

ПРОГРАММА MODEL

Программа предназначена для создания модели (определение параметров моделей приборов, входящих в МС7) прибора из данных, полученных экспериментальным путем или же справочных данных. Данные обрабатываются численными методами и оптимизируются для получения наиболее точного задания параметров.

ПРОГРАММА MODEL

- Как правило необходимо ввести от двух до пяти значений в таблицу данных. Если такого количества данных нет, то можно использовать единственное значение, взятое из справочников.
- Отсутствие данных предполагает использование в параметрах значение по умолчанию, назначенные для комнатной температуры. После ввода Данных, использование опция Initialize подменю Run для первой оценки параметров, после этого, для оптимизации используют опцию Optimize подменю Run.

ОКНО ПРОГРАММЫ

- Основные компоненты окна MODEL следующие:
- Текстовые поля: имеются четыре текстовые поля: 'T1', 'T2', 'T3', и 'T4'.
- 'T1' и 'T3' импортируются в библиотеки модели MC7. Поле 'T1' определяет название компонента и используется в библиотеке. Другие текстовые поля служат только как дополнительная документация.
- Числовые поля данных: имеют от одного до трех полей данных, в зависимости от Типа устройства и исходных графиков. В поле данных может быть введено от одной до пятидесяти позиций. Данные обычно получаются по ВАХ прибора. Если ВАХ нет, то может быть использована единственная пара значений, найденная в справочниках. Если же и в справочниках нет данных, то параметры модели задаются по умолчанию.

Model 7.0.0 - [C:\MC7PROF\LIBRARY\NEW1.MDL]

File Edit Windows Options View Run

Part 1 NPN

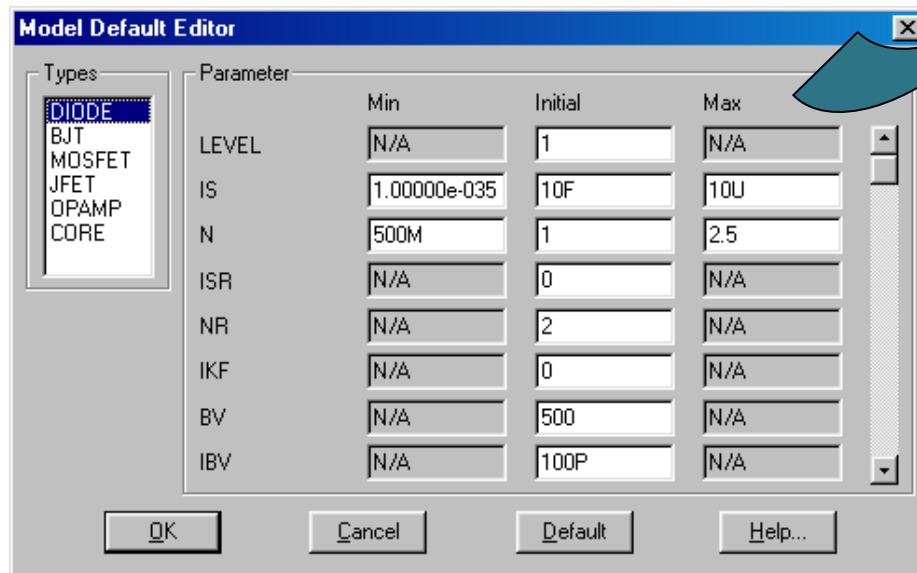
T1	КТ315
T2	ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ГРУПП РЛ1
T3	ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ТРАНЗИСТОР
T4	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ВТОРОЙ

Ic	Vbe
6.10695e-00	0.585031
0.00066970	0.647401
0.00022632	0.617006
0.00035896	0.628857
0.00046134	0.635509
7.791e-005	0.589356
0.00012494	0.601414
9.3351e-005	0.594137

- Удалить данные из таблицы можно за счет нажатия горячих клавиш CTRL/D, или через пункт меню Edit – Delete Data, предварительно выбрав строку данных

ОКНО ПРОГРАММЫ

- В полях Model Parameters расположены значения модельных параметров. Они могут быть исправлены пользователем по экспертным значениям.
- Поля Условий эксперимента Measurement Condition: здесь приводят значение условия проведения эксперимента в процессе получения исходных данных.



Model Parameters

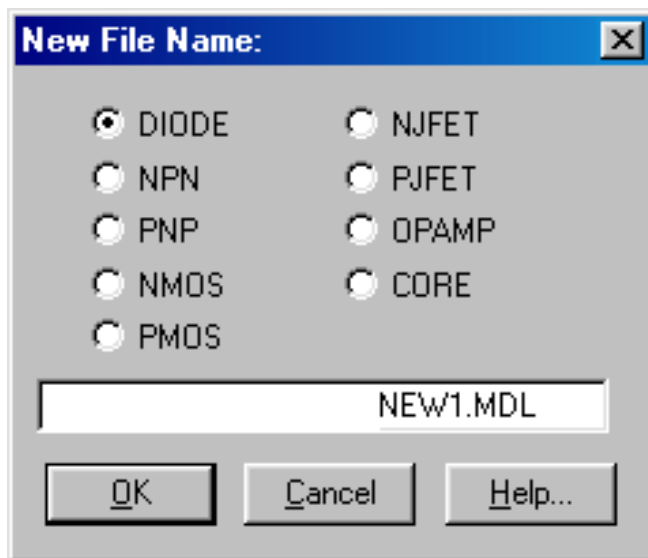
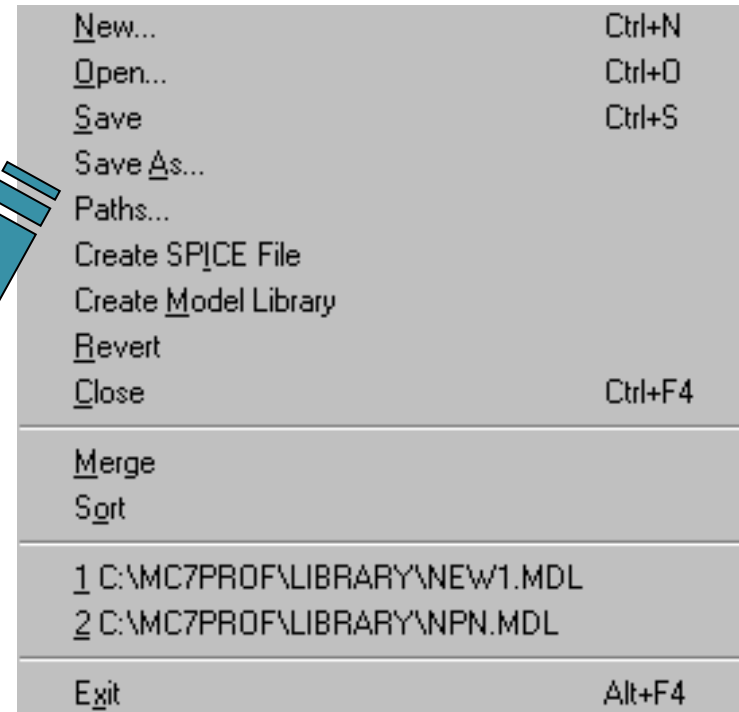
RE	0.5
NF	1
IS	1e-014

Measurement Conditions

- Начальные, по умолчанию параметры задаются в окне Model Default Editor

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД

- Начало работы с программой. После выбора пункта **New...** в окне **New File Name** производится выбор типа прибора для ввода данных с целью получения параметров модели.
- В этом же окне задается и путь к файлу с расширением **MDL** файла программы **MODEL**.



ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД

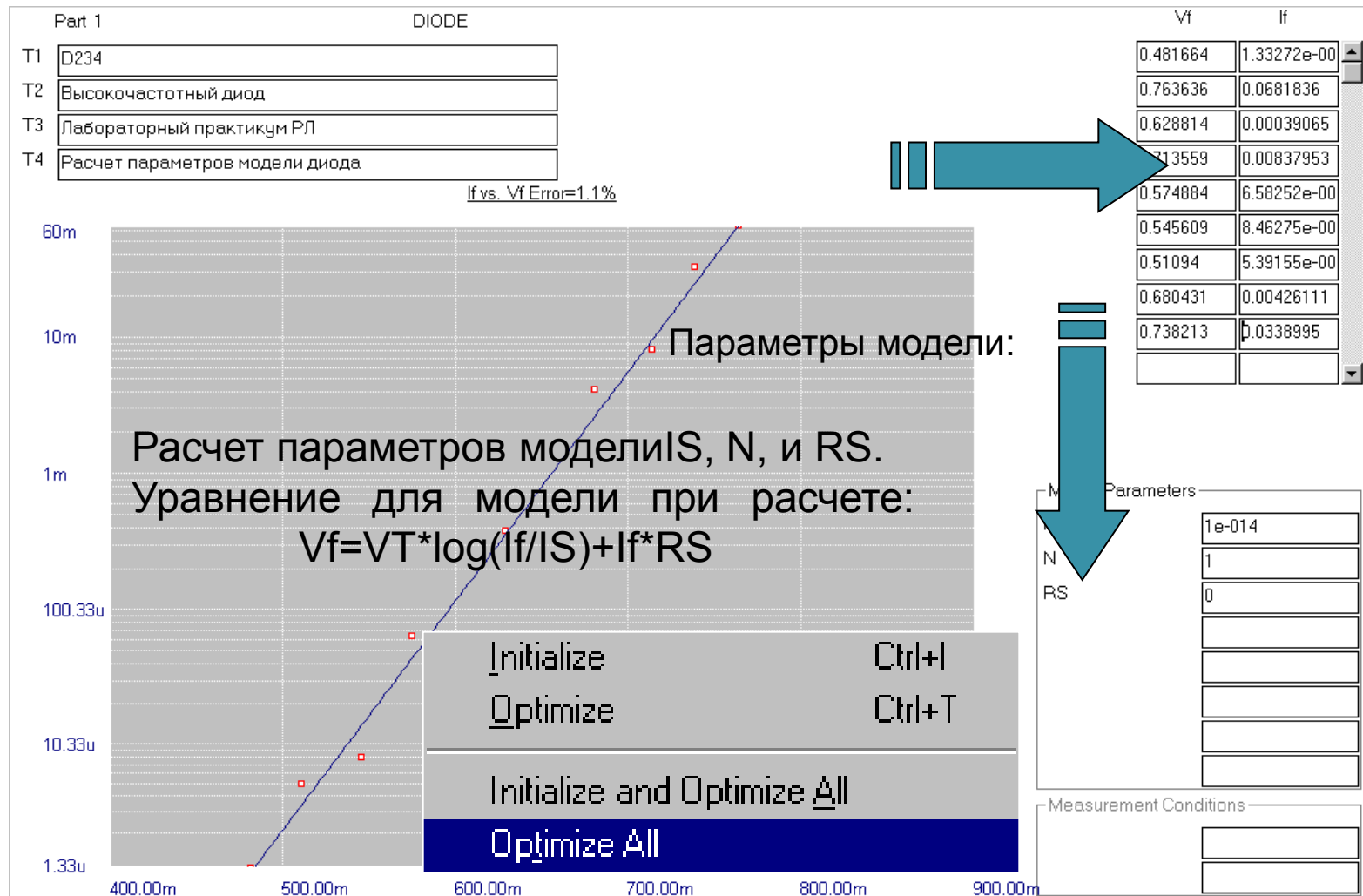
Part 1

DIODE

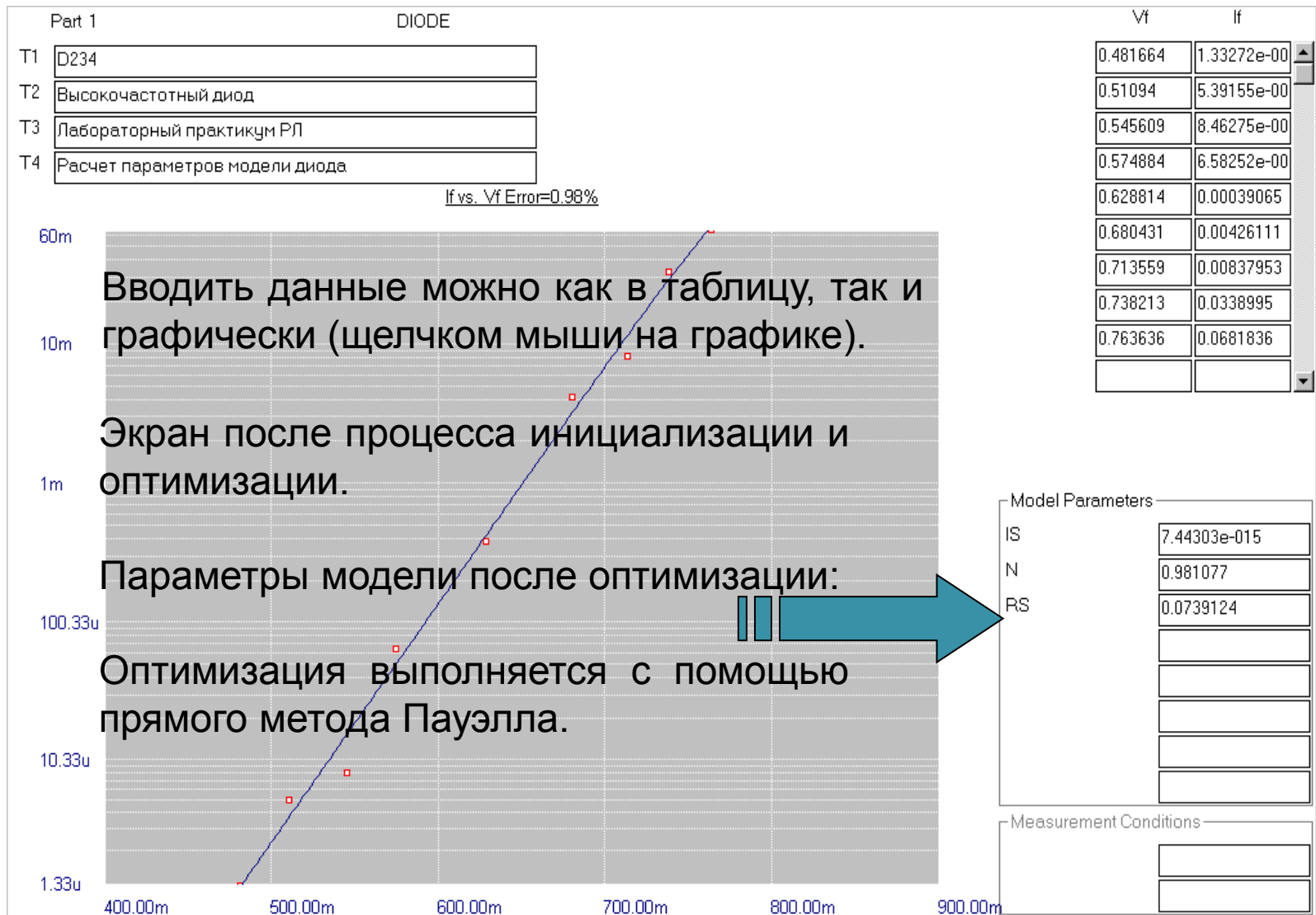
T1	D234
T2	Высокочастотный диод
T3	Лабораторный практикум РЛ
T4	Расчет параметров модели диода

- Описание полей первого экрана расчета параметров модели биполярного транзистора:
- T1 – название прибора, только латинские буквы,
- T2, T3, T4 – поля произвольных комментариев, можно использовать и кириллицу.

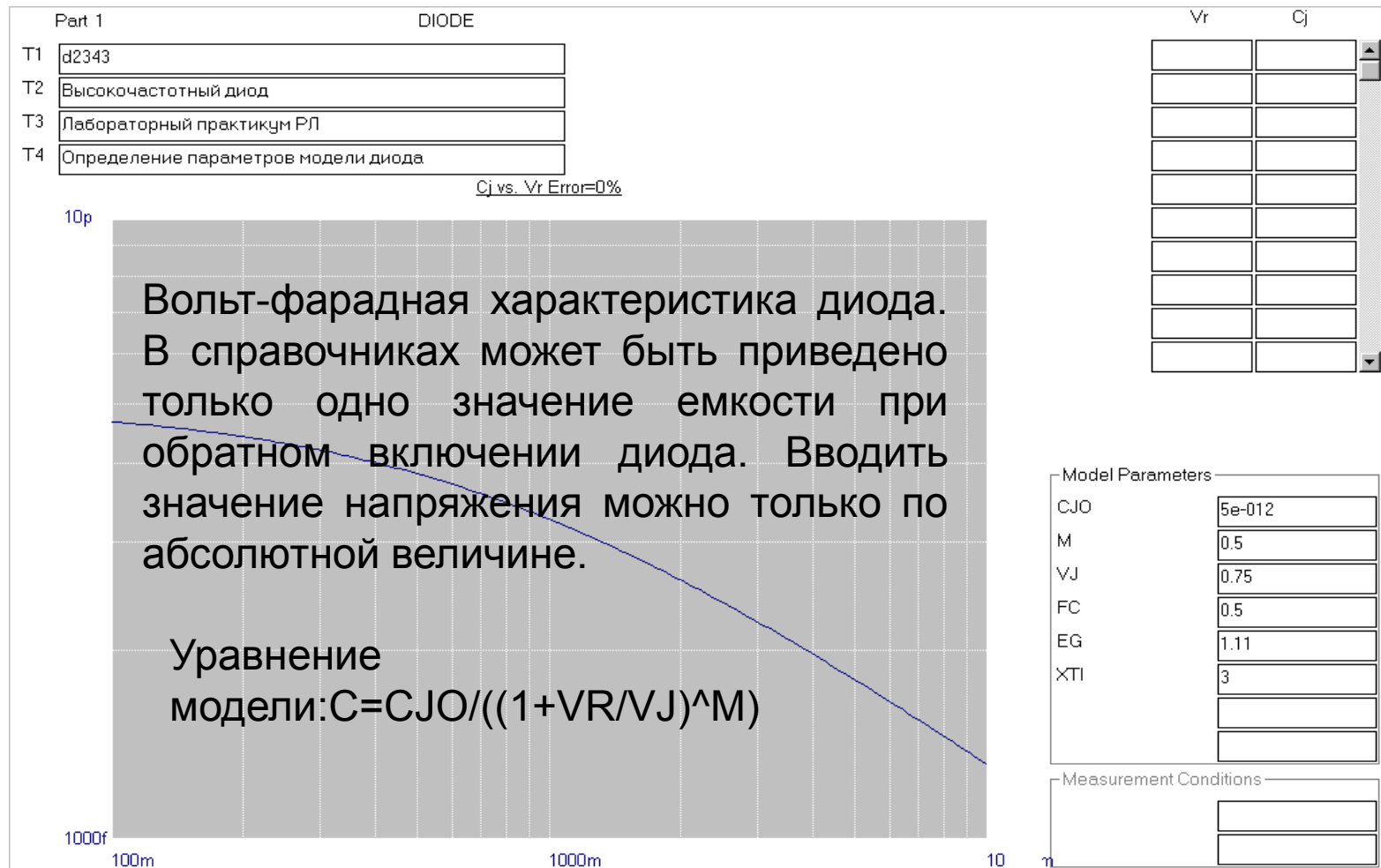
Полупроводниковый диод



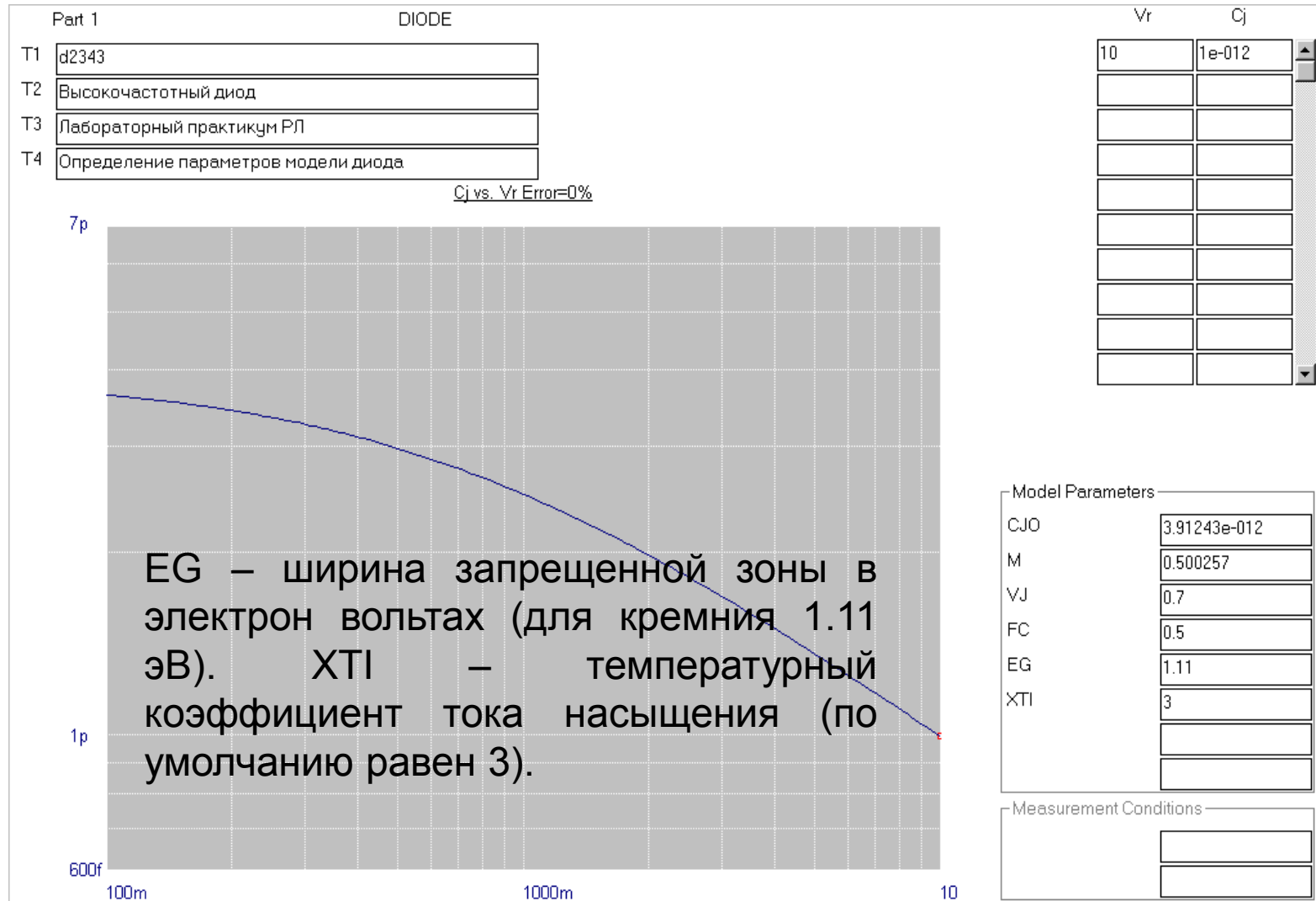
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД



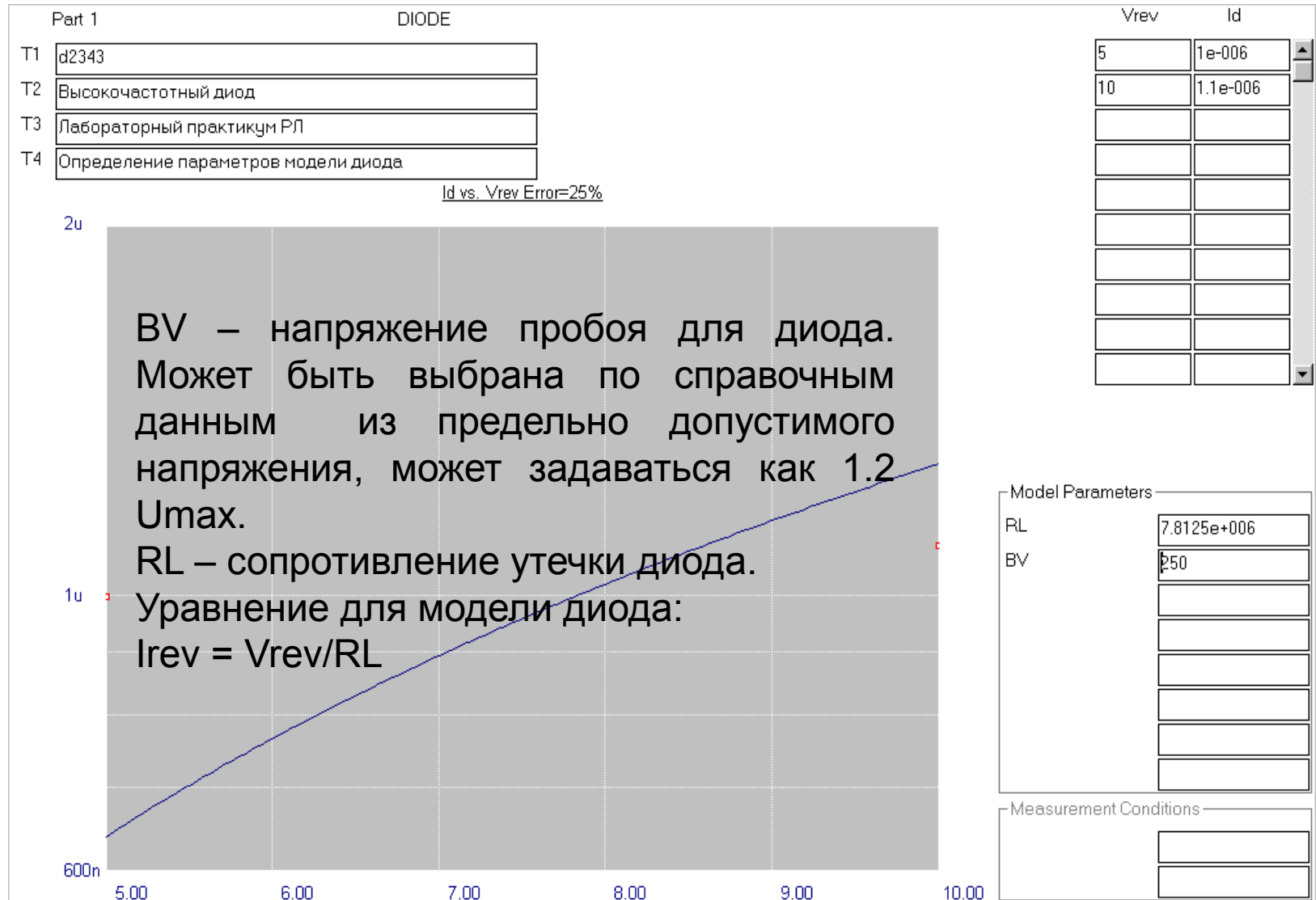
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД



ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД



ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД



ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД

Числовая характеристика процесса восстановления равновесной концентрации определяется значением постоянной времени (обозначается как TT) для диода (среднее время жизни носителей). Это время можно определить следующими способами:

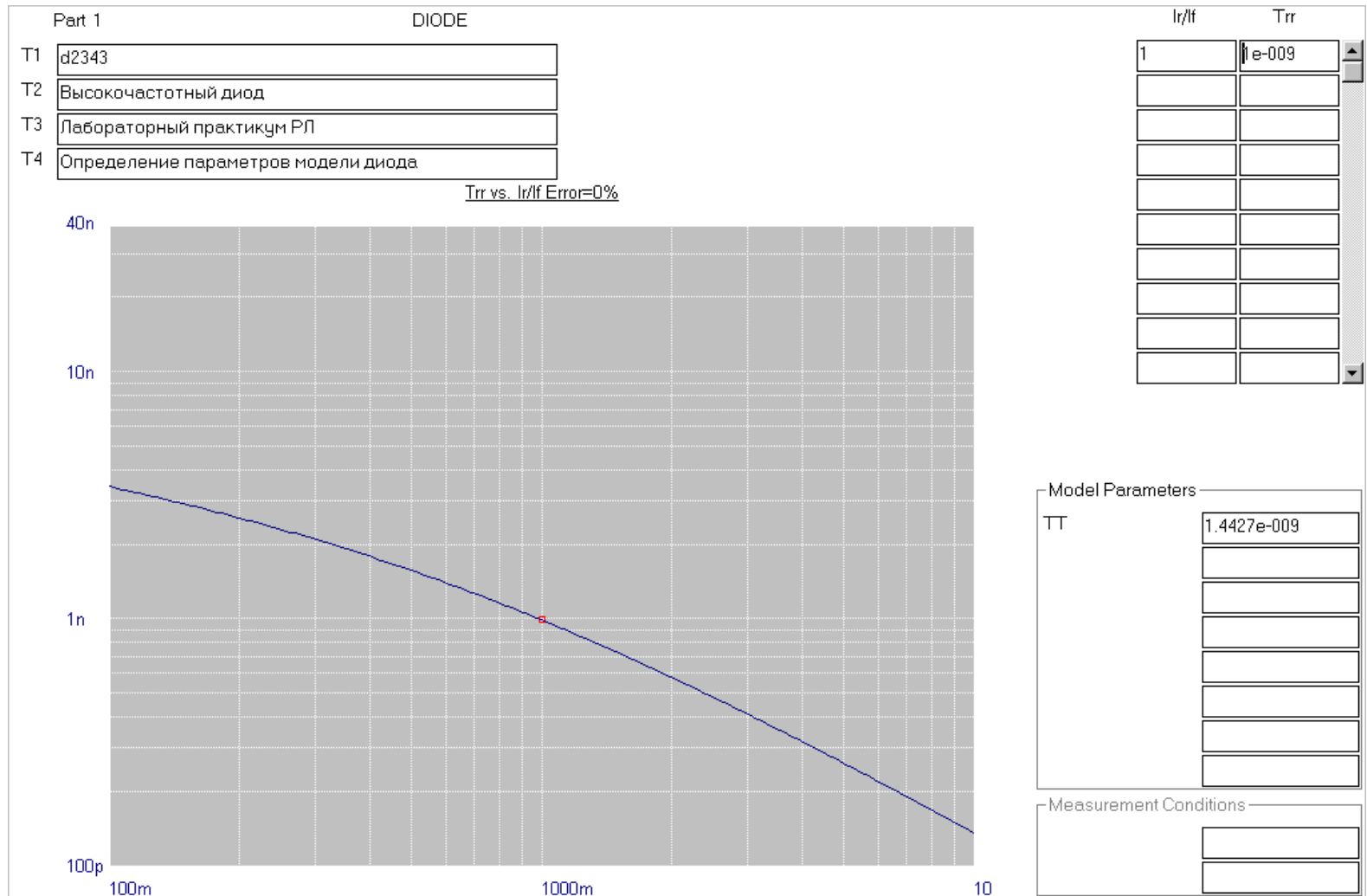
Постоянная времени для диода при сплавной технологии может быть определено как $TT = 4 \cdot t_{вос} (1 + \ln(I_{пр}/I_{обр}))$ -- [4
 $T_{rr} (1 + \ln(I_{rr}/I_f))$.

где – $t_{вос}$ время восстановления обратного сопротивления, $I_{пр}$ - значение прямого тока при котором было измерено значение времени восстановления обратного сопротивления (если данный параметр не указан в ТУ на диод, то вместо вводим значение постоянного прямого тока), $I_{обр}$ - постоянный обратный ток.

При диффузионной технологии можно положить $TT = 1.6 \cdot t_{вос}$.

При известной максимальной частоте выпрямления f_{max} можно оценить время постоянную времени как $TT = [1/(2 \cdot \pi \cdot f_{max})]$

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД



ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД

После расчета параметров модели можно сохранить данные в форматах:

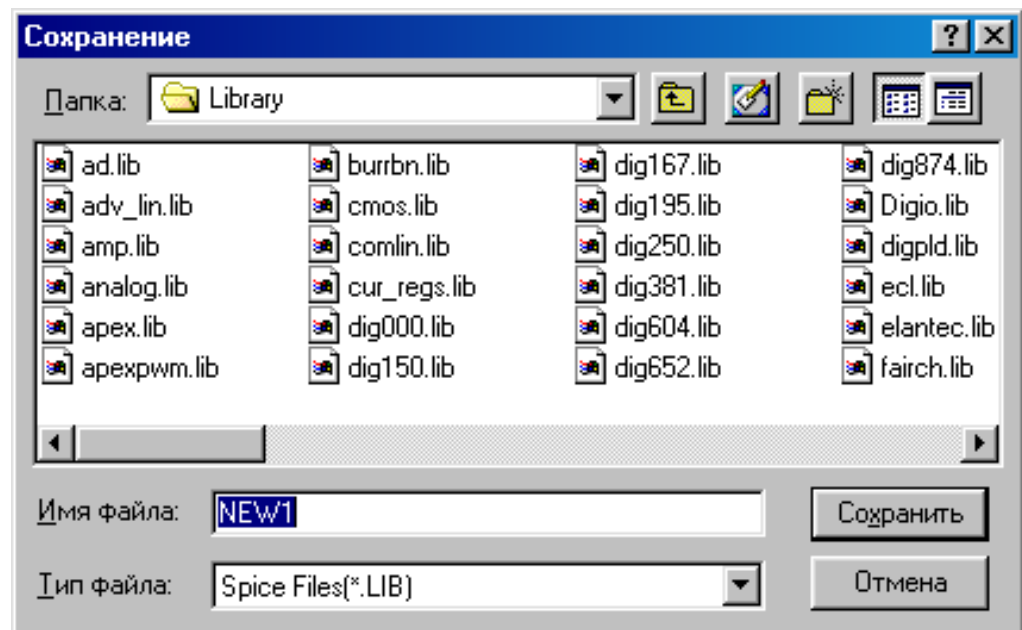
New...
Open...
Save
Save As...
Paths...
Create SPICE File
Create Model Library
Revert
Close

В формате SPICE (файл с расширением LIB) и формате упакованного файла для MC7 (расширение LBR).

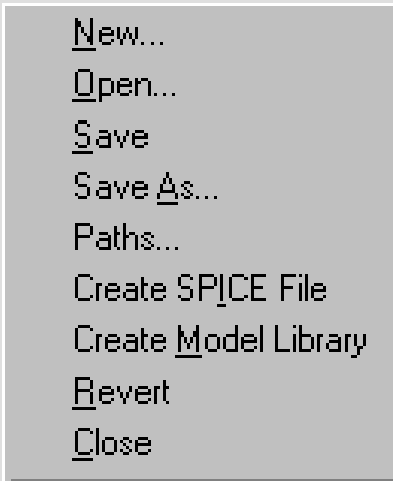
Соответственно пункты меню:

Create SPICE File

Create Model Library



ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД



New...
Open...
Save
Save As...
Paths...
Create SPICE File
Create Model Library
Revert
Close

В формате SPICE (файл с расширением LIB)
Create SPICE File
Содержимое файла в формате SPICE

* NEW1.LIB

*** Лабораторный практикум РЛ

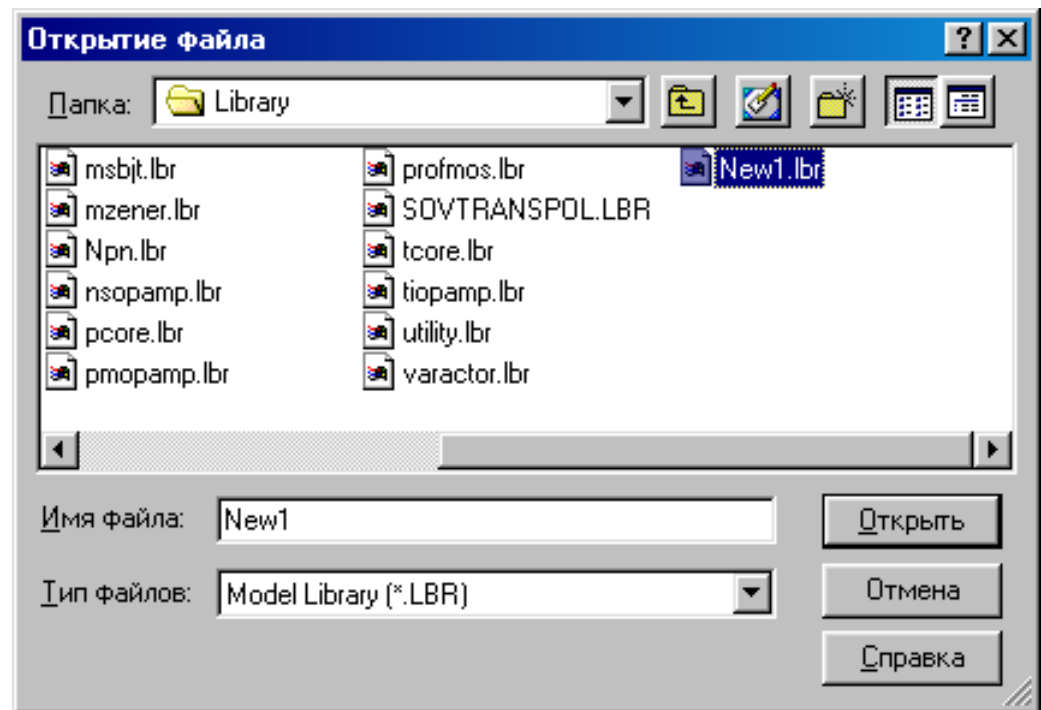
.MODEL d2343 D (IS=10.5505F N=999.868M BV=250 IBV=100P TT=1.4427N CJO=3.91243P
+ UJ=700M M=500.257M EG=1.11 RL=7.8125MEG)

Содержимое файла в формате библиотеки LBR можно просмотреть непосредственно в программе MC7.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД

Содержимое файла в формате библиотеки LBR можно просмотреть непосредственно в программе MC7.

New...
Open...
Save
Save As...
Paths...
Create SPICE File
Create Model Library
Revert
Close



ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД

Diode

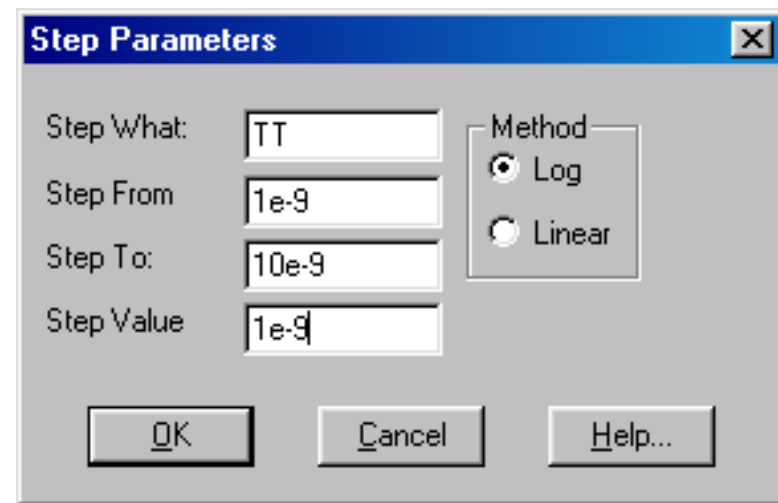
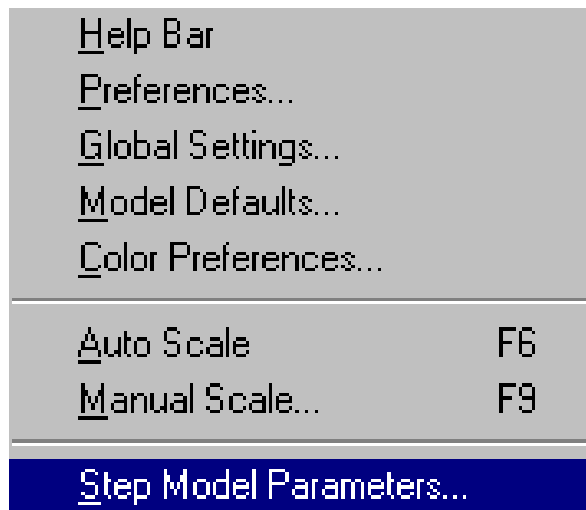
Name

Memo

Name List	Parameters		
d2343	LEVEL <input type="text" value="1"/>	IS <input type="text" value="10.5505F"/>	N <input type="text" value="999.868M"/>
	ISR <input type="text" value="0"/>	NR <input type="text" value="2"/>	IKF <input type="text" value="0"/>
	BV <input type="text" value="250"/>	IBV <input type="text" value="100P"/>	NBV <input type="text" value="1"/>
	IBVL <input type="text" value="0"/>	NBVL <input type="text" value="1"/>	RS <input type="text" value="0"/>
	TT <input type="text" value="1.4427N"/>	CJO <input type="text" value="3.91244P"/>	VJ <input type="text" value="700M"/>
	M <input type="text" value="500.257M"/>	FC <input type="text" value="500M"/>	EG <input type="text" value="1.11"/>
	XTI <input type="text" value="3"/>	TIKF <input type="text" value="0"/>	TBV1 <input type="text" value="0"/>
	TBV2 <input type="text" value="0"/>	TRS1 <input type="text" value="0"/>	TRS2 <input type="text" value="0"/>
	KF <input type="text" value="0"/>	AF <input type="text" value="1"/>	RL <input type="text" value="7.8125MEG"/>
	T_MEASURED <input type="text" value="undefined"/>	T_ABS <input type="text" value="undefined"/>	T_REL_GLOBAL <input type="text" value="undefined"/>
	T_REL_LOCAL <input type="text" value="undefined"/>		

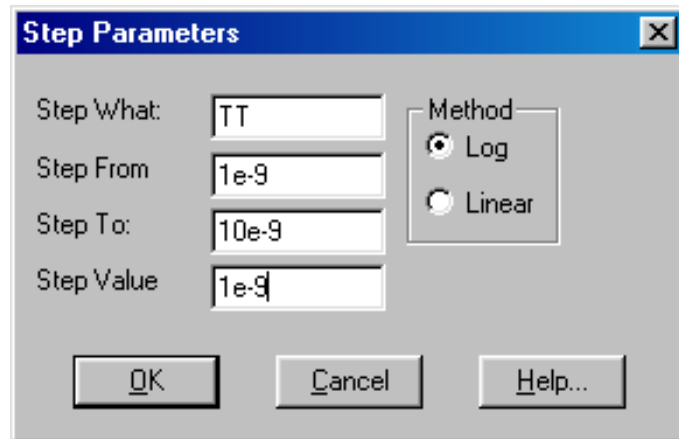
ПРОГРАММА MODEL

Примечание: программа предоставляет возможность изучить влияние вариации отдельных параметров на вид различных характеристик через меню Step Model Parameters



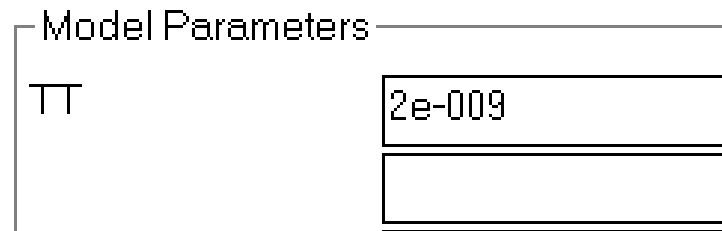
ПРОГРАММА MODEL

Меню Step Model Parameters



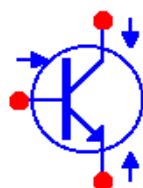
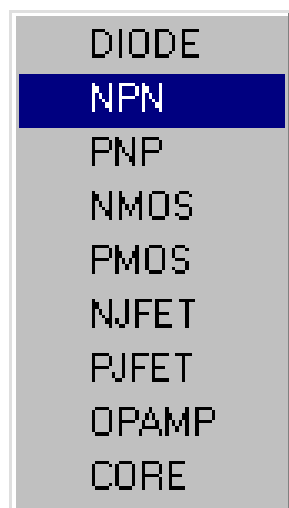
После нажатия клавиши ОК программа будет готова к расчету исходного графика с заданными пределами изменения параметра модели.

Изменение параметра модели и перестроение графика произойдет сразу после нажатия любой клавиши. Одновременно в окне Model Parameters будет указано значение этого параметра для перестроенного графика.

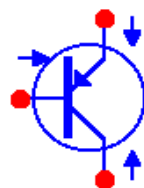


ПРОГРАММА MODEL

После создания модели диода в существующую библиотеку можно подключить новый прибор. Для этого в меню Edit необходимо выбрать пункт меню Add Part и указать какой прибор будет добавлен:



NPN



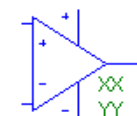
PNP



DNMOS



DPMOS



OPAMP



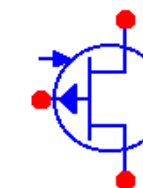
NMOS



PMOS



NJFET



PJFET

ПРОГРАММА MODEL



NPN



PNP

Биполярный транзистор. NPN и PNP тип, соответственно



NJFET



PJFET

Полевой транзистор с р-п переходом. Транзистор с n-каналом и р-каналом.



DNMOS



DPMOS

МОП транзистор n-канальный и р-канальный соответственно с индуцированным каналом.



NMOS



PMOS

МОП транзистор n-канальный и р-канальный соответственно со встроенным каналом.

ПРОГРАММА MODEL



NJFET



PJFET

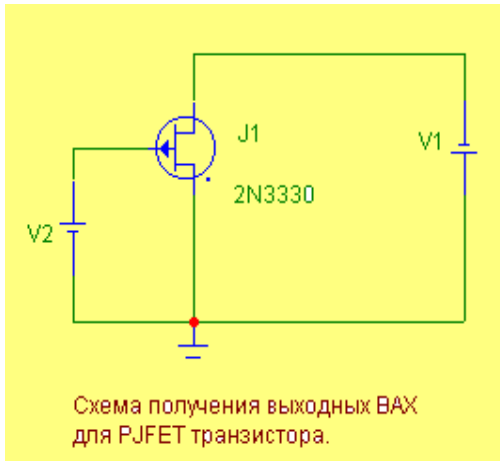
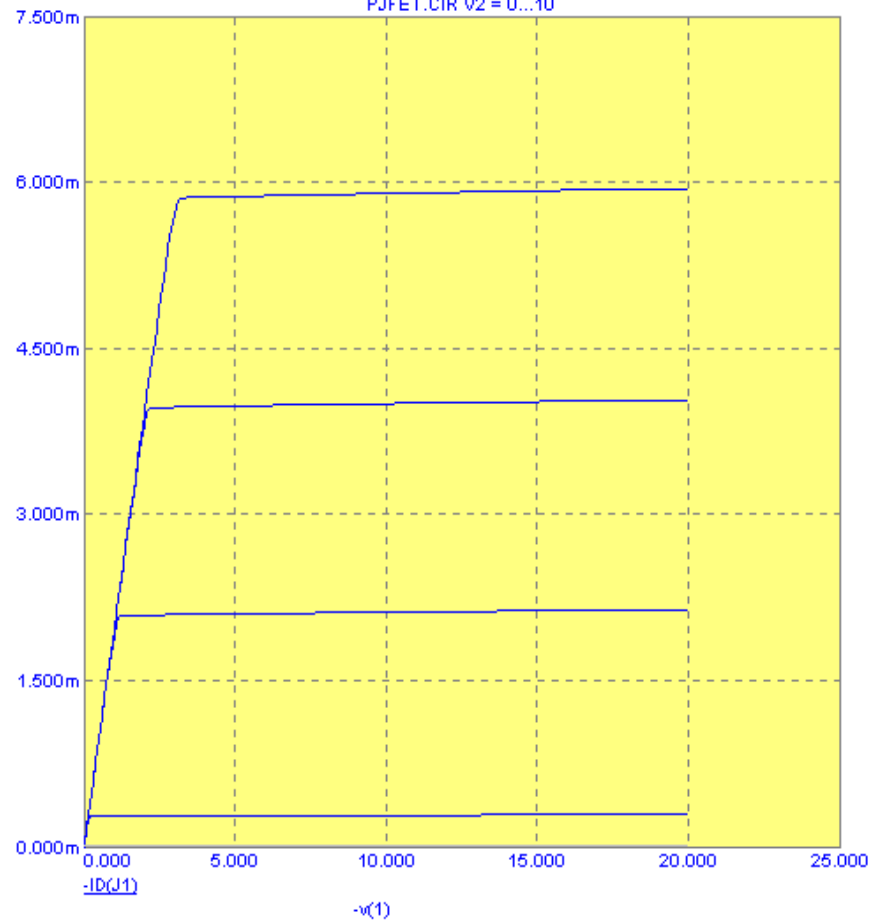


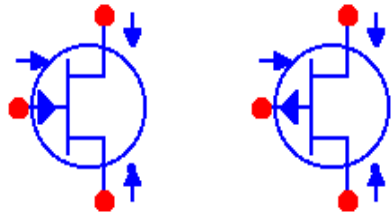
Схема получения выходных ВАХ
для PJFET транзистора.

Полевой транзистор с р-п
переходом. Транзистор с п-

PJFET.CIR V2 = 0...10



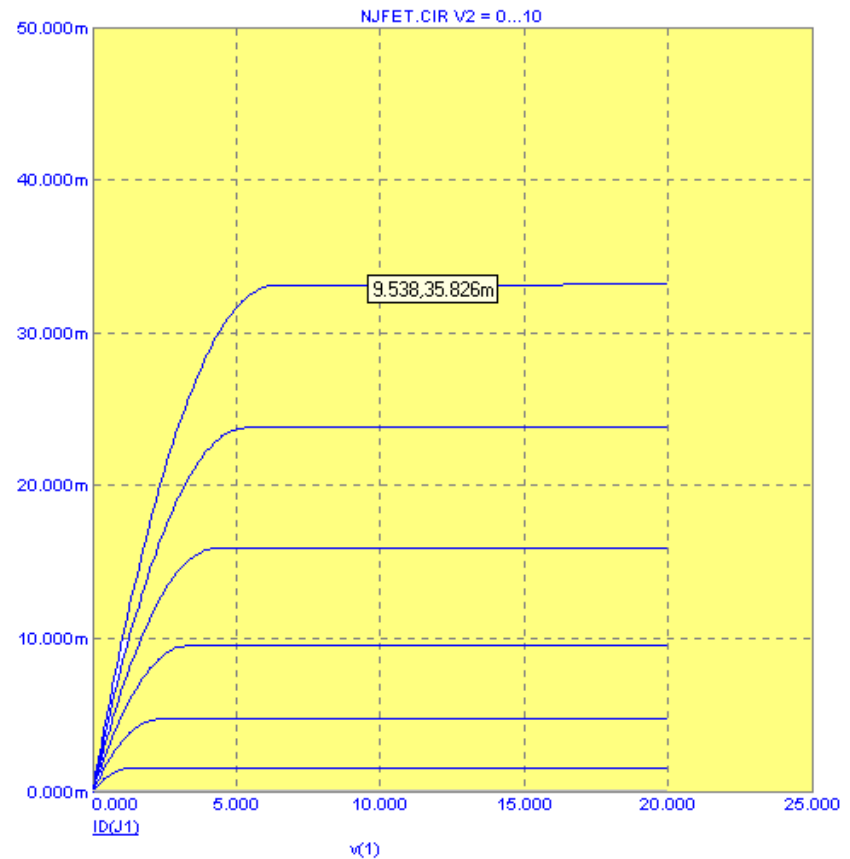
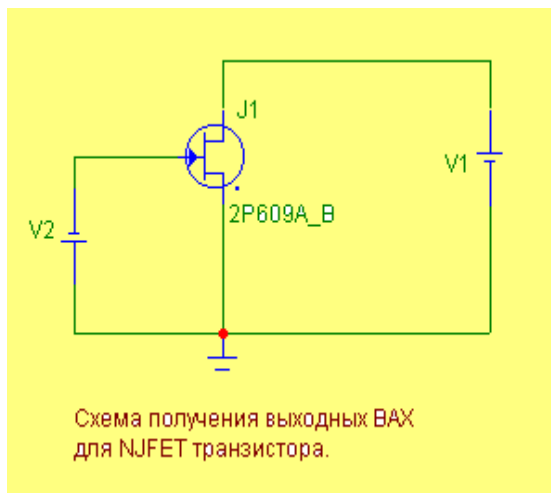
ПРОГРАММА MODEL



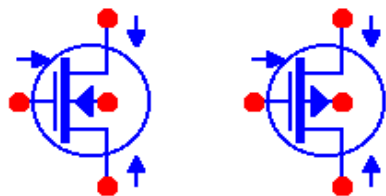
NJFET

PJFET

Полевой транзистор с р-п переходом.
Транзистор с n-каналом и р-каналом.



ПРОГРАММА MODEL



NMOS

PMOS

МОП транзистор n-канальный и р-канальный соответственно со встроенным каналом

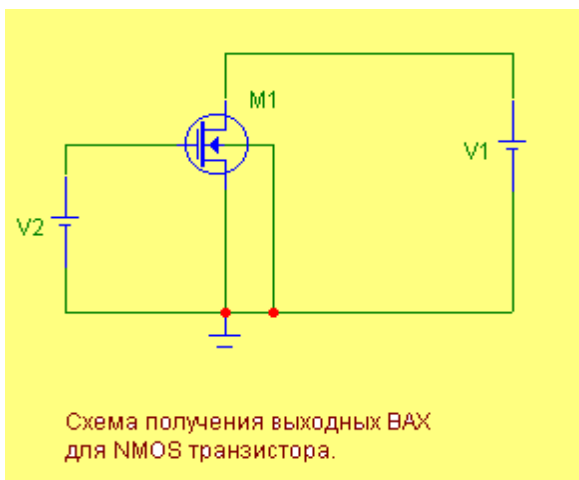
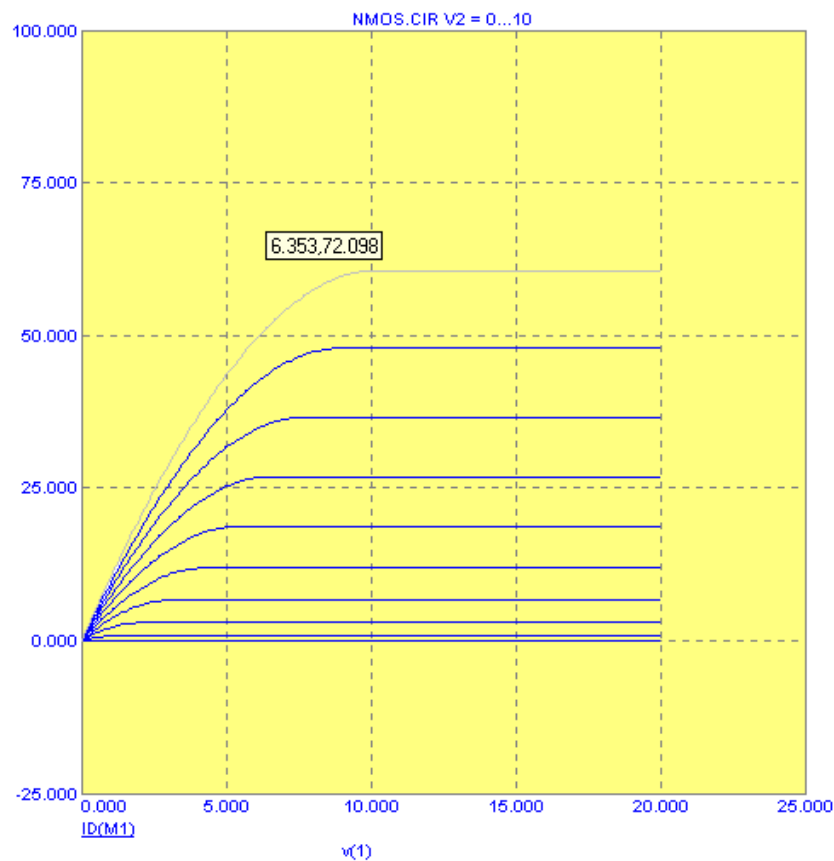
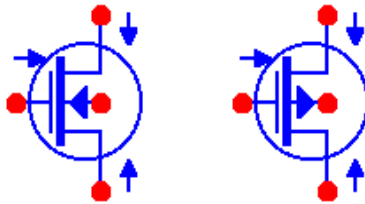


Схема получения выходных ВАХ для NMOS транзистора.



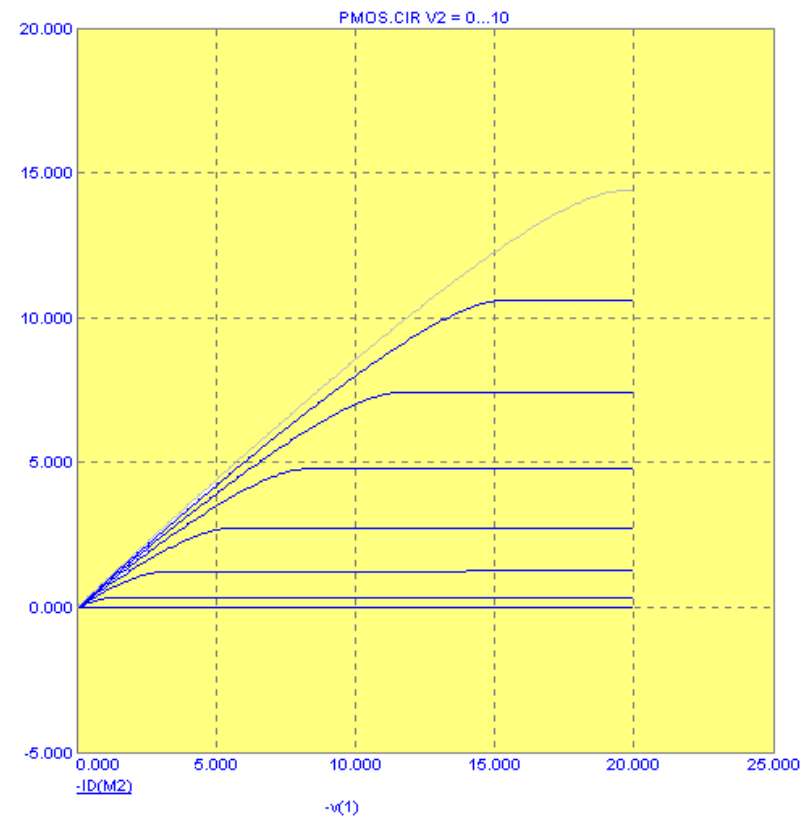
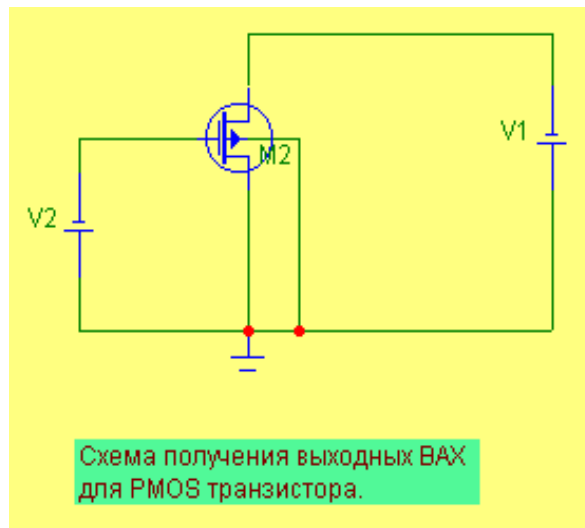
ПРОГРАММА MODEL



NMOS

PMOS

МОП транзистор n-канальный и p-канальный соответственно со встроенным каналом



ПРОГРАММА MODEL

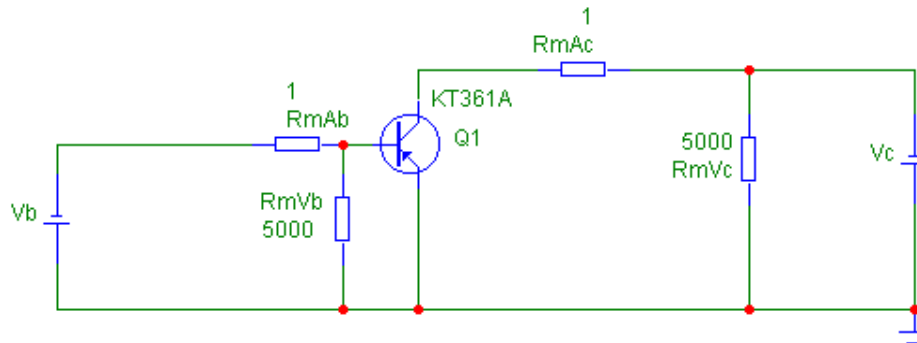
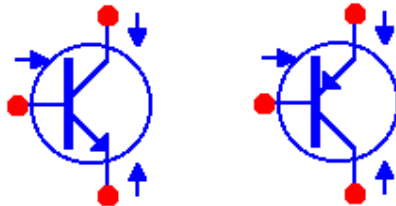


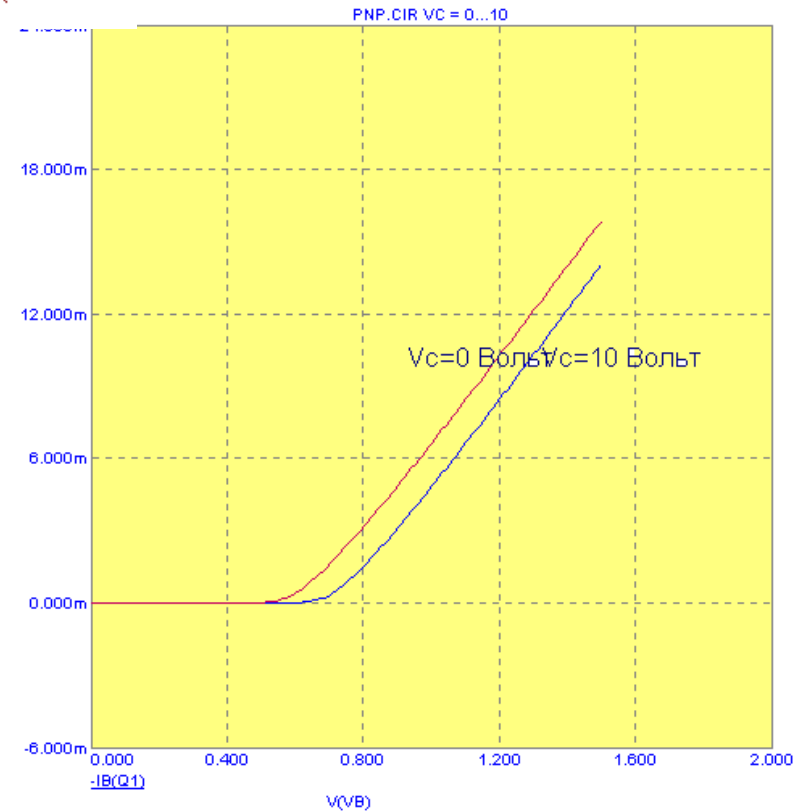
Схема эксперимента по получению выходной и входной ВАХ биполярного транзистора



NPN

PNP

Биполярный
транзистор.
NPN и PNP тип,
соответственно



ПРОГРАММА MODEL

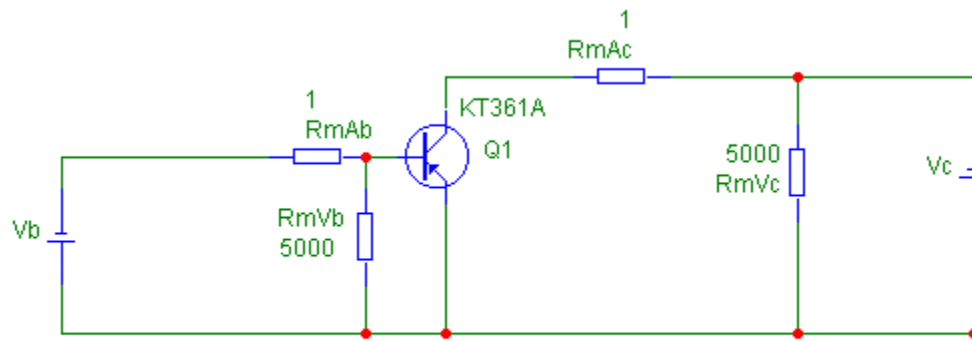


Схема эксперимента по получ 225.000m
биполярного транзистора.

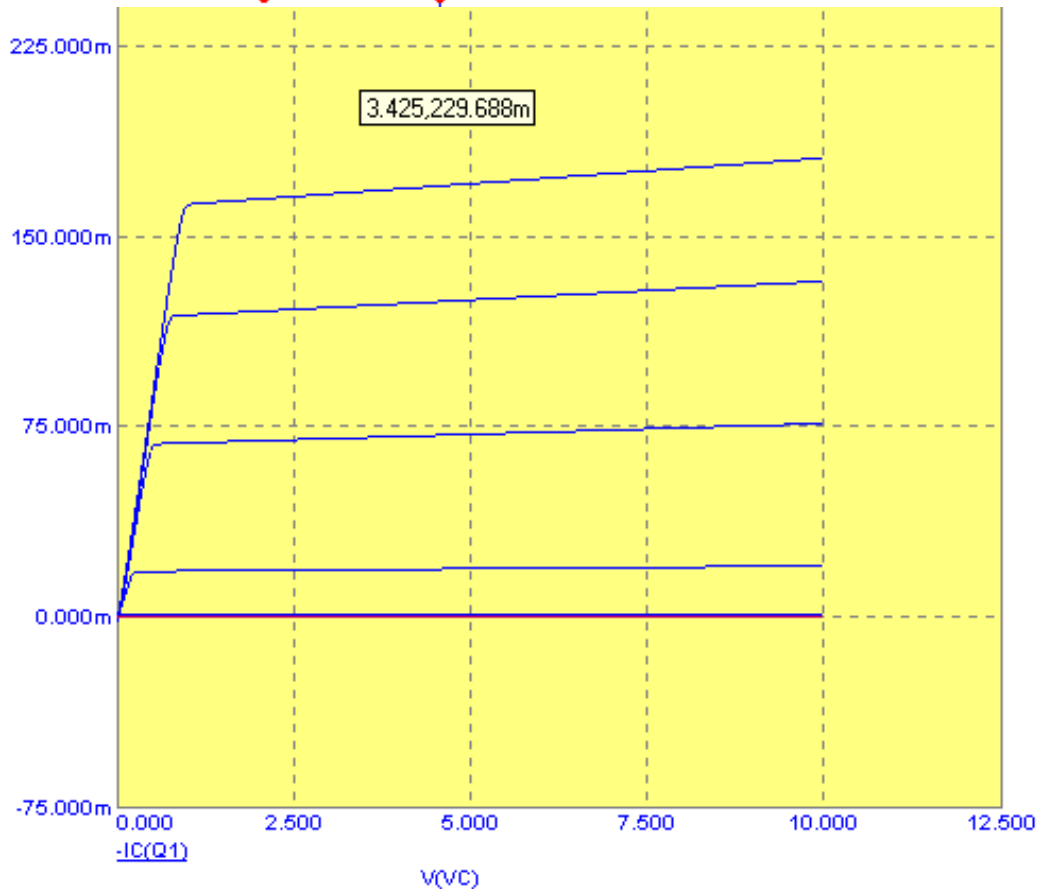


NPN



PNP

Биполярный
транзистор. NPN
и PNP тип,
соответственно



ПРОГРАММА MODEL

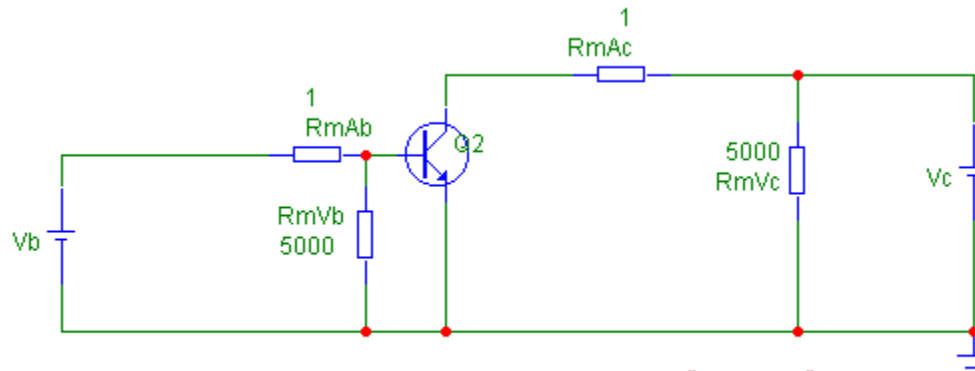
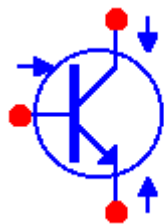


Схема эксперимента по получению выходной и входной ВАХ биполярного транзистора.

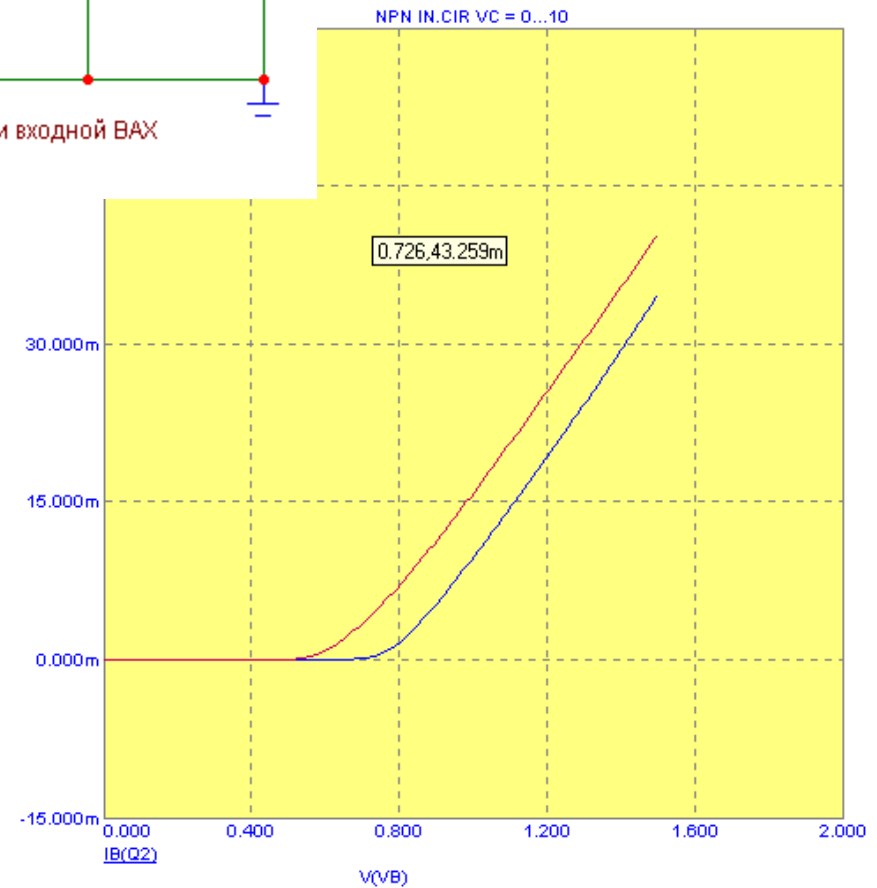


NPN



PNP

Биполярный транзистор.
NPN и PNP тип,
соответственно



ПРОГРАММА MODEL

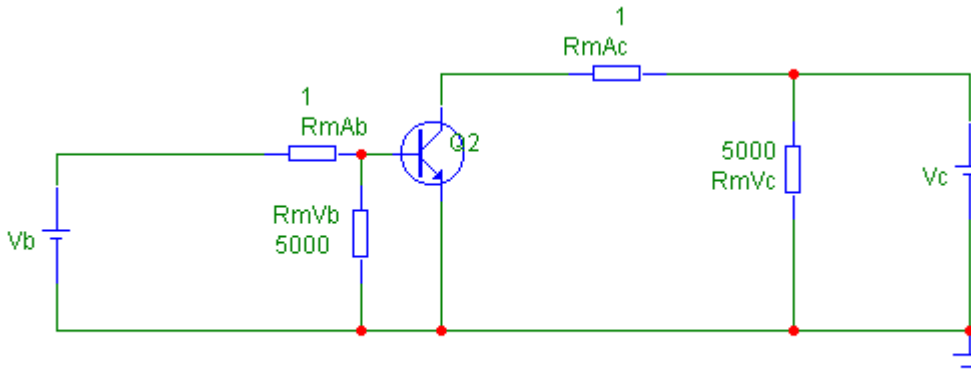


Схема эксперимента по получению выходной и входной ВАХ биполярного транзистора.

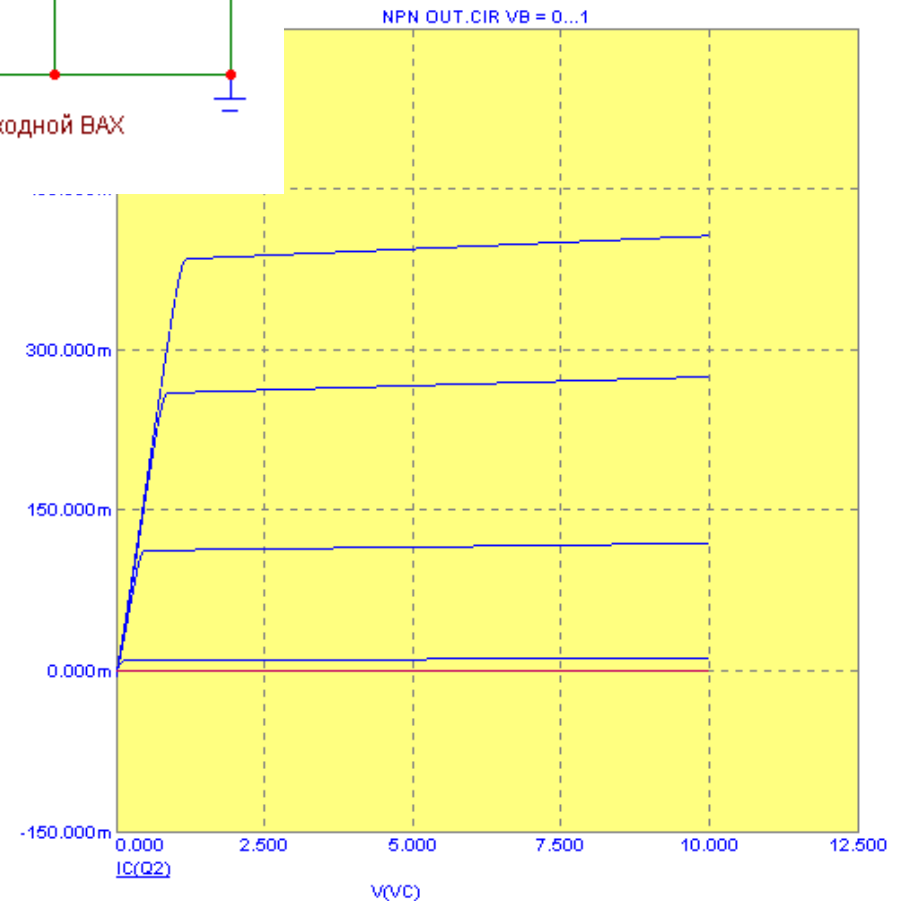


NPN

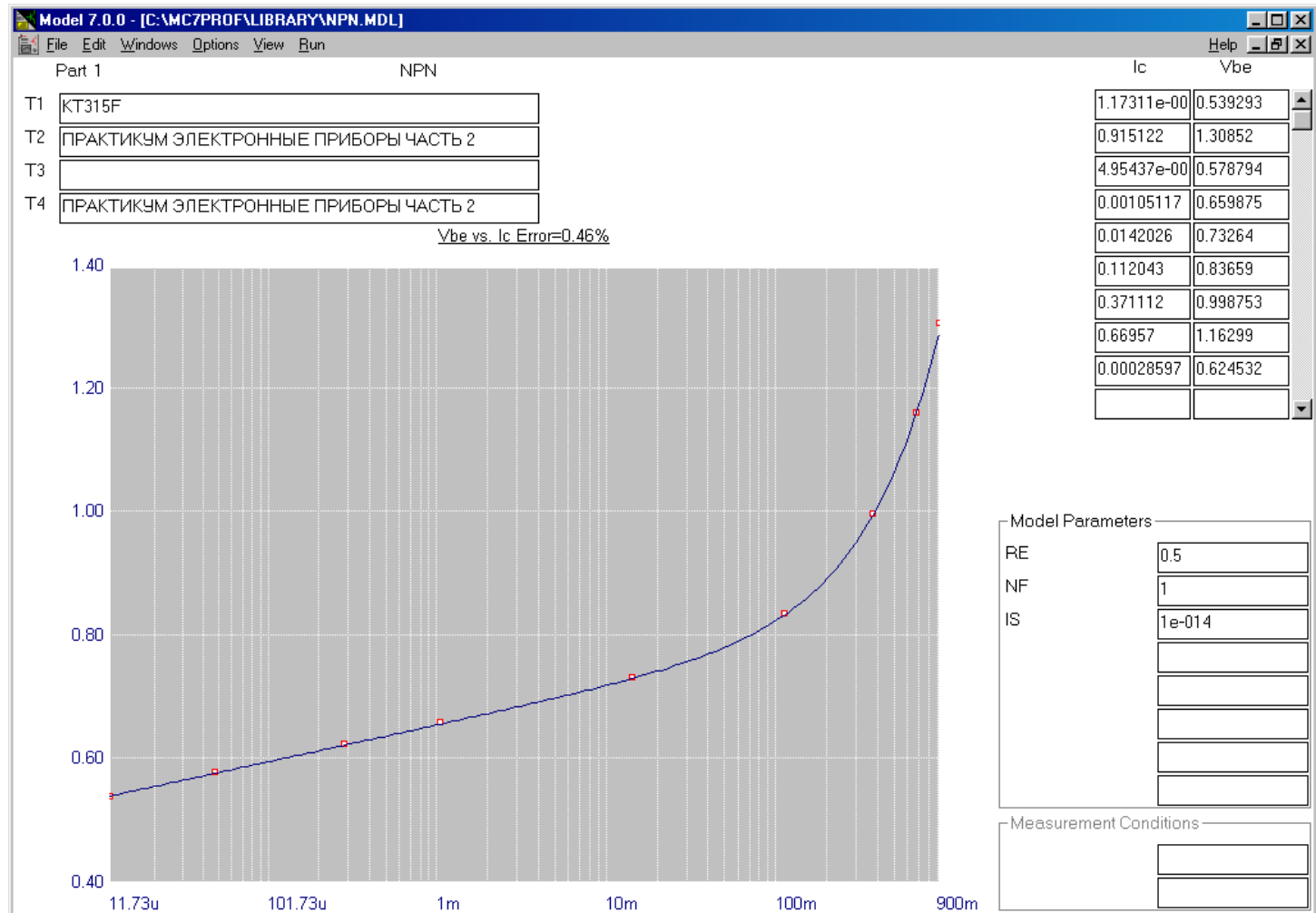


PNP

Биполярный транзистор.
NPN и PNP тип,
соответственно



БИПОЛЯРНЫЙ ТРАНЗИСТОР



БИПОЛЯРНЫЙ ТРАНЗИСТОР

The screenshot shows a software window titled "Model 7.0.0 - [C:\MC7PROF\LIBRARY\NPN.MDL]". The menu bar includes "File", "Edit", "Windows", "Options", "View", and "Run". The main area is divided into two columns: "Part 1" and "NPN". Below these columns are four input fields labeled T1, T2, T3, and T4. T1 contains "КТ315F", T2 contains "ПРАКТИКУМ ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ ЧАСТЬ 2", T3 is empty, and T4 contains "ПРАКТИКУМ ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ ЧАСТЬ 2".

	Part 1	NPN
T1	КТ315F	
T2	ПРАКТИКУМ ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ ЧАСТЬ 2	
T3		
T4	ПРАКТИКУМ ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ ЧАСТЬ 2	

Описание полей первого экрана расчета параметров модели биполярного транзистора:

T1 – название прибора, только латинские буквы,

T2, T3, T4 – поля произвольных комментариев, можно использовать и кириллицу.

БИПОЛЯРНЫЙ ТРАНЗИСТОР

- В таблицу данных заносят данные по току коллектора и напряжения база эмиттер в режиме насыщения. В явном виде эти данные в справочниках не приводятся. Но их можно получить используя входные и выходные ВАХ.
- После этого производят инициализацию начальных условий, нажатием клавиш **CTRL-I**, затем нажатием клавиш **CTRL-T** производят оптимизацию параметров на основе введенных данных.
- ПРИМЕЧАНИЕ:** параметры *EG* – ширина запрещенной зоны и *XTI* – температурный коэффициент *IS* не рассчитываются, а вводятся.

Ic	Vbe
1.17311e-00	0.539293
0.915122	1.30852
4.95437e-00	0.578794
0.00105117	0.659875
0.0142026	0.73264
0.112043	0.83659
0.371112	0.998753
0.66957	1.16299
0.00028597	0.6245

Model Parameters

RE	0.508434
NF	1.0024
IS	9.99763e-015

Measurement Conditions

Измерение выходной ВАХ

DC Analysis Limits

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

Sweep

	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	VC	10,0,0.001
Variable 2	Linear	VB	0.8,0.3,0.1





Temperature

Method	Range
Linear	27

Number of Points 51

Maximum Change % 5

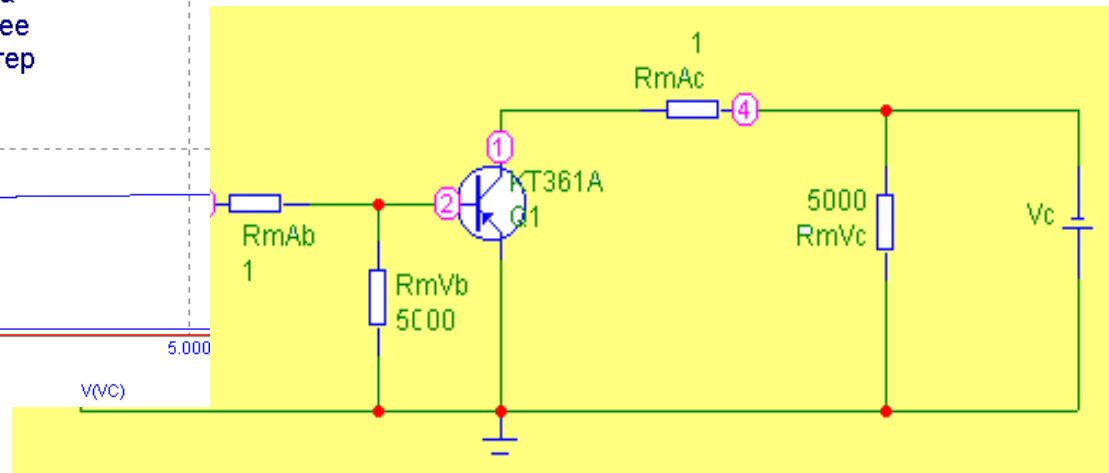
Run Options Normal ☐ Auto Scale Ranges

	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
   	1	DCINPUT1	-IC(Q1)	10,0,2.5	0.1,0.0,0.025

Выходная ВАХ



Определение тока коллектора насыщения и напряжения на коллекторе в режиме насыщения. Ток равен 67.873 мА, а напряжение 0.566 В.



В реальном эксперименте определяется значение тока базы насыщения, и только потом напряжение эмиттер база насыщения.

Входная ВАХ

DC Analysis Limits

Sweep

	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	VB	0.8,0.3,0.01
Variable 2	List	VC	0.566

Temperature

Method	Range
Linear	27

Number of Points: 10

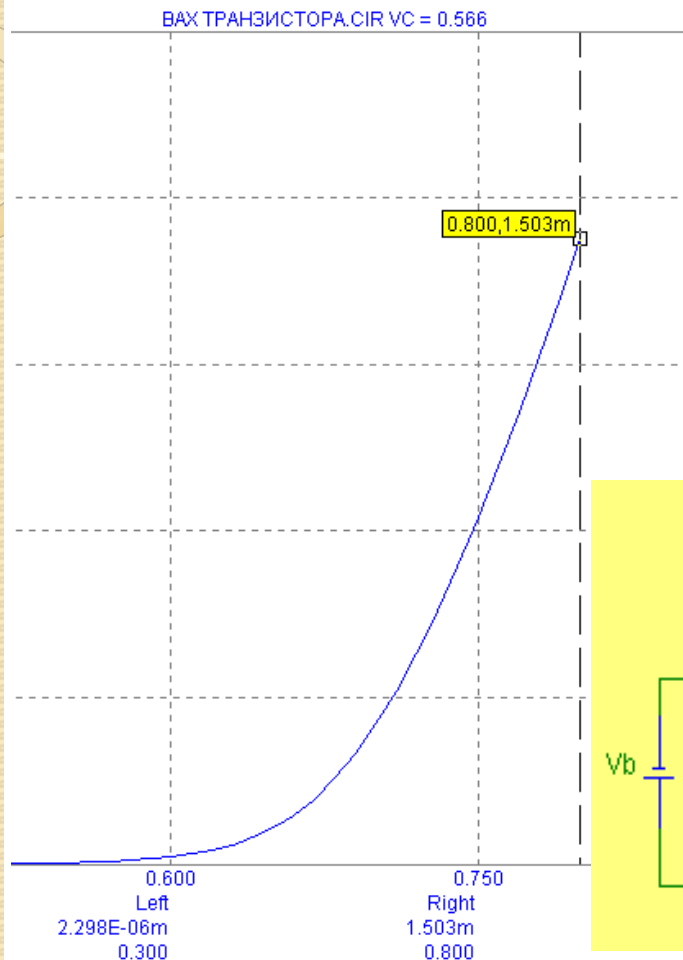
Maximum Change %: 5

Run Options: Normal ☒ Auto Scale Ranges

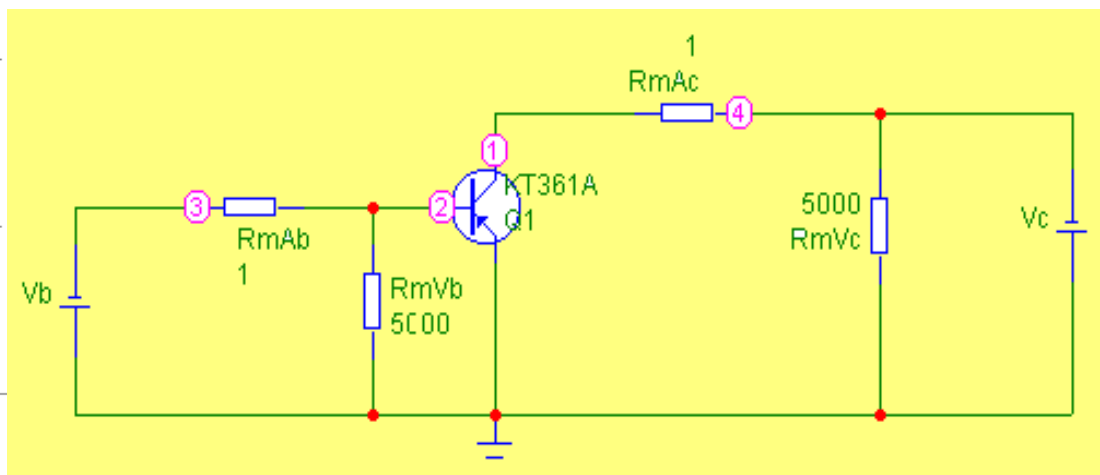
P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
1	DCINPUT1	-IB(Q1)	1.05,0.3,0.15	0.002,0,0.0004

Runs the analysis.

Входная ВАХ



Определение тока насыщения базы транзистора при определенном ранее напряжении насыщения база – эмиттер для определенного напряжения на коллекторе по выходным характеристикам (0.566 В). Это напряжение равно 0.800 В.



В реальном эксперименте по входной ВАХ определяется напряжение насыщения база эмиттер по току базы насыщения.

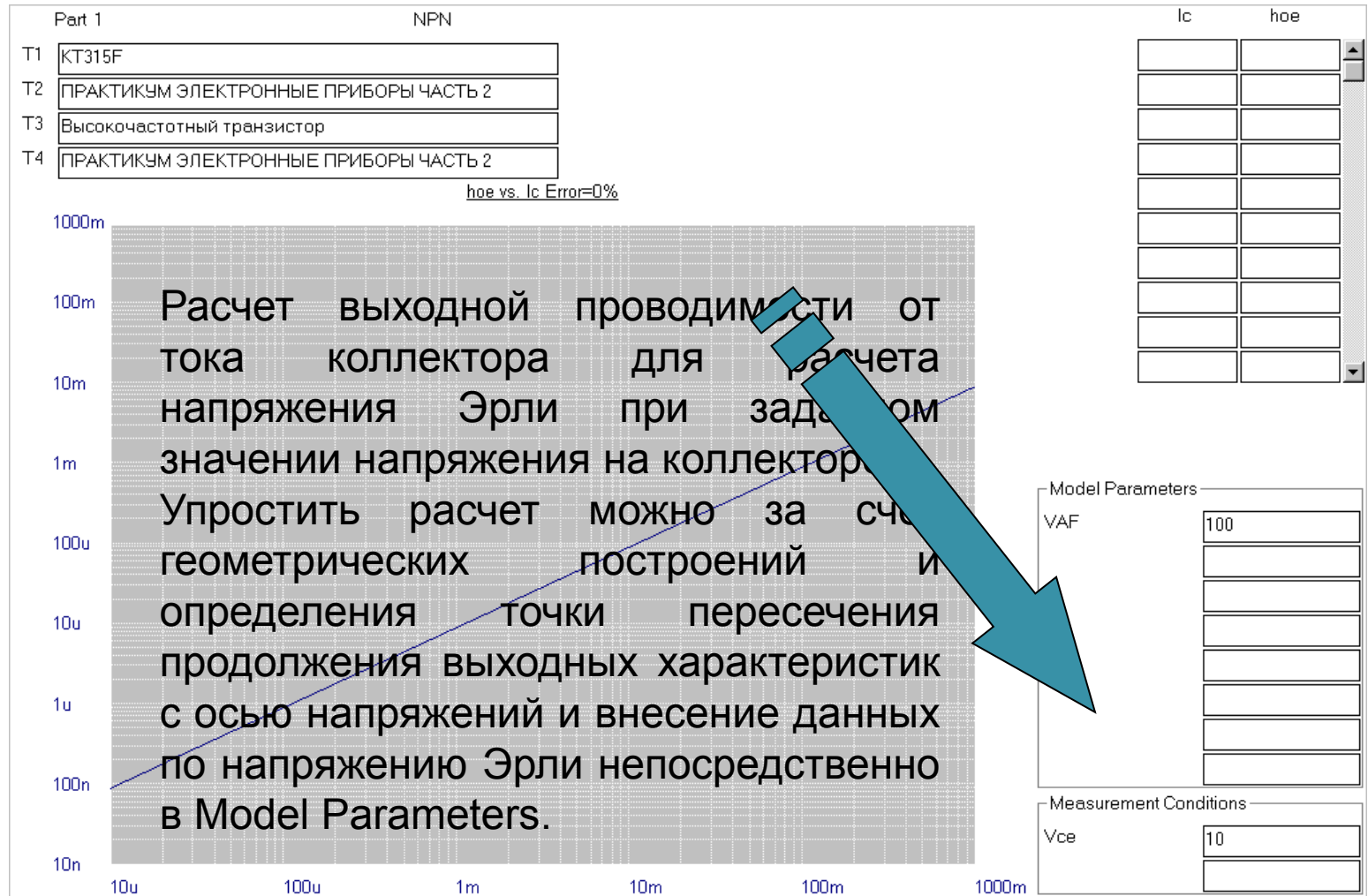
Заполнение таблицы

Ic	Vbe
1.17311e-00	0.539293
4.95437e-00	0.578794
0.00028597	0.624532
0.00105117	0.659875
0.0142026	0.73264
0.112043	0.83659
0.371112	0.998753
0.66957	1.16299
0.915122	1.30852

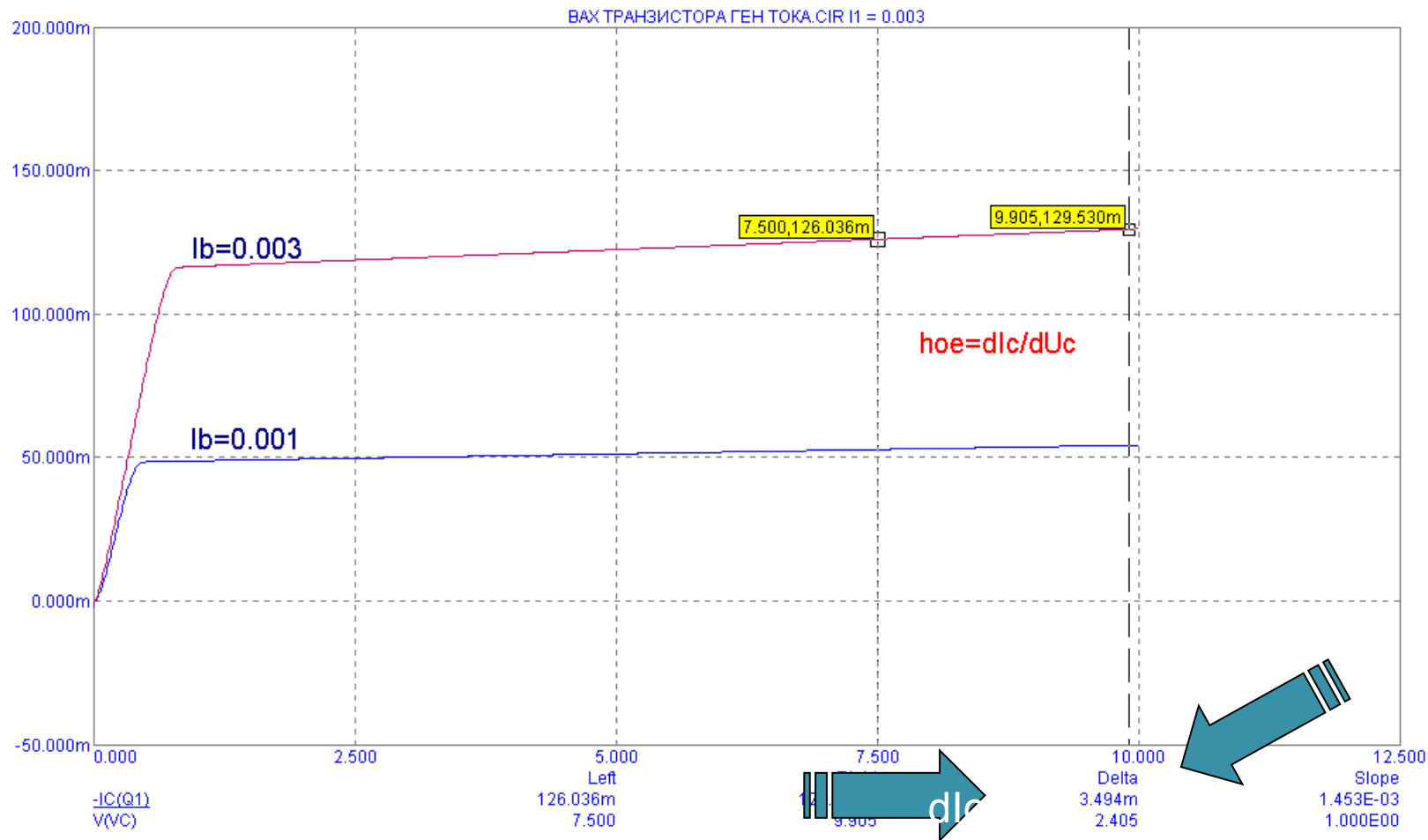
Заполнение таблицы данных для тока коллектора насыщения и соответствующему ему напряжению база эмиттер.

По данным входной ВАХ и выходной ВАХ заполняется таблица данных в верхнем правом углу экрана. После этого производят инициализацию начальных условий, нажатием клавиш **CTRL-I**, затем нажатием клавиш **CTRL-T** производят оптимизацию параметров на основе введенных данных.

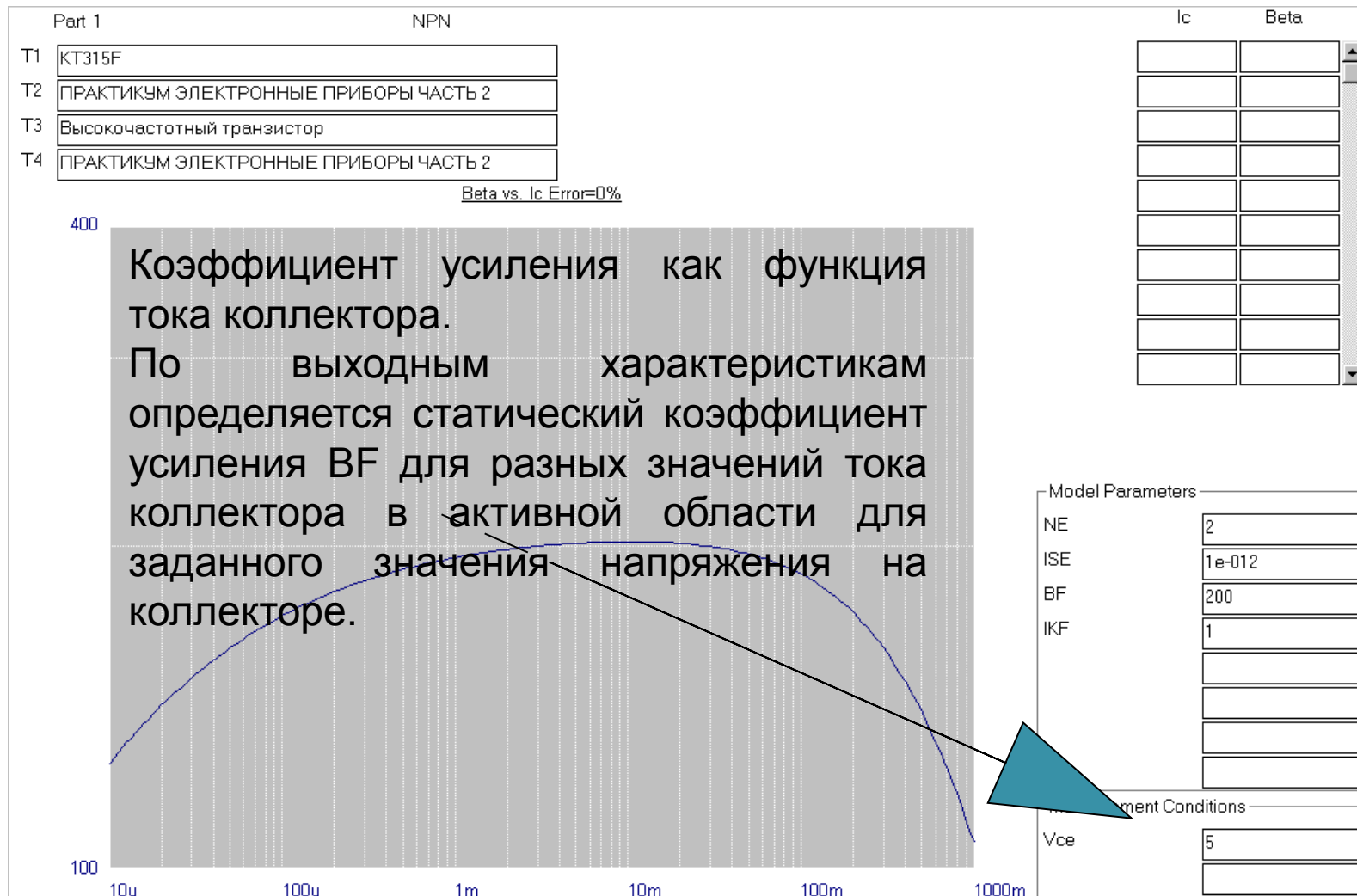
Второй экран расчета модели



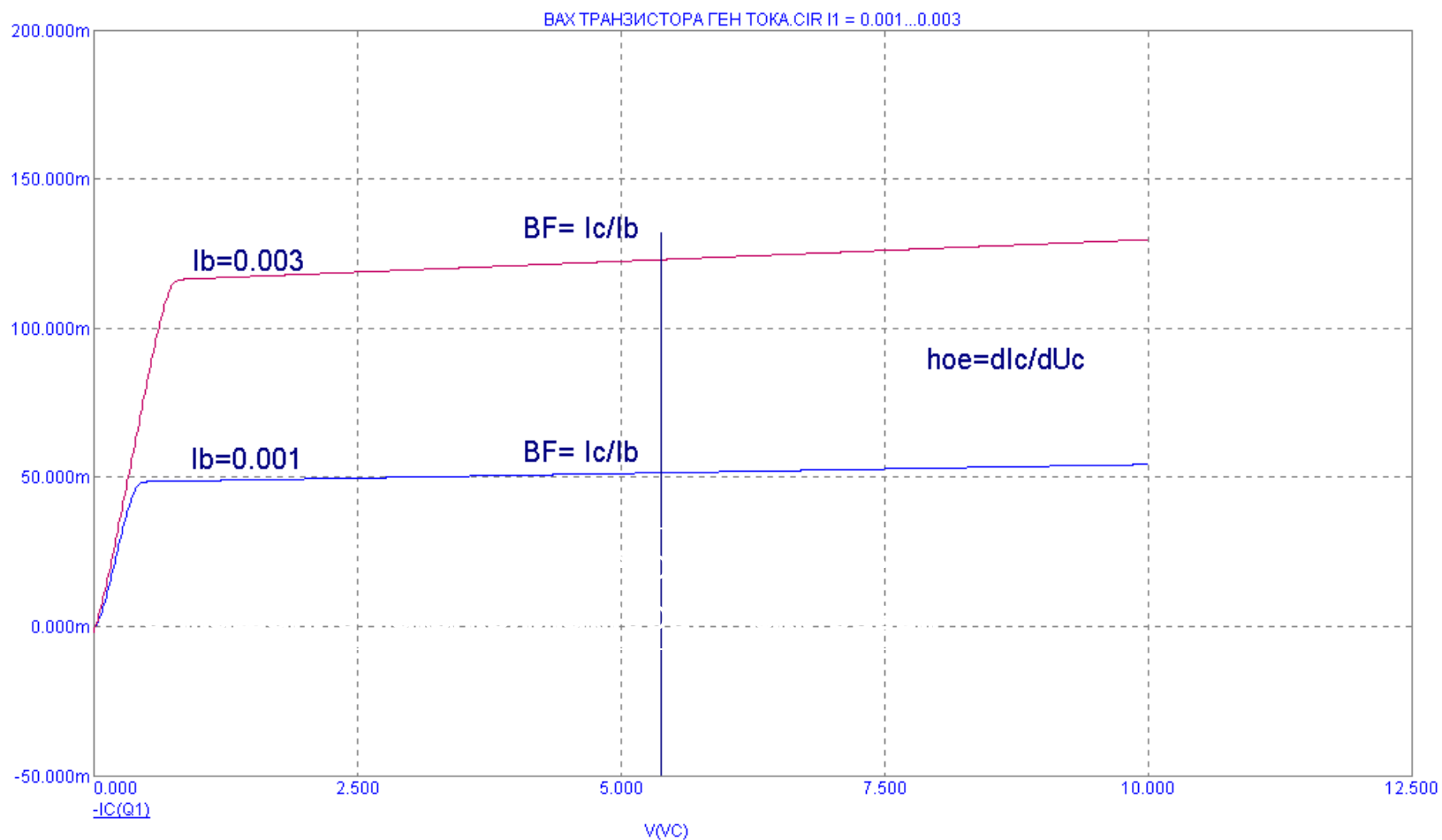
Второй экран расчета модели



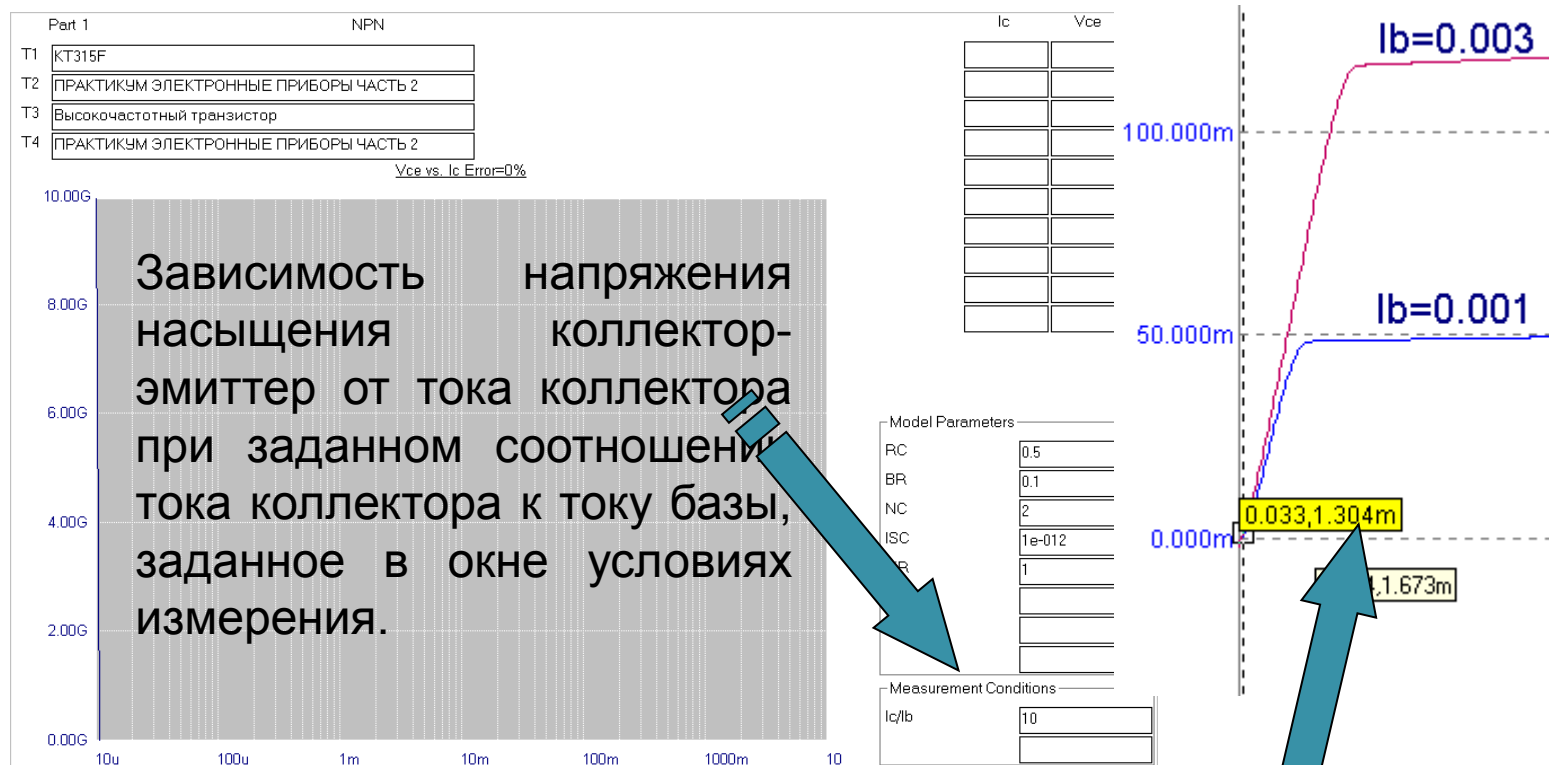
Третий экран расчета



Определение BF

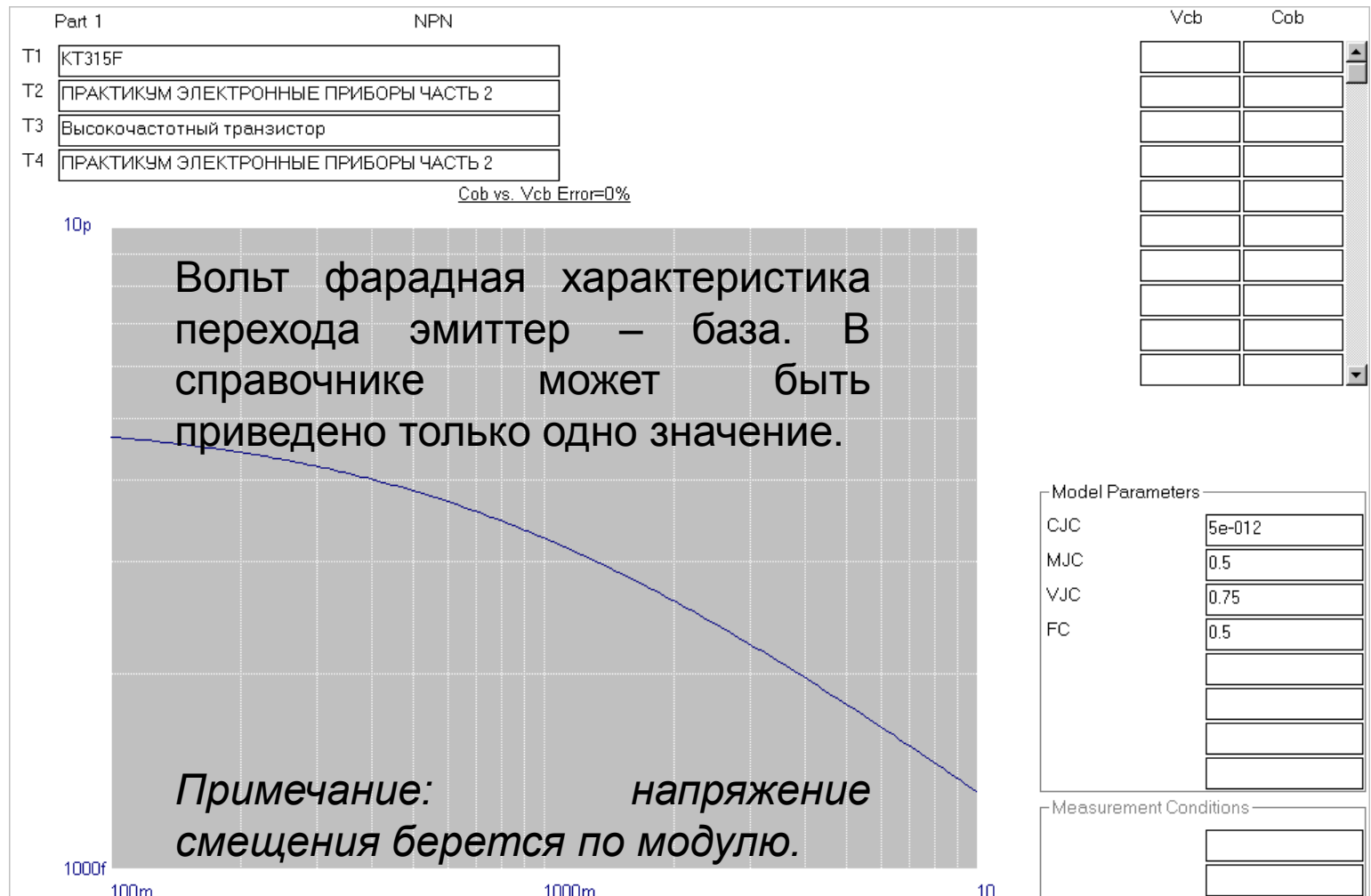


Четвертый экран

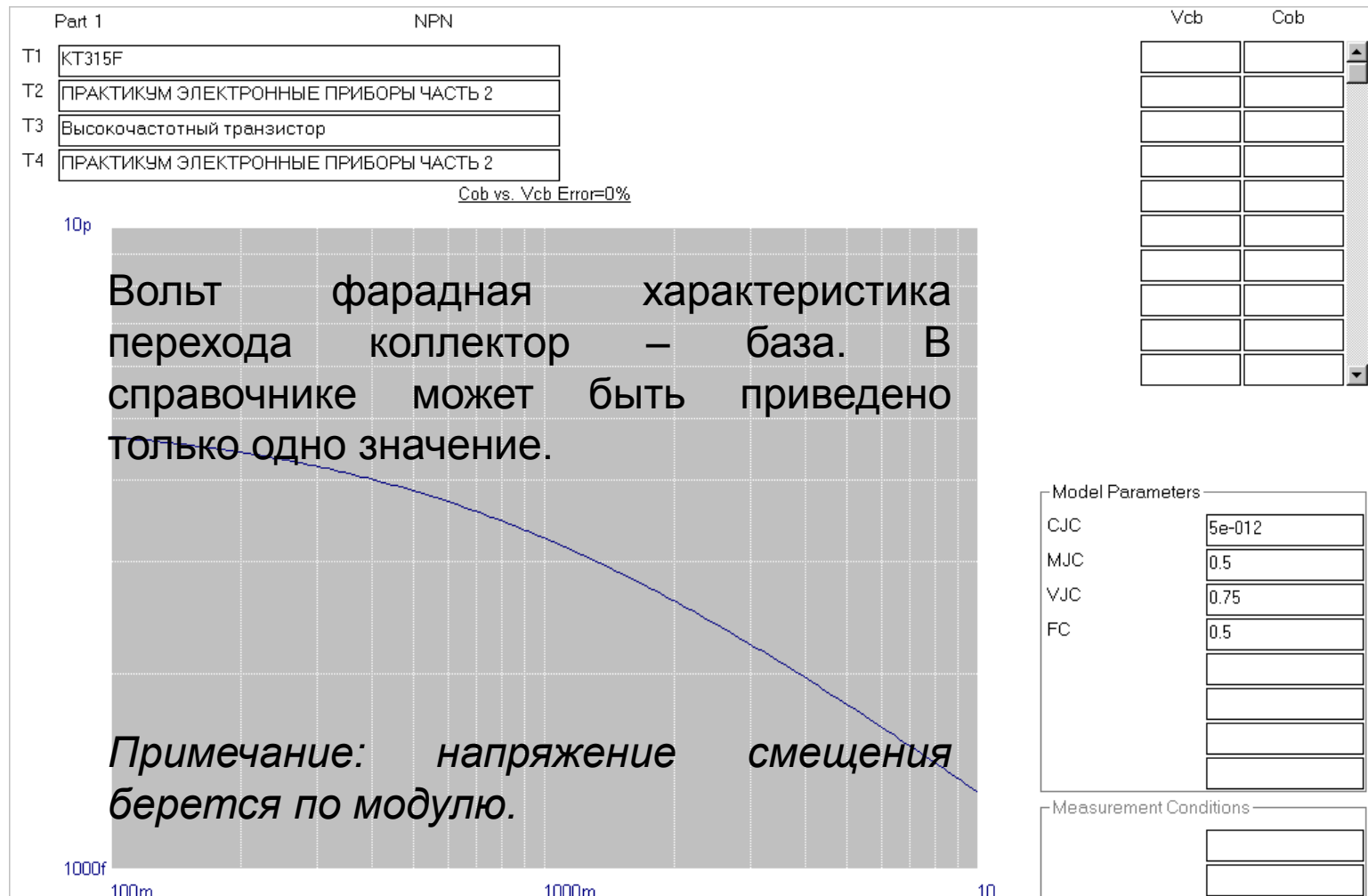


На выходных характеристиках, для заданного отношения $I_c/I_b=10$ устанавливается напряжение насыщения V_{ce}

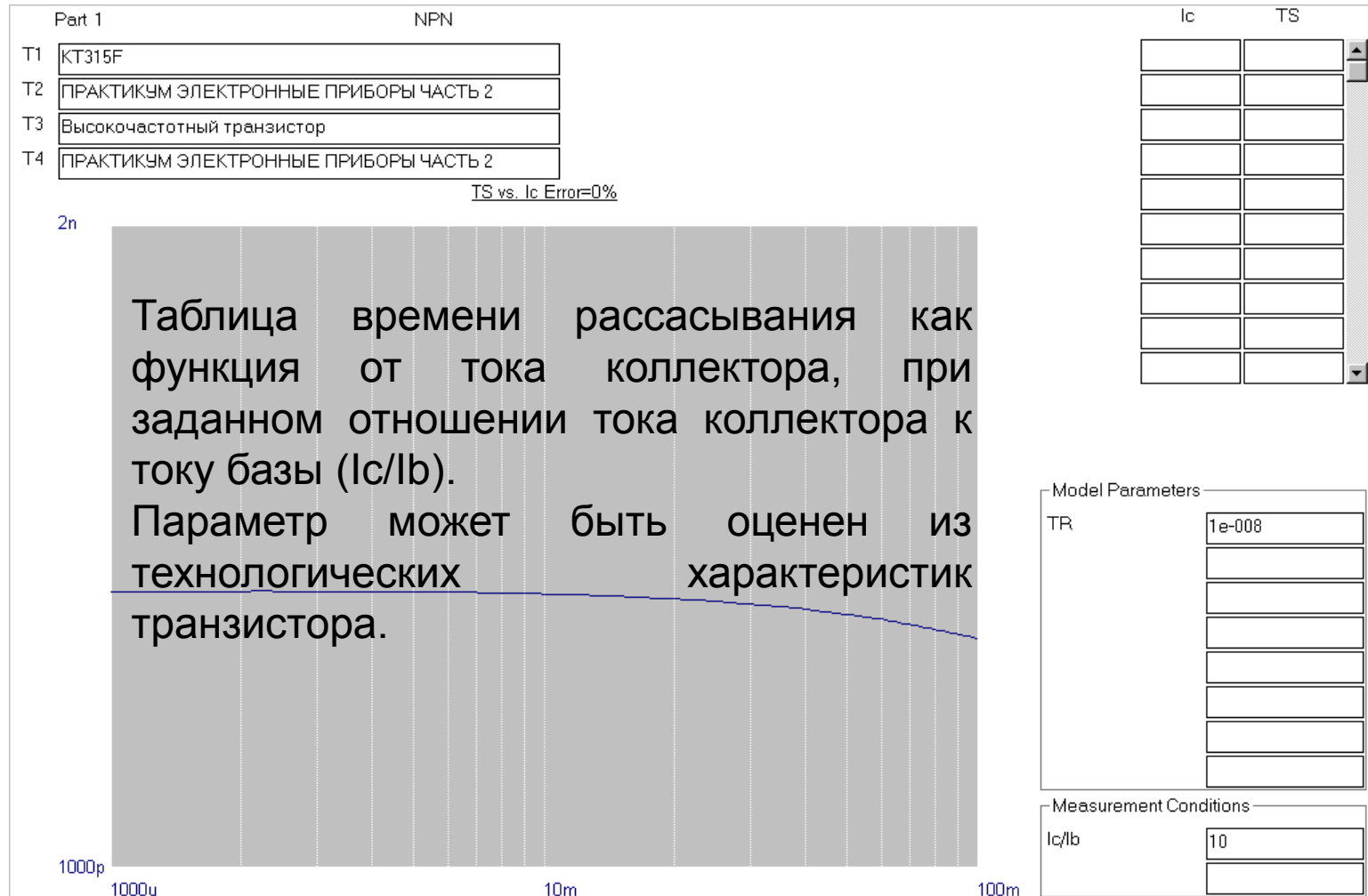
Барьерная емкость коллекторного перехода



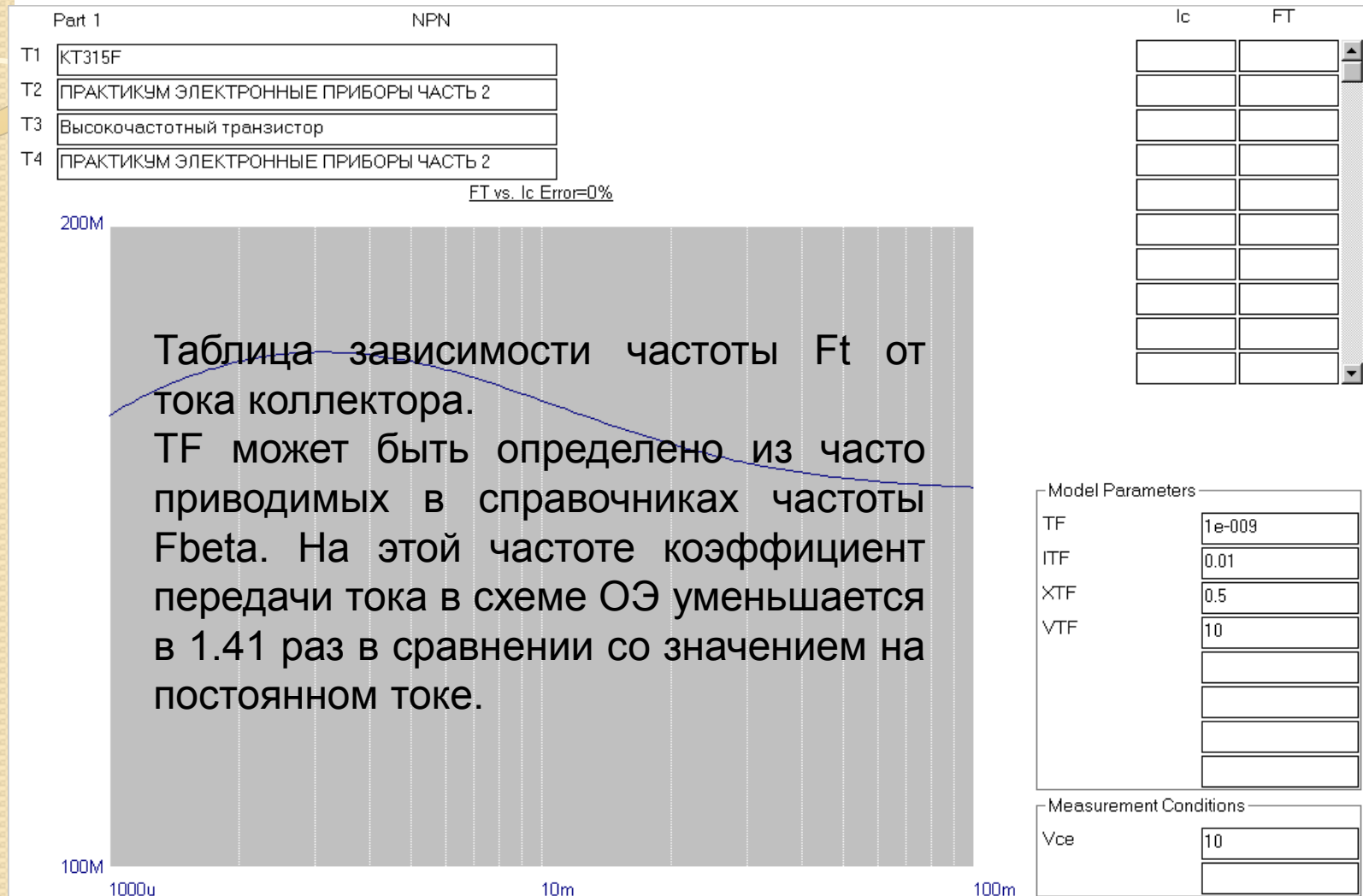
Барьерная емкость эмиттерного перехода



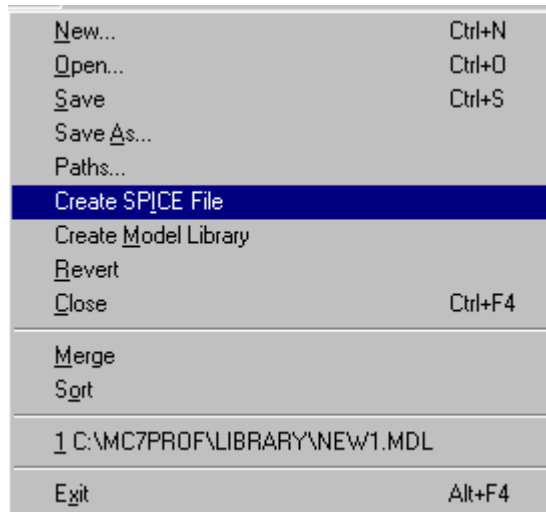
Постоянная времени транзистора в инверсном включении



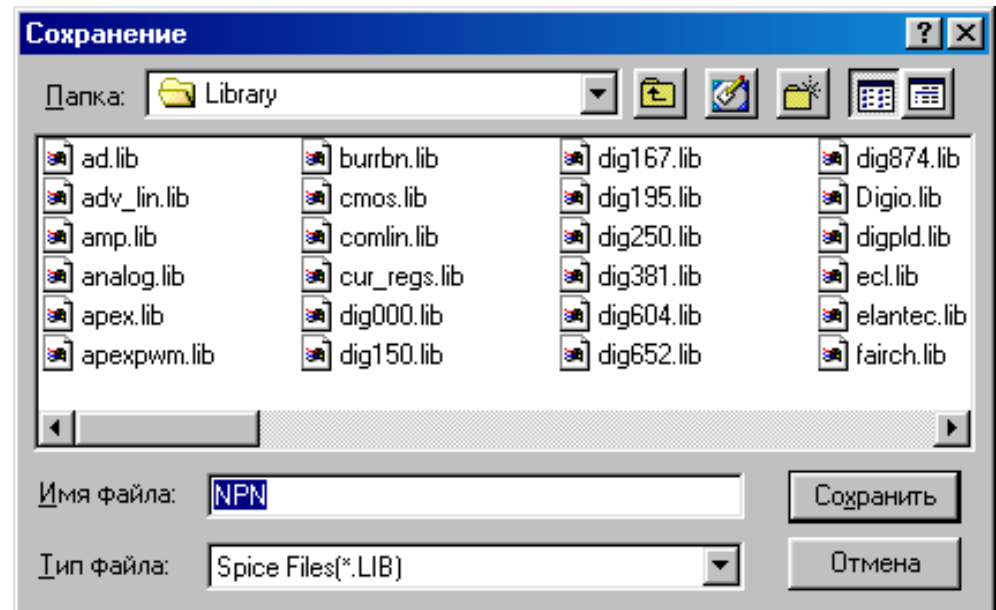
Постоянная времени транзистора в прямом включении



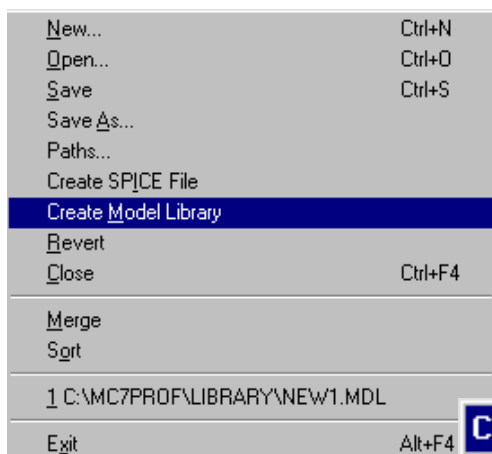
Окончание работы с программой



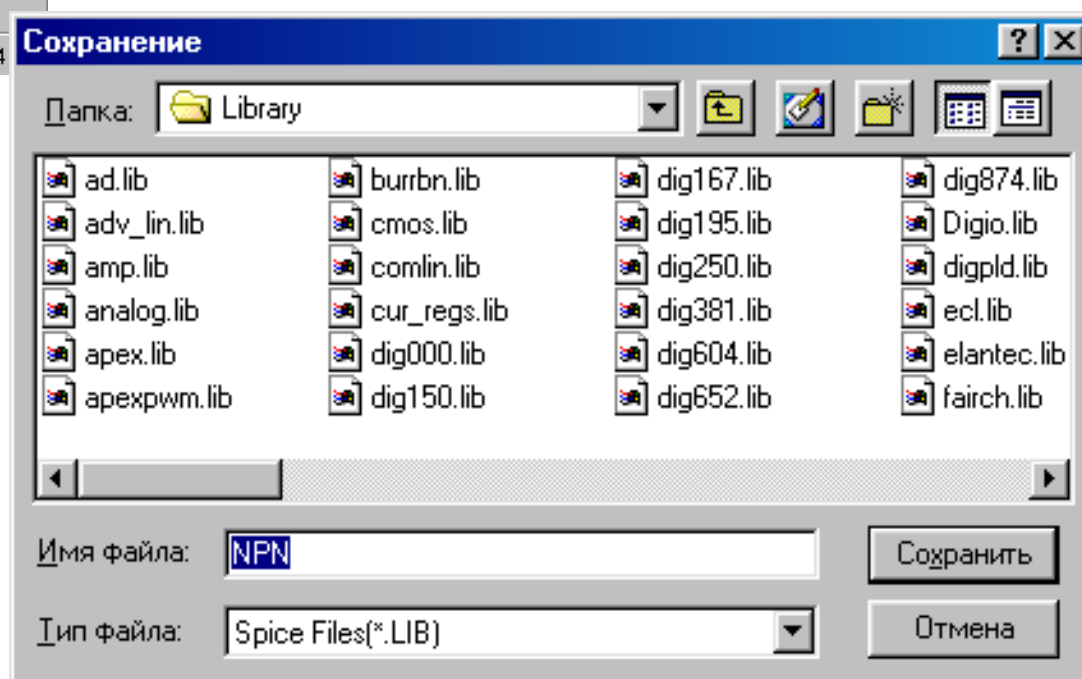
Сохранение данных расчета в файле формата PSPICE – текстовом файле с расширением LIB



Окончание работы с программой



Сохранение данных расчета в файле формата MC – библиотечном файле с расширением LBR



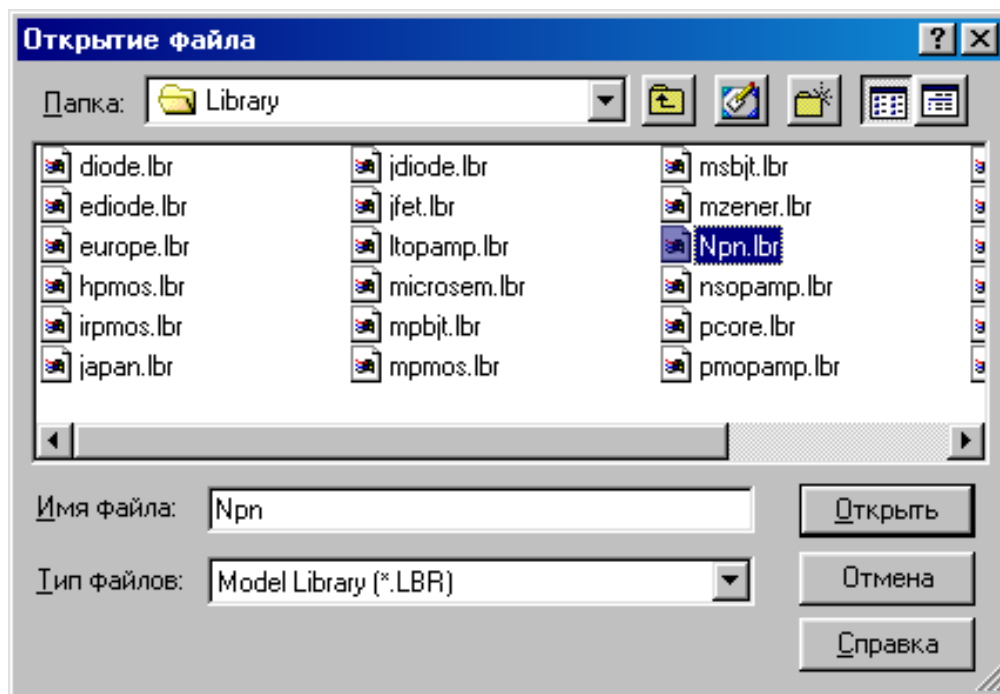
Файл формата PSpCE

* NPN.LIB

*** Высокочастотный транзистор

```
.MODEL KT315F NPN (IS=9.99763F BF=200 NF=1.0024 VAF=100 IKF=1 ISE=1P NE=2  
+ BR=100M IKR=1 ISC=1P RE=508.434M RC=500M CJE=2P MJE=500M CJC=5P MJC=500M  
+ TF=1N XTF=500M UTF=10 ITF=10M TR=10N EG=1.11)
```

Файл формата МС7



Файл такого формата
можно открыть только в
программе МС7:

Файл формата MC7

⚙️ LBR L7b

NPN Add Delete... Pack Copy... Merge... Go To...

Name KT315F

Memo Высокочастотный транзистор

Name List Parameters

KT315F

IS	9.99763F	BF	200	NF	1.0024
VAF	100	IKF	1	ISE	1P
NE	2	BR	100M	NR	1
VAR	0	IKR	1	ISC	1P
NC	2	NK	500M	ISS	0
NS	1	RE	508.434M	RB	0
RBM	0	IRB	0	RC	500M
CJE	2P	VJE	750M	MJE	500M
CJC	5P	VJC	750M	MJC	500M
XCJC	1	CJS	0	VJS	750M
MJS	0	FC	500M	TF	1N
XTF	500M	VTF	10	ITF	10M
PTF	0	TR	10N	EG	1.11
XTB	0	XTI	3	TRE1	0
TRE2	0	TRB1	0	TRB2	0
TRM1	0	TRM2	0	TRC1	0
TRC2	0	KF	0	AF	1
T_MEASURED	undefined	T_ABS	undefined	T_REL_GLOBAL	undefined

ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ С УПРАВЛЯЮЩИМ P-N-ПЕРЕХОДОМ

ПЕРВЫЙ ЭКРАН

- В таблицу данных заносят данные по току стока как функцию от напряжения на затворе. При условии напряжения на источнике сток-исток.
- Определяются параметры **BETA**, **VTO** и **RS**. Коэффициент пропорциональности в выражении для тока стока, напряжение отсечки и Объемное сопротивление области истока соответственно.

Уравнение для модели:

$$V_{gs} = RS \cdot I_d - V_{TO} - \sqrt{I_d / BETA}$$

Vgs	Id
-0.2	0.03164
-1	0.023826
-2	0.01594
-3	0.009547

Model Parameters	
BETA	0.000805204
VTO	-6.41412
RS	0

Measurement Conditions	
Vds	15

ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ С УПРАВЛЯЮЩИМ P-N-ПЕРЕХОДОМ

ПЕРВЫЙ ЭКРАН

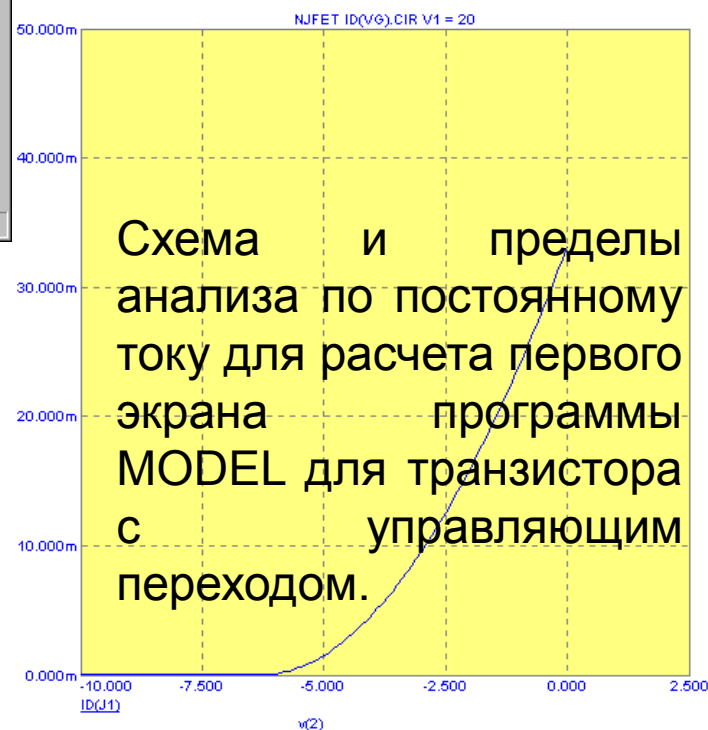
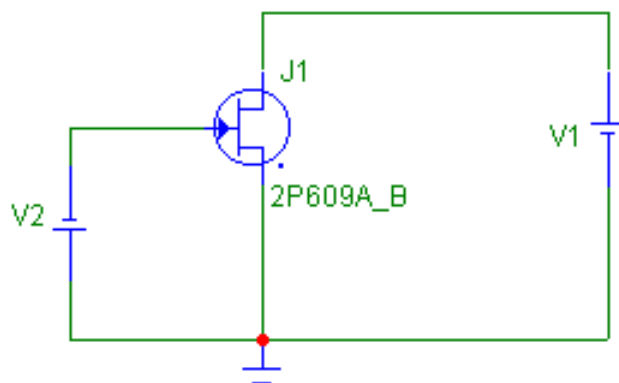
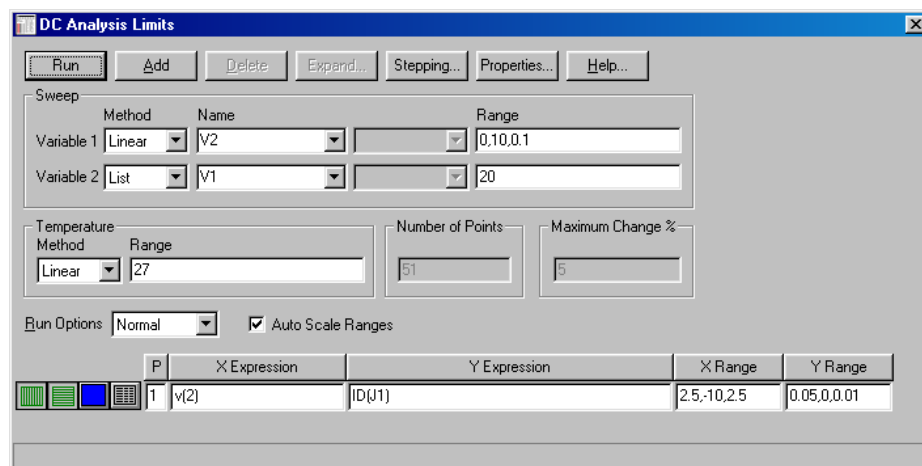


Схема и пределы анализа по постоянному току для расчета первого экрана программы MODEL для транзистора с управляющим переходом.

ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ С УПРАВЛЯЮЩИМ P-N-ПЕРЕХОДОМ

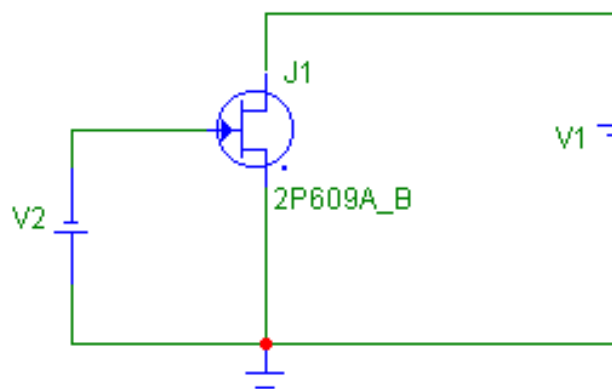
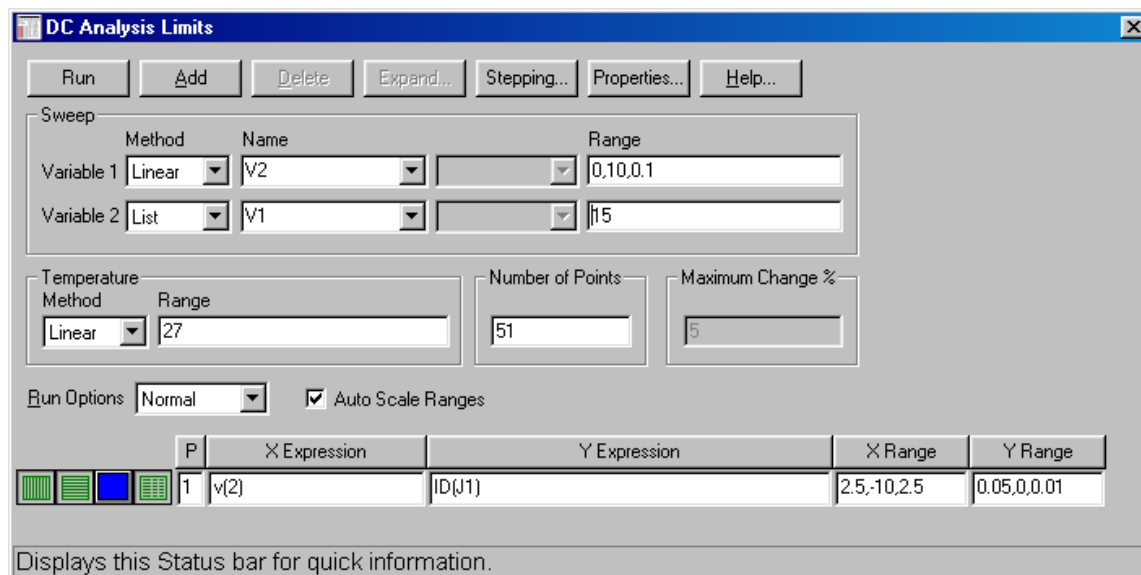


Схема и пределы анализа по постоянному току для расчета второго экрана программы MODEL для транзистора с управляющим переходом.

Схема получения выходных ВАХ для NJFET транзистора.



ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ С УПРАВЛЯЮЩИМ P-N-ПЕРЕХОДОМ

- В таблицу данных заносят статической проводимости сток-исток G_{os} от тока истока I_d

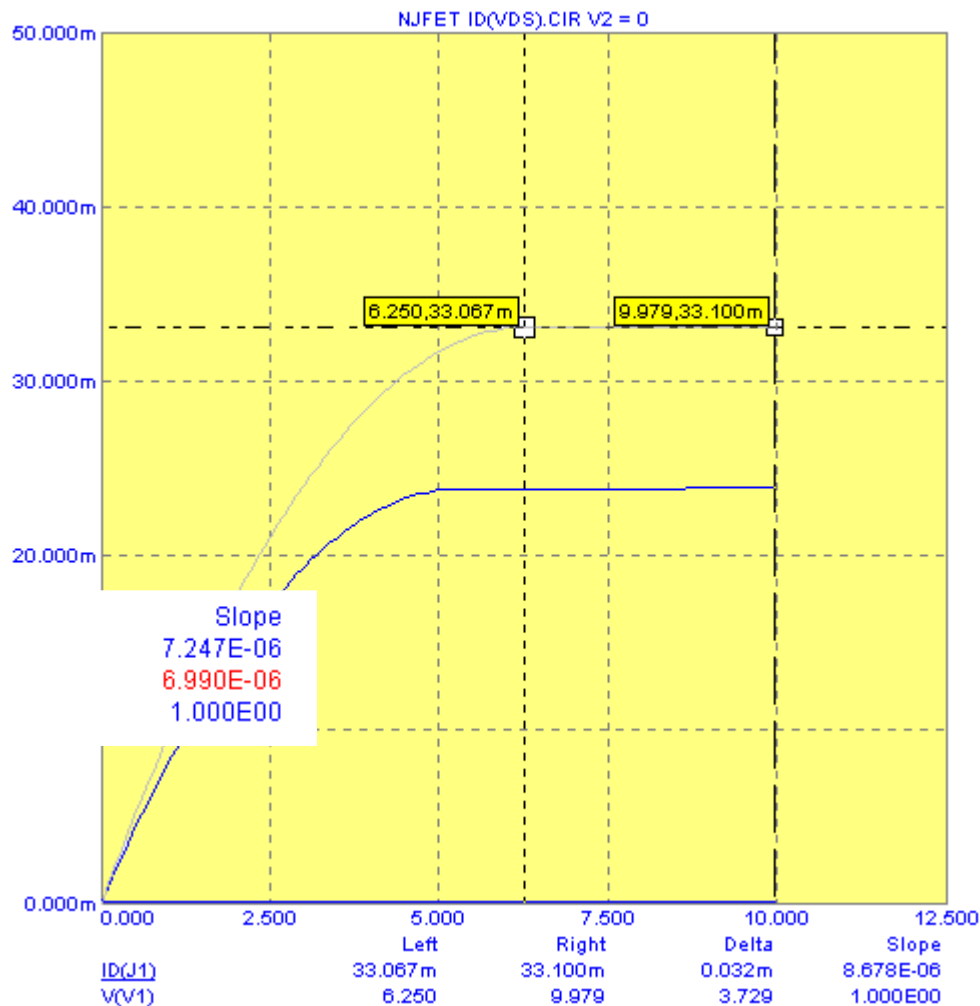
Оценивается параметр $LAMBDA$ параметр модуляции длины канала

Уравнение для модели:
 $G_{os} = I_d * LAMBDA$

Right
 33.100m
 33.197m
 9.979

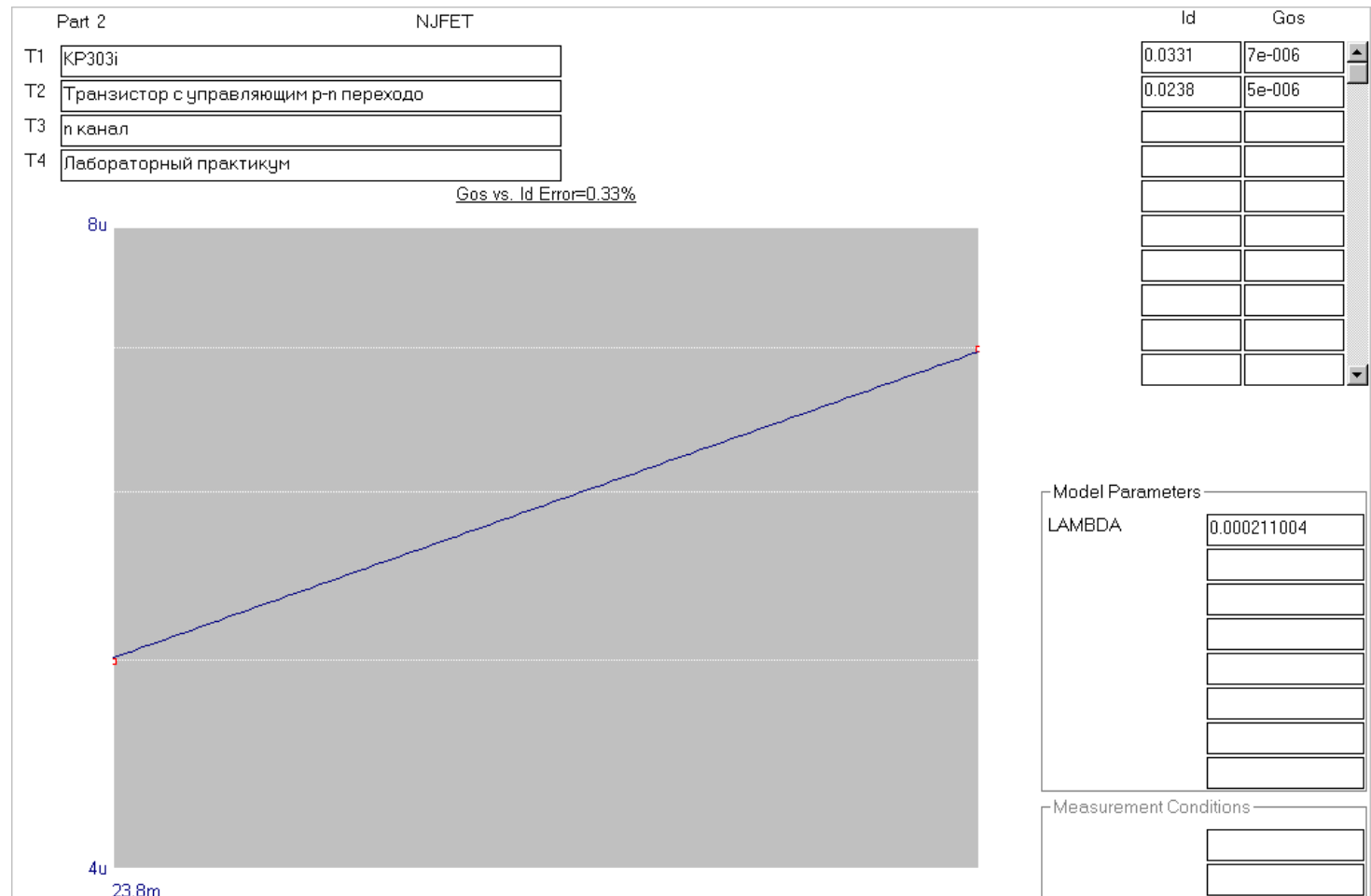
Delta
 0.015m
 0.014m
 2.012

- В таблицу данных можно занести значения тока I_d и значения Slope из расчета MC7



ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ С УПРАВЛЯЮЩИМ Р- N-ПЕРЕХОДОМ

ВТОРОЙ ЭКРАН



ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ С УПРАВЛЯЮЩИМ P-N-ПЕРЕХОДОМ

ТРЕТИЙ ЭКРАН

В таблицу данных заносятся зависимости проходной емкости от напряжения затвор-исток V_{gs} при заданном напряжении сток исток V_{ds}

V_{gs}	C_{rss}
0	2e-012

Measurement Conditions	
V_{ds}	10

Оцениваются параметры CGD, PB, FC – емкость перехода затвор-сток при нулевом смещении, контактная разность потенциалов перехода затвора и коэффициент в аппроксимации емкости перехода при прямом смещении.

Model Parameters	
CGD	2.92404e-012
PB	8.79123
FC	0.5

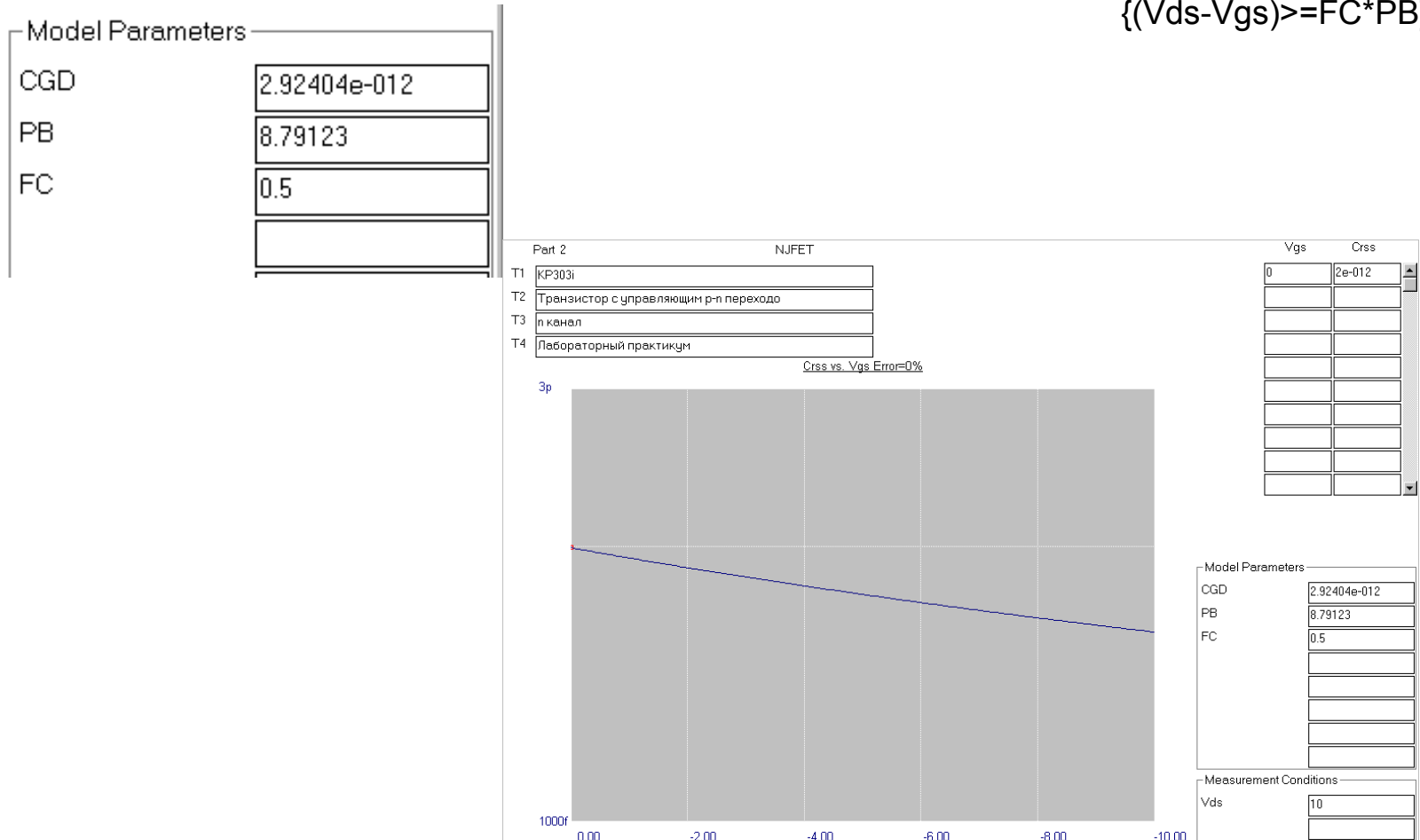
ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ С УПРАВЛЯЮЩИМ P-N-ПЕРЕХОДОМ

ТРЕТИЙ ЭКРАН

Уравнение модели:

$$C_{rss} = C_{GS} / ((1 - (V_{ds} - V_{gs}) / P_B)^{1.5}) \quad \{(V_{ds} - V_{gs}) < F_C \cdot P_B\}$$

$$C_{rss} = C_{GS} / ((1 - F_C)^{1.5} * (1 - F_C * 1.5 + .5 * (V_{ds} - V_{gs}) / P_B)) \quad \{(V_{ds} - V_{gs}) \geq F_C \cdot P_B\}$$



ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ С УПРАВЛЯЮЩИМ P-N-ПЕРЕХОДОМ

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭКРАН

$$\begin{aligned} C_{rss} &= C_{iss} + CDS / ((1 - V_{gs}/PB)^{1.5}) \quad \{V_{gs} < FC * PB\} \\ C_{rss} &= C_{iss} + CDS / ((1 - FC)^{1.5} * (1 - FC * 1.5 + .5 * V_{gs}/PB)) \quad \{V_{gs} \geq FC * PB\} \end{aligned}$$

В таблицу данных заносятся зависимости входной емкости C_{iss} от напряжения затвор-исток V_{gs} .

V_{gs}	C_{iss}
0	6e-012

Measurement Conditions

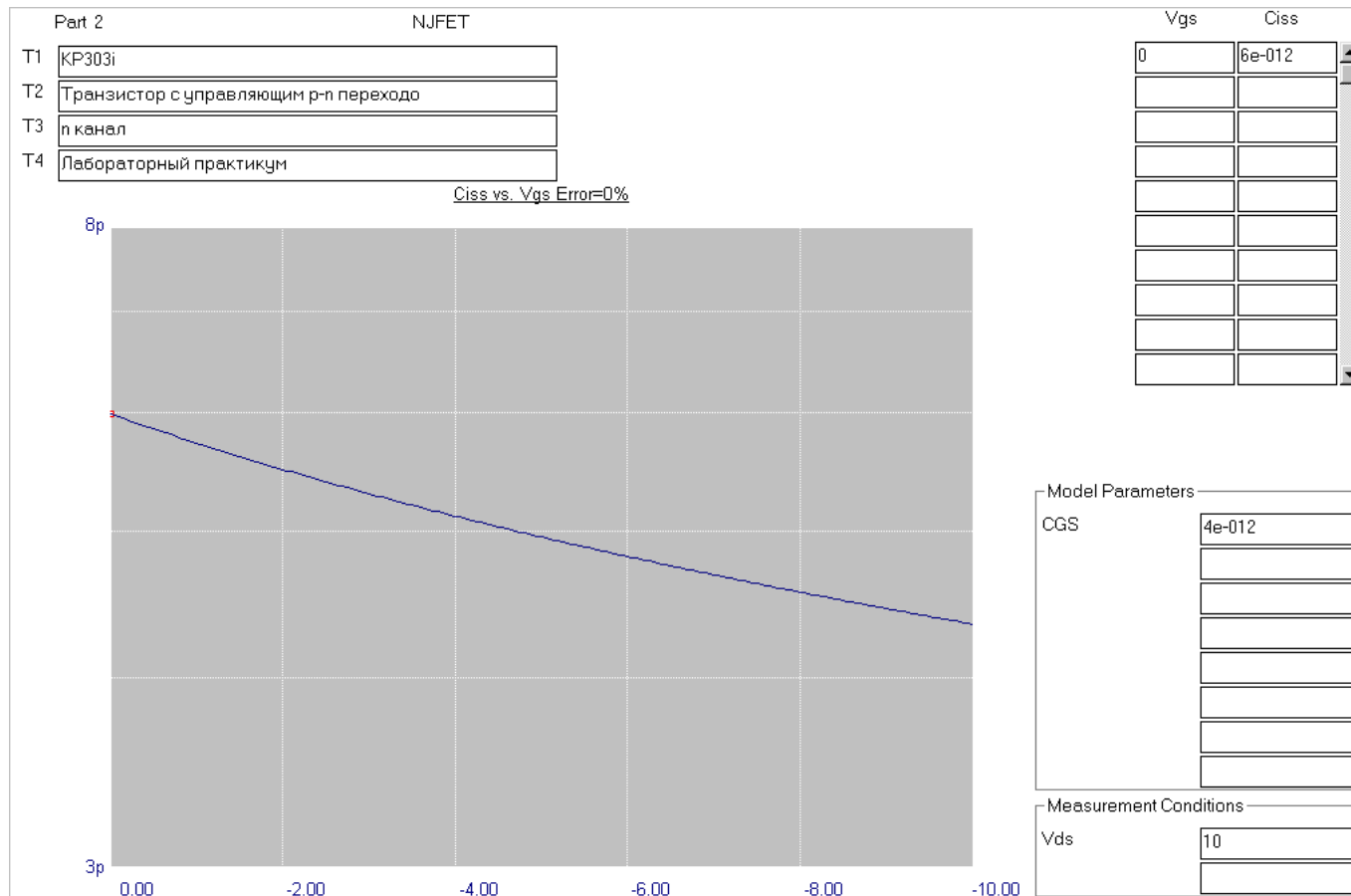
V_{ds}	10

Model Parameters

CGS	4e-012

ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ С УПРАВЛЯЮЩИМ P-N-ПЕРЕХОДОМ

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭКРАН



ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ С УПРАВЛЯЮЩИМ P-N-ПЕРЕХОДОМ

ПЯТЫЙ ЭКРАН

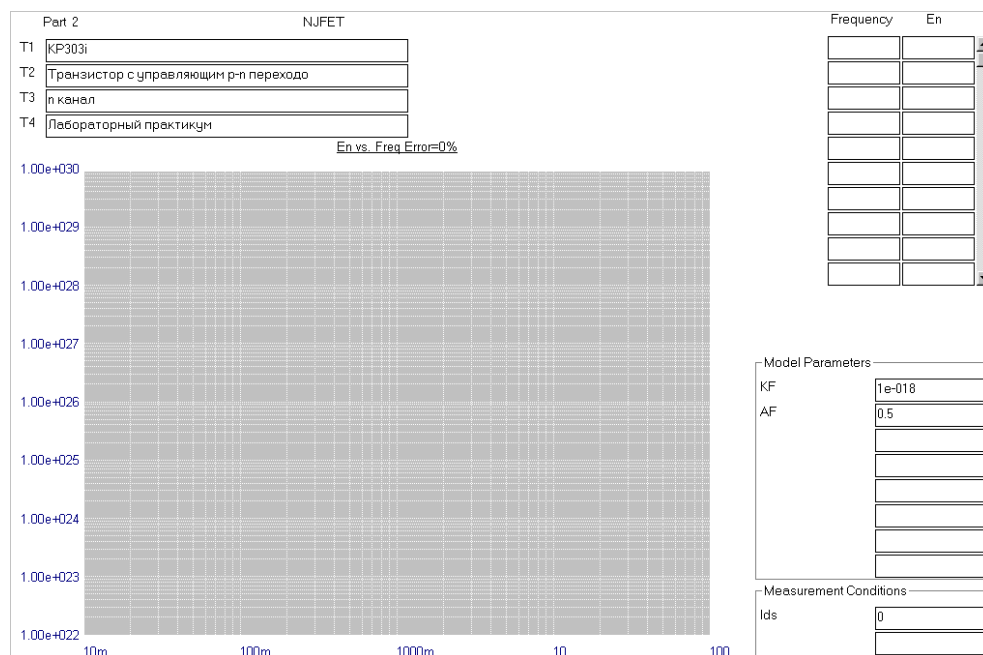
В таблицу данных заносятся зависимости корня квадратного из спектральной плотности выходного напряжения E_n от частоты f .
Определяются K_F , A_F – коэффициент, определяющий спектральную плотность фликкер-шума и показатель степени в зависимости спектральной плотности фликкер-шума от тока через переход.

Уравнение модели:

$$v_{gs} = V_{TO} + I_d \cdot R_S + \sqrt{I_d / \text{BETA}}$$

$$g_m = 2 \cdot \text{BETA} \cdot (v_{gs} - V_{TO})$$

$$E_n = \sqrt{((8 \cdot k \cdot T \cdot g_m) / 3 + (K_F \cdot I_D^{A_F}) / \text{freq}) / g_m}$$



ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ С УПРАВЛЯЮЩИМ P-N-ПЕРЕХОДОМ

Сохранение данных расчета в файле *.lib

* NEW1.LIB

*** Лабораторный практикум РЛ

.MODEL d2343 D (IS=10.5505F N=999.868M BV=500 IBV=100P TT=5U CJO=5P VJ=750M
+ EG=1.11 RL=1G)

*** n канал

.MODEL KP303i NJF (VTO=-6.41412 BETA=805.204U LAMBDA=211.004U IS=10F
+ CGD=2.92404P CGS=4P PB=8.79123 KF=1.000000e-018 AF=500M)