,5 (500)	1 (1 А)	50	950	8	-60...+125	Д815V

Рисунок 2 – характеристики диода

Так как диод Д816В не представлен среди существующих для выбора в программе Micro-Cap 12, было решено выбрать диод Д815В и исследовать его характеристики

Задание:

1. Построить прямую и обратную ветви вольт-амперной характеристики диода (модель выбирается согласно варианту, см. приложенный к заданию файл). Оценить влияние допустимого рабочего диапазона температур на характеристики полупроводникового диода.

Diode

Name: MODEL Value: D815V

Display: ☐ Pin Markers ☐ Pin Names ☐ Pin Numbers ☒ Current ☒ Power ☒ Condition

Shape: Border D815V Fill D815V

PART=D1
VALUE=
MODEL=D815V
SMOKE=
COST=
POWER=
SHAPEGROUP=Default
PACKAGE=

If vs. Vf
RS<1

D814D
D814G
D814V
D815A
D815B
D815D
D815E
D815G
D815J
D815V

OK Cancel Font... Add Delete Browse...
New Find... Plot... Syntax... IBIS... Help...

Enabled: TRUE Columns: 3

☒ Help Bar [File Link](#)

☐ Show Data on Exit

Source: Global library located at RUS_D.LIB

LEVEL	1	AF	1	BV	8.2
CJO	76.32P	EG	1.11	FC	0.5
IBV	5U	IBVL	0	IKF	0
IS	.5225E-10	ISR	0	KF	0
M	0.31	N	1.84	NBV	1
NBVL	1	NR	2	RL	0
RS	0.35	T_ABS	undefined	T_MEASURED	undefined
T_REL_GLOBAL	undefined	T_REL_LOCAL	undefined	TBV1	0
TBV2	0	TIKF	0	TRS1	0
TRS2	0	TT	245.24N	VJ	0.73
XTI	3				

Рисунок 3 – параметры диода D815V

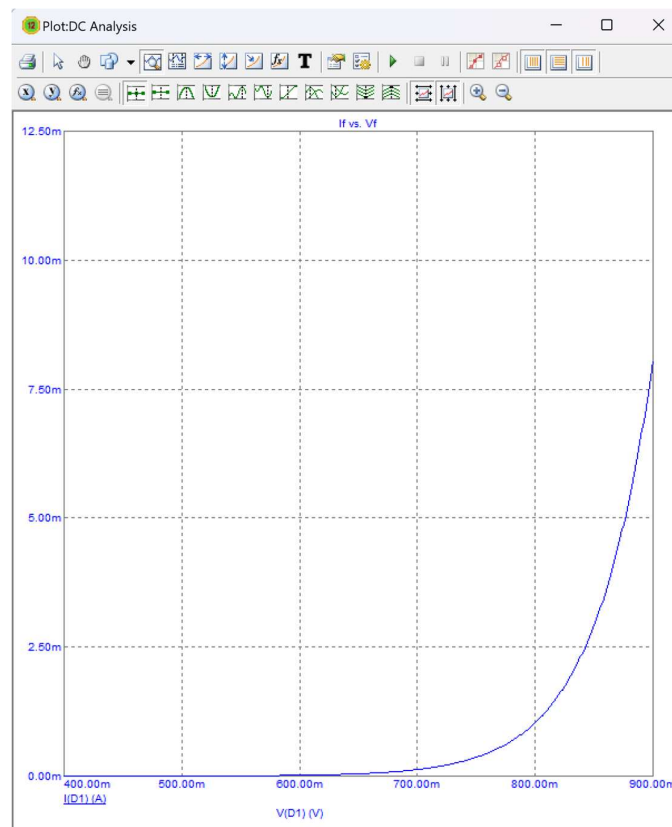


Рисунок 4 – прямая модель ВАХ выбранной модели диода

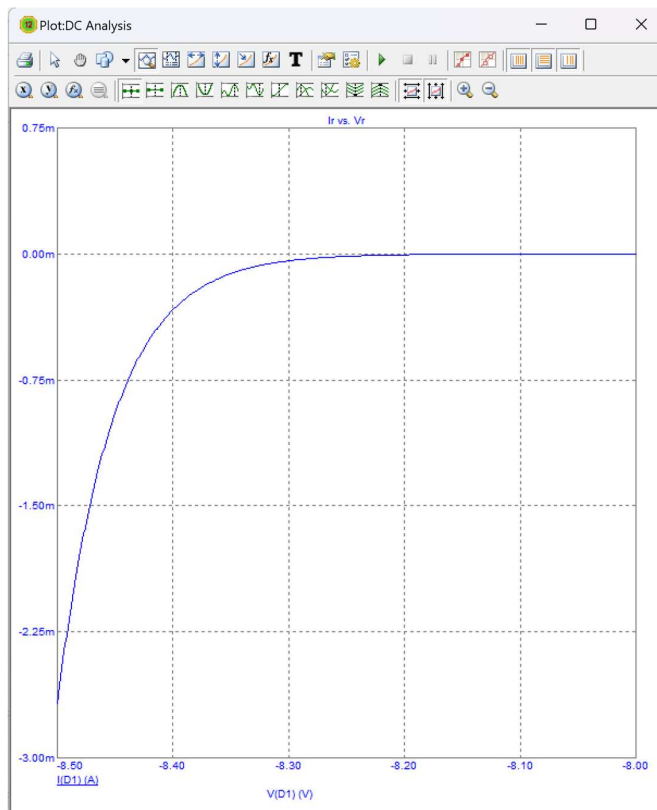


Рисунок 5 – обратная модель ВАХ выбранной модели диода

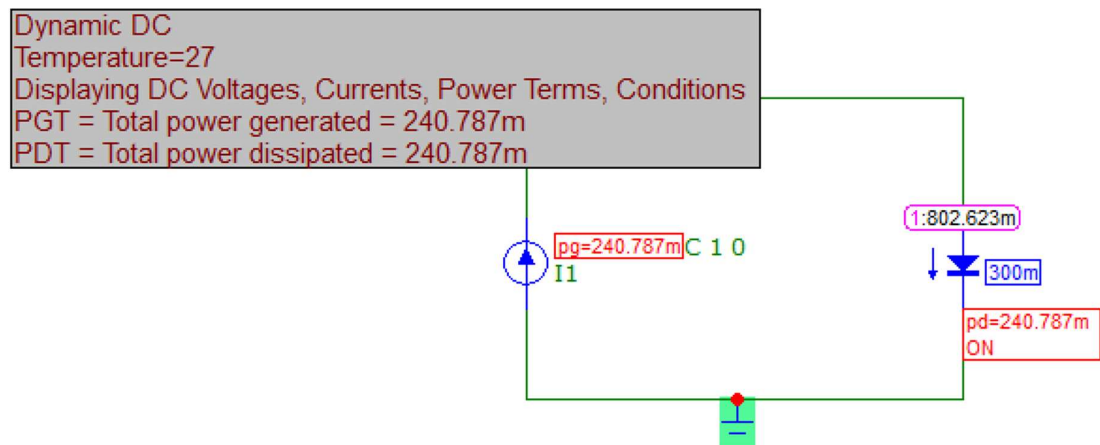


Рисунок 6 – схема для исследования прямой цепи ВАХ диода

Напряжение пробоя по графику – 8.2 В. Оно соответствует полю BV в информации о диоде.

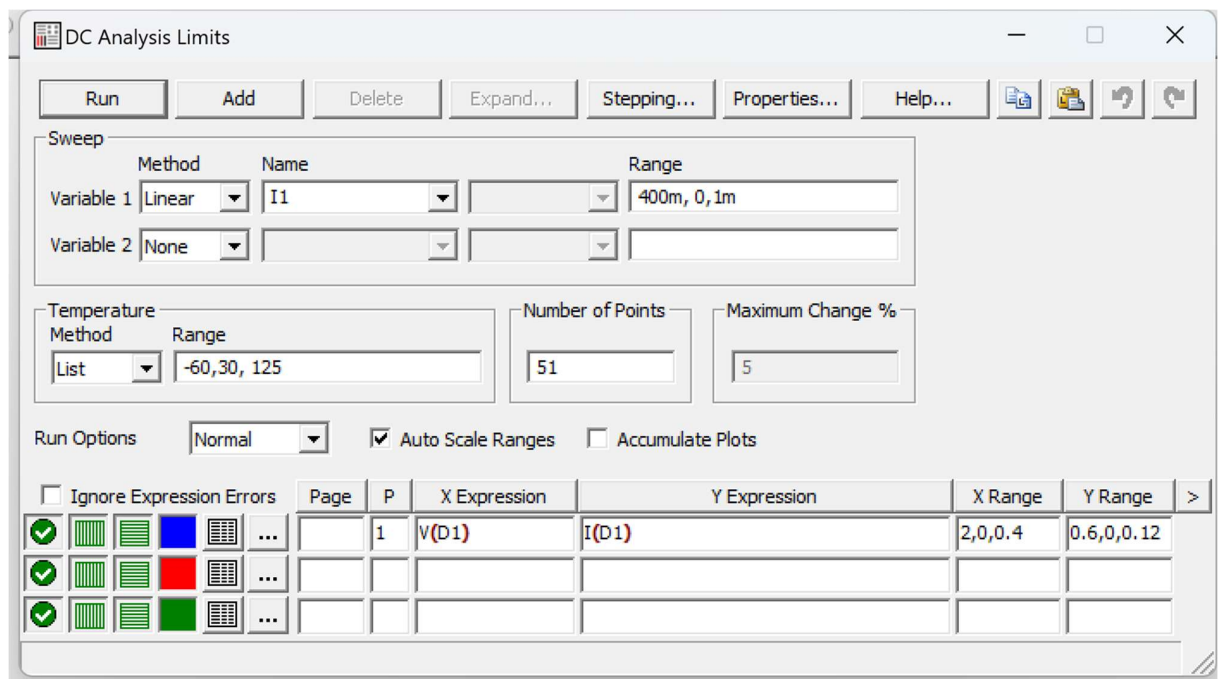


Рисунок 7 – окно DC Analysis Limits для исследования прямой ветви ВАХ диода

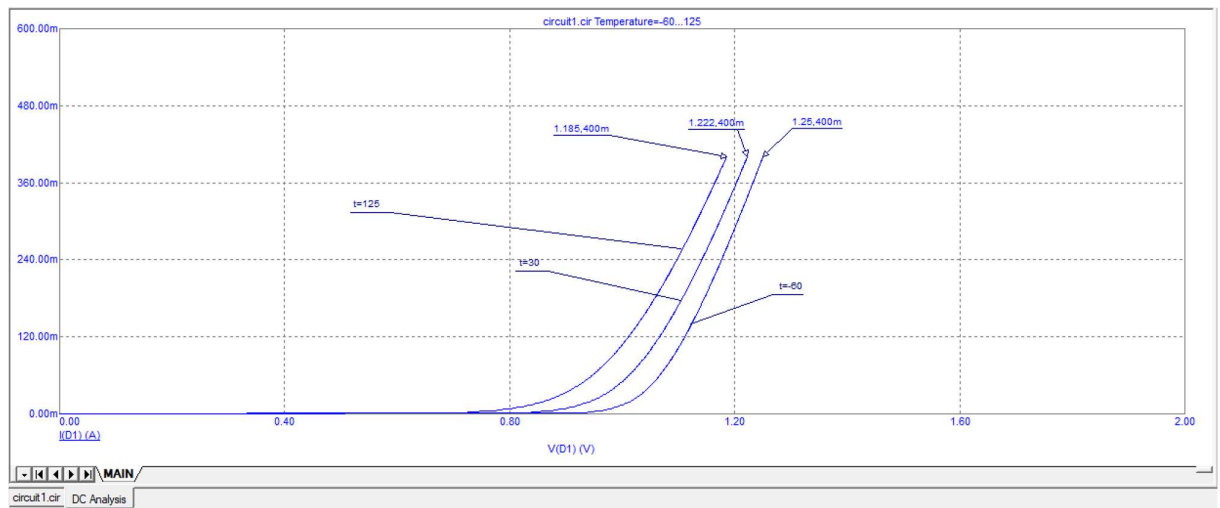


Рисунок 8 – прямая ветвь ВАХ диода Д815В для трех значений температуры

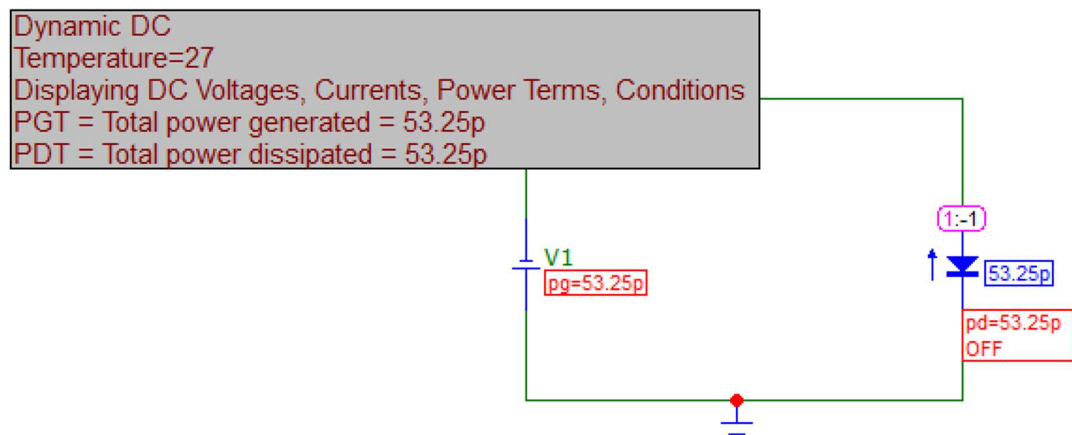


Рисунок 9 – схема для исследования обратной ветви ВАХ диода
 При напряжении 1В диод закрыт, при напряжении 8 В находится в состоянии электрического пробоя, а при напряжении большем, чем 8.2 В – происходит перегрев прибора (тепловой пробой).

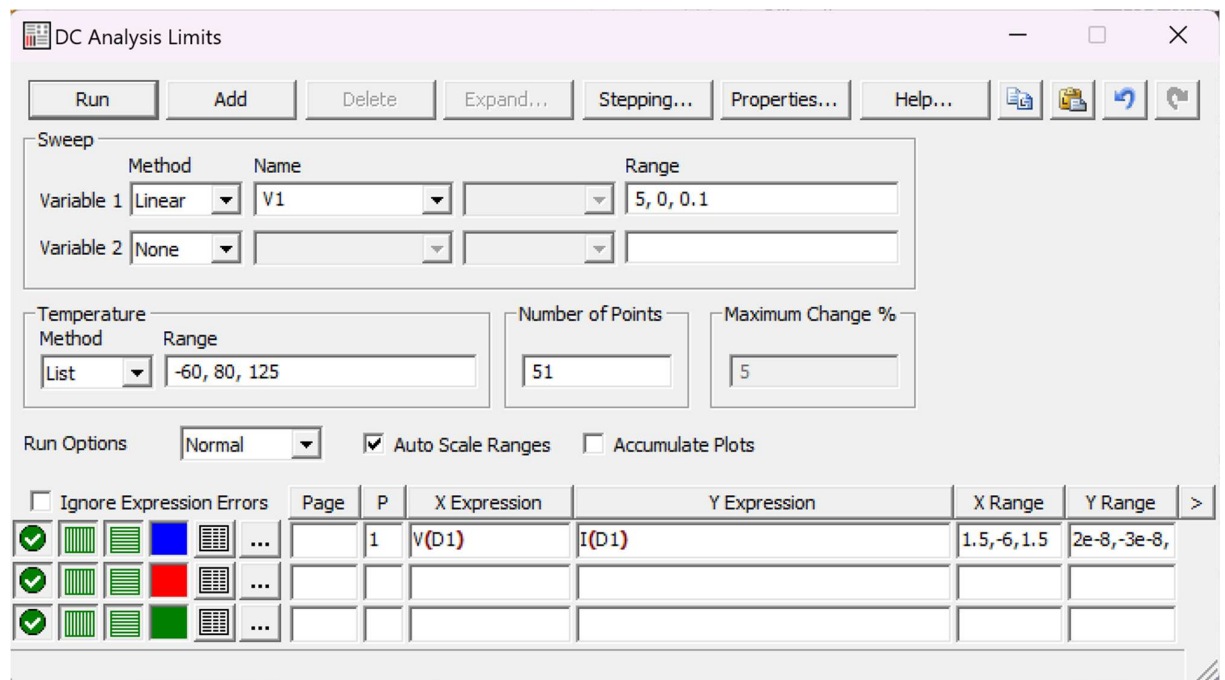


Рисунок 10 – окно DC Analysis Limits для исследования обратной ветви ВАХ диода

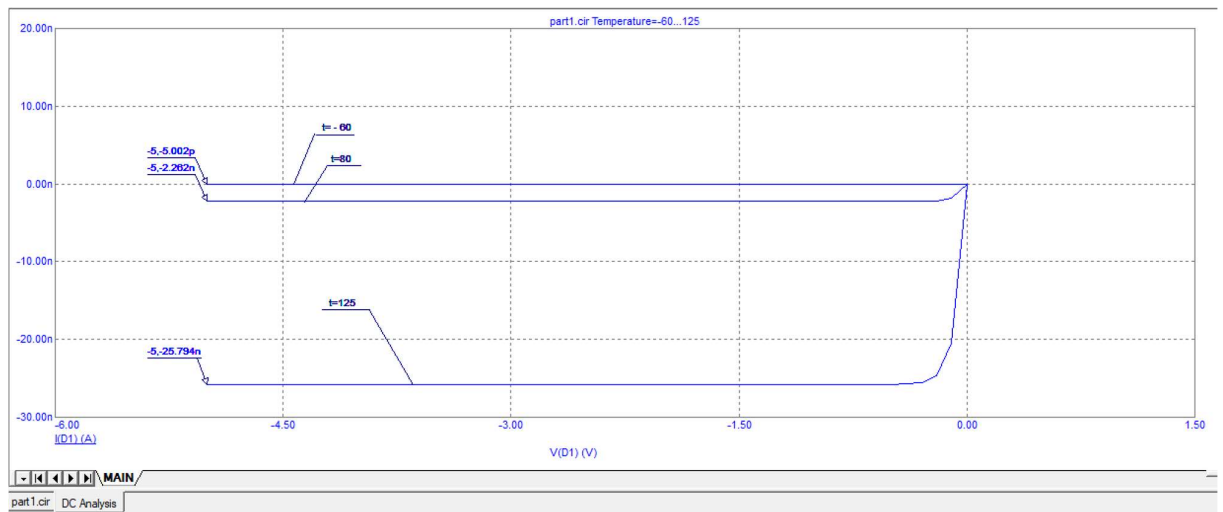


Рисунок 11 – ВАХ диода при обратной цепи

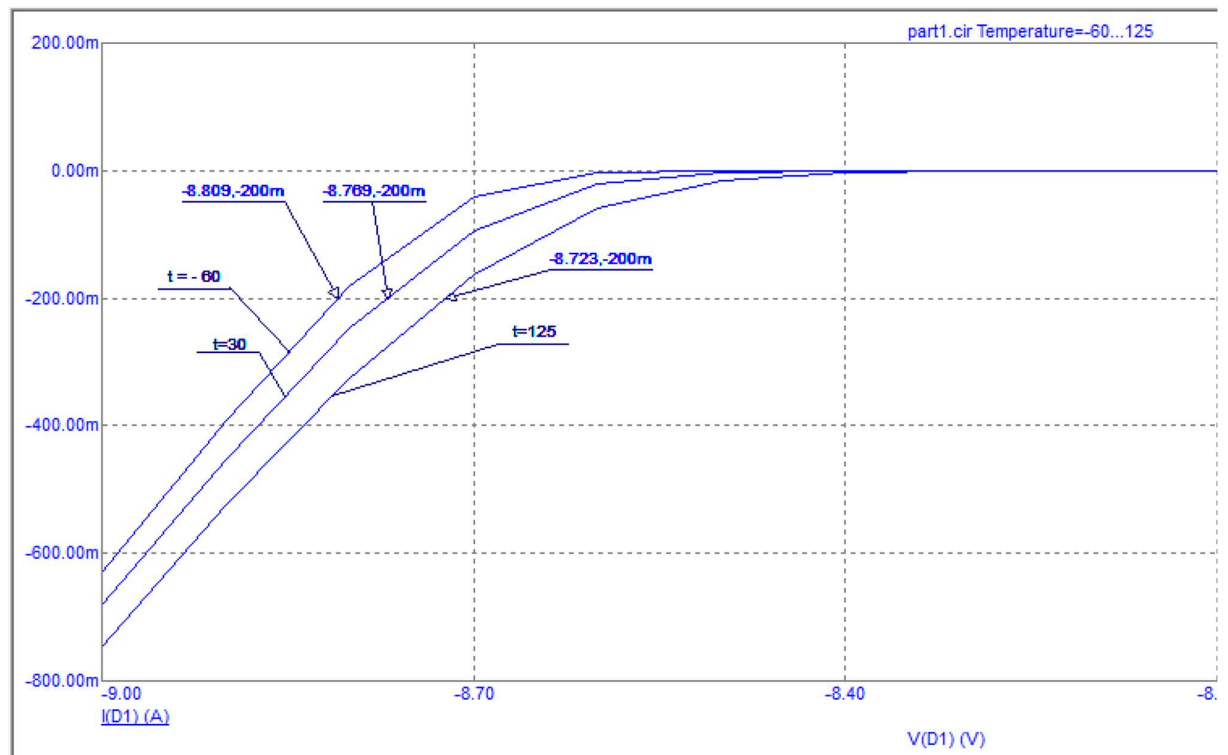


Рисунок 12 – ВАХ при обратной цепи (напряжение пробоя)

При анализе вольт-амперных характеристик диода Д815В было выявлено, что при прямой и обратной ветвях при увеличении температуры величина напряжения пробоя по модулю уменьшается

2. Проанализировать зависимость собственной барьерной емкости диода от напряжения смещения (рекомендуется использовать параллельный резонансный контур, при этом добротность контура и частоту резонанса при нулевом смещении выбрать согласно варианту).

Их характеристик диода Д815В выберем СЮ (собственная ёмкость при нулевом напряжении смещения)

$$CJO = 76,32 \text{ пФ}$$

Рассчитаем ёмкость конденсатора C1:

$$C1 = 3 \cdot CJO = 228,96 \text{ пФ}$$

Рассчитаем ёмкость разделительного конденсатора Cp (C2):

$$C2 = 100 \cdot CJO = 76,32 \cdot 10^{-12} \cdot 100 \text{ Ф} = 7,632 \text{ нФ}$$

Рассчитаем номинал катушки L1 с помощью формулы Томпсона:

$$\text{Собщ} = C1 + \frac{C2 \cdot CJO}{C2 + CJO} \approx C1 + CJO$$

$$L1 = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 \cdot (C1 + CJO)}$$

$$L1 = 49,097 \text{ мкГн}$$

Рассчитаем номинал резистора R1 через формулу, связывающего его с добротностью:

$$R1 = \frac{1}{Q} \cdot \sqrt{\frac{L1}{C1}} = 9,07983 \text{ Ом}$$

Рассчитаем сопротивление источников переменного и постоянного напряжения R2 и Rb (Резистор R2 необходим для корректного отображения АЧХ, а резистор Rb не позволяет произойти короткому замыканию по переменному напряжению через обладающий нулевым сопротивлением источник постоянного напряжения Vb), принимая их номиналы равными сопротивлению контура на резонансной частоте

$$Ri = Rb = R_{\text{рез}} = \frac{1}{R1} \frac{L1}{C1} = 23 \, 616,6135 \text{ Ом}$$

Построим схему:

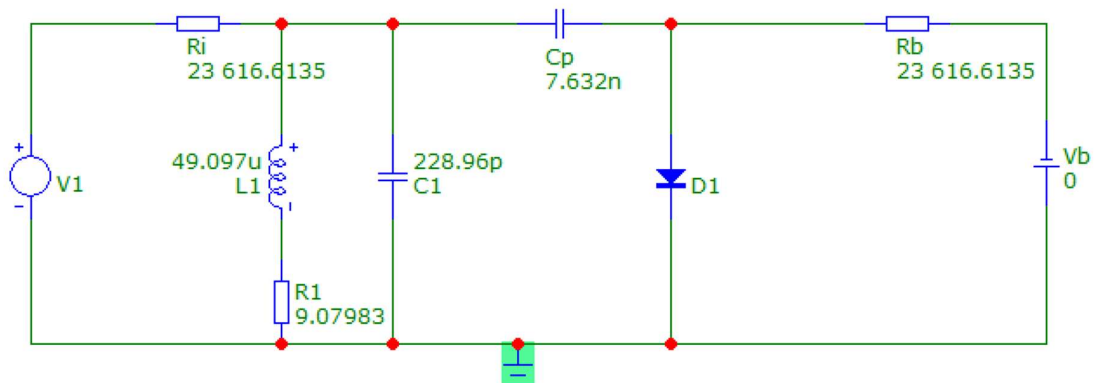


Рисунок 13 – схема для исследования ВФХ диода (параллельный контур)

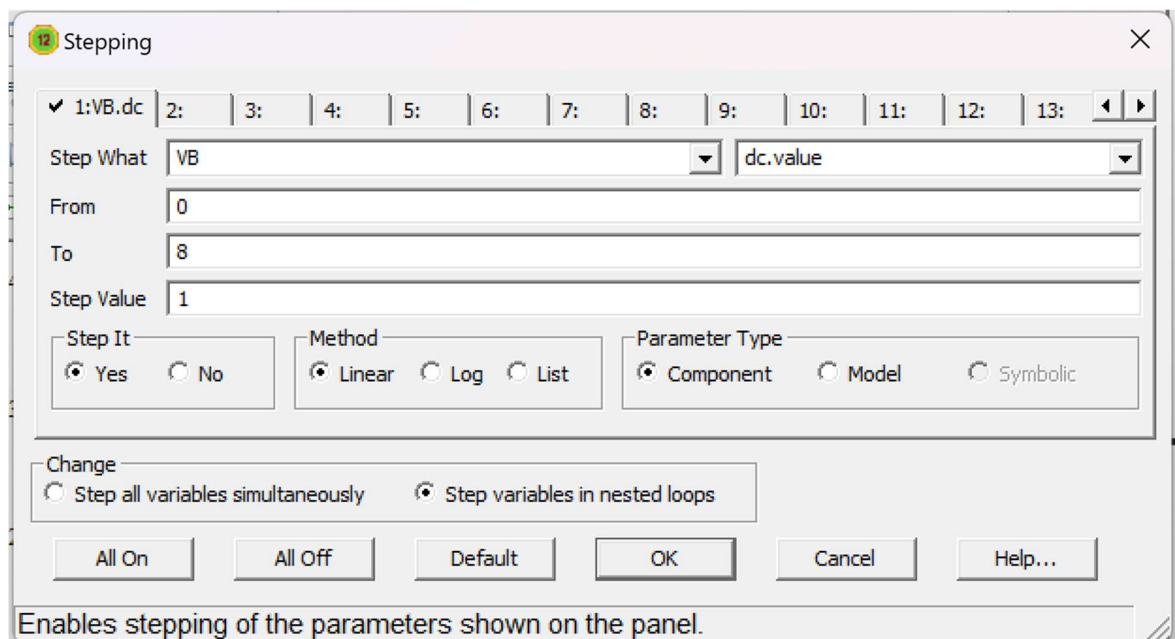


Рисунок 16 – окно Stepping

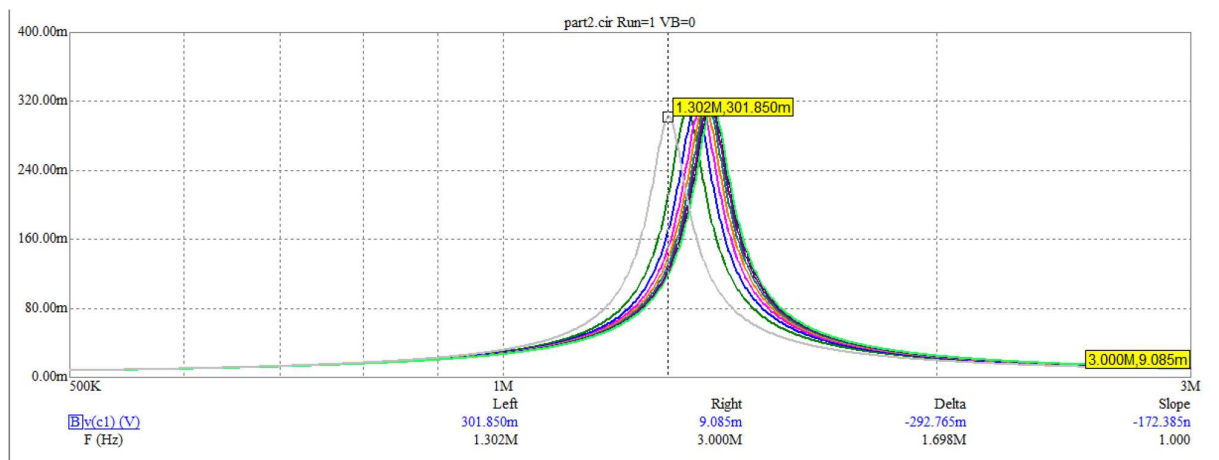


Рисунок 17 – АЧХ напряжения на контуре для нескольких значений напряжения смещения с отметками ($V_b=0$ В)

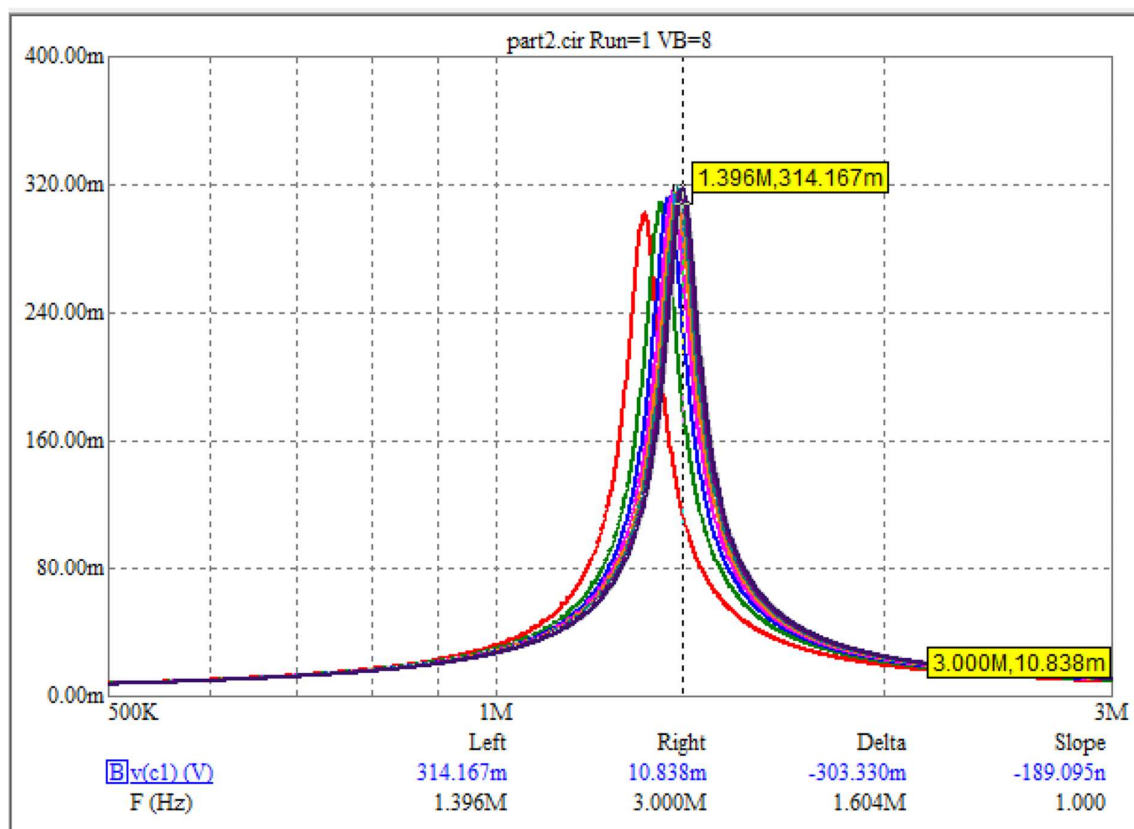


Рисунок 18 – АЧХ напряжения на контуре для нескольких значений напряжения смещения с отметками ($V_b=8V$)

Алгоритмизируем определение частоты резонанса

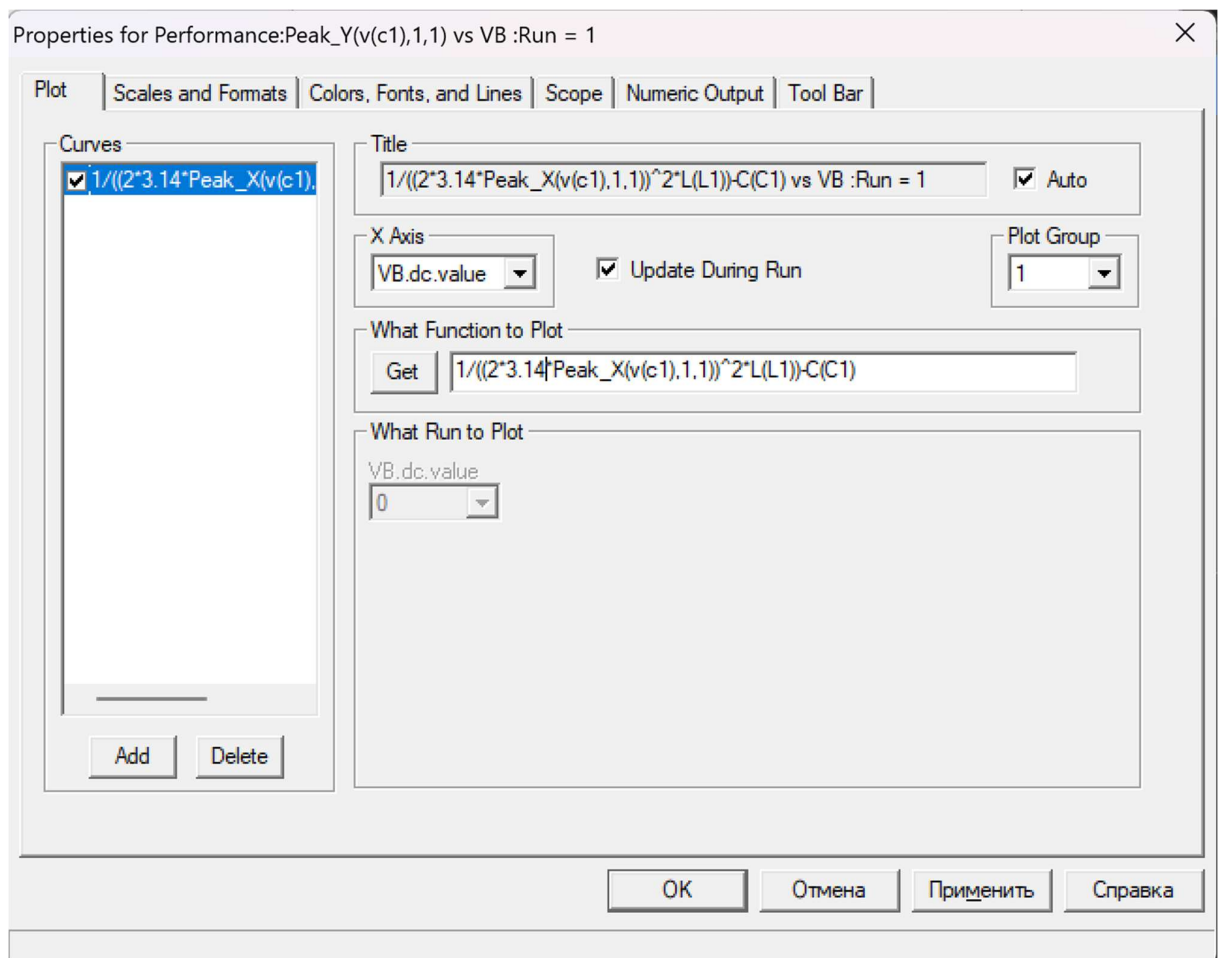


Рисунок 19 – окно Properties for Performance

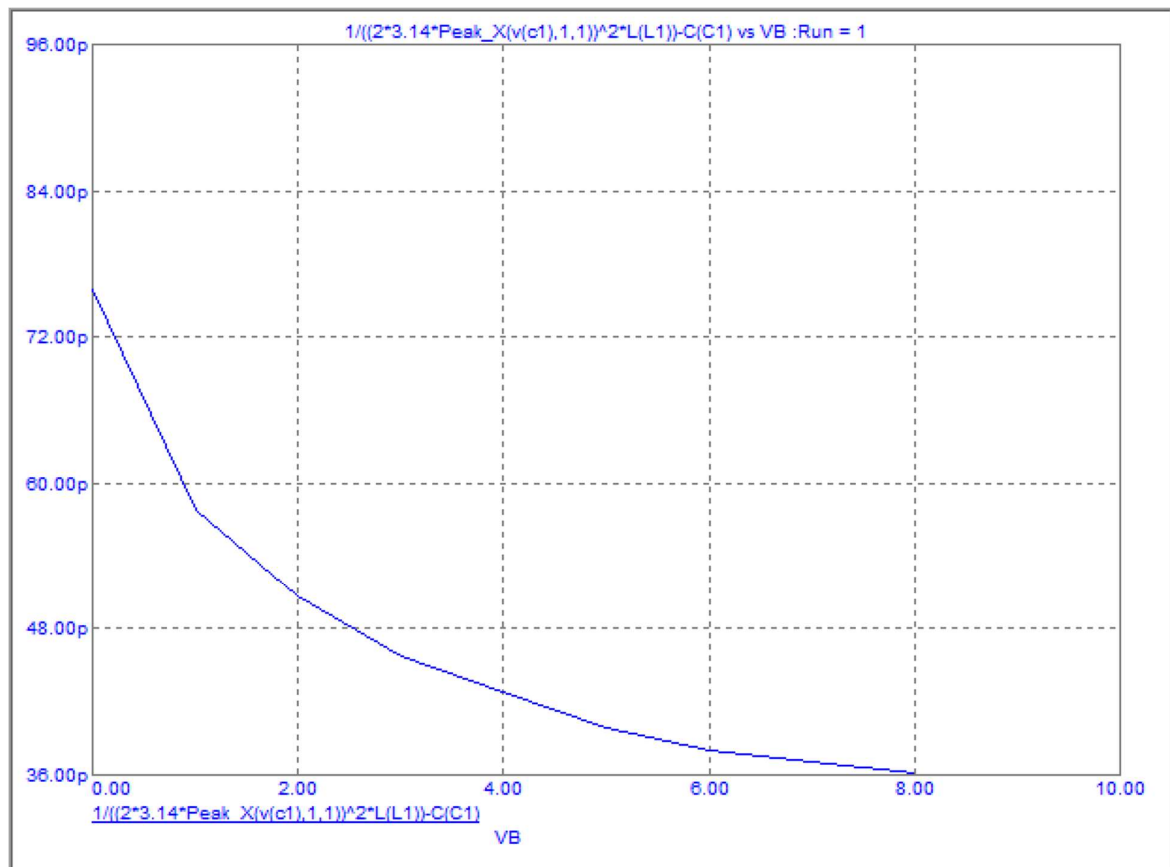


Рисунок 20 – ВФХ диода

Проанализировав зависимость собственной ёмкости диода от напряжения смещения, было выявлено, что при увеличении обратного напряжения ёмкость диода снижается за счёт увеличения р-п перехода и расстояния между обкладками конденсаторами.

Вывод: была изучена программа Micro-cap 12, вольт-амперные и вольт-фарадные характеристики полупроводникового диода Д815В, были получены и оценены результаты поведения диода и его характеристики при различных условиях.