

Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова
Кафедра электроники и нанoeлектроники

Лабораторная работа № 4
по курсу
«Автоматизация анализа электронных схем»

Анализ электронных схем с активными элементами (биполярный транзистор)

Группа: ЭР-05-20
Студент: Волчков Д. Н.
Преподаватель: Баринов А. Д.
Оценка: _____

Москва
2022

Задание 1:

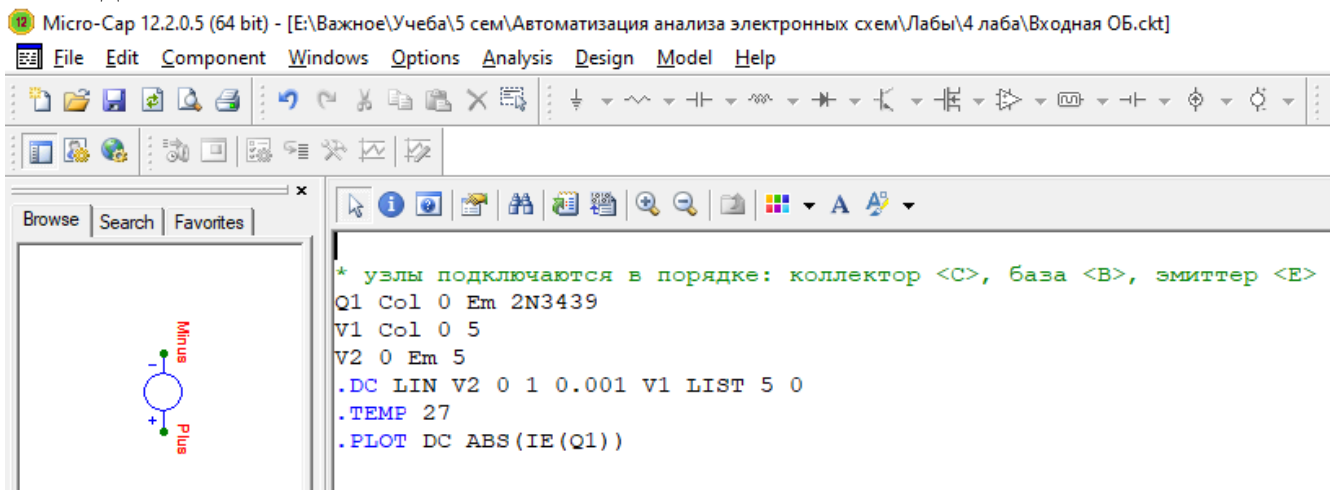


Рисунок 1 – Листинг программы

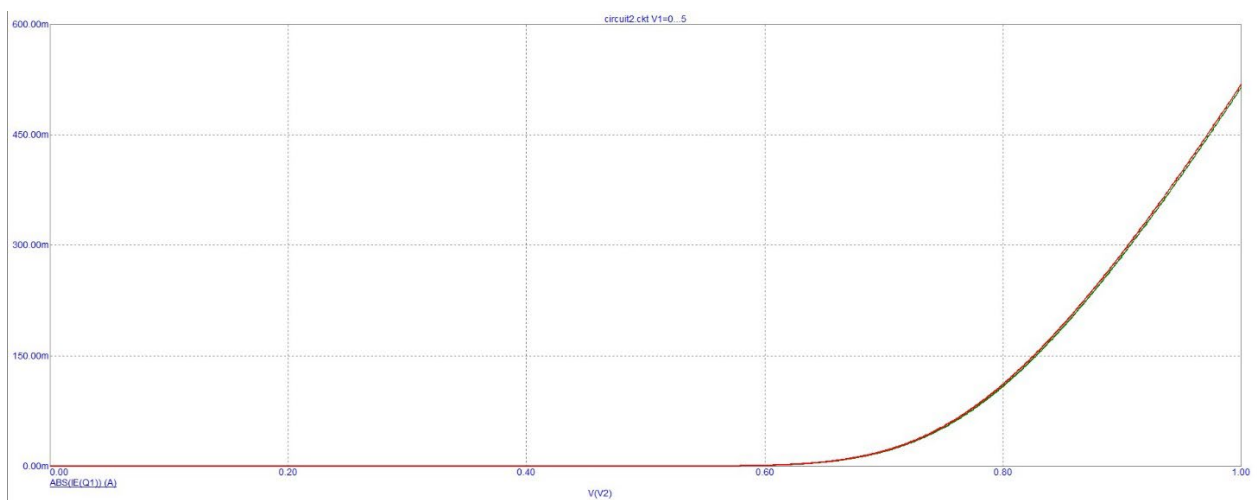


Рисунок 2 – Входная характеристика транзистора в схеме с общей базой (Красный при напряжении на коллекторе 0 В, зеленый – при напряжении на коллекторе 5 В)

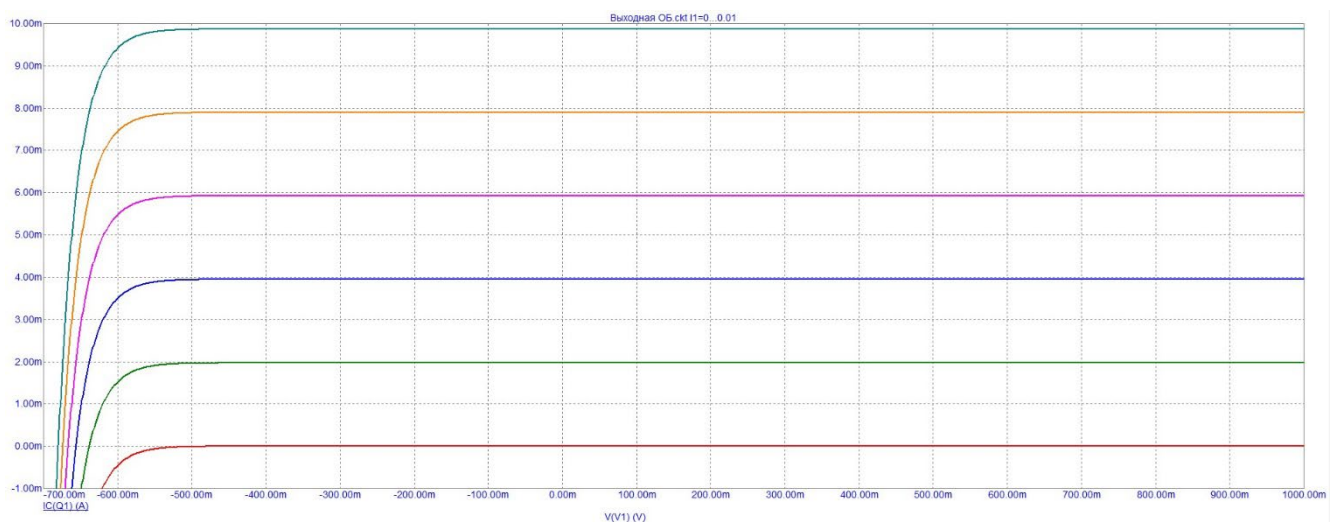


Рисунок 3 – Выходная характеристика транзистора в схеме с общей базой (От красного до бирюзового ток на эмиттере от 0 до 10 мА с шагом 2 мА соответственно)

Задание 2:

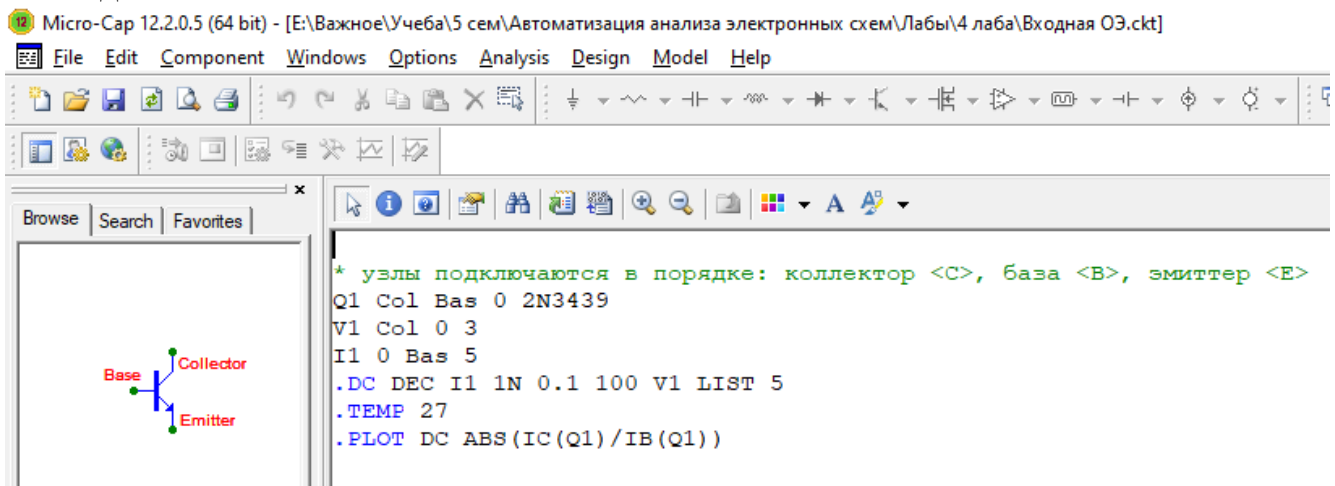


Рисунок 4 – Листинг программы

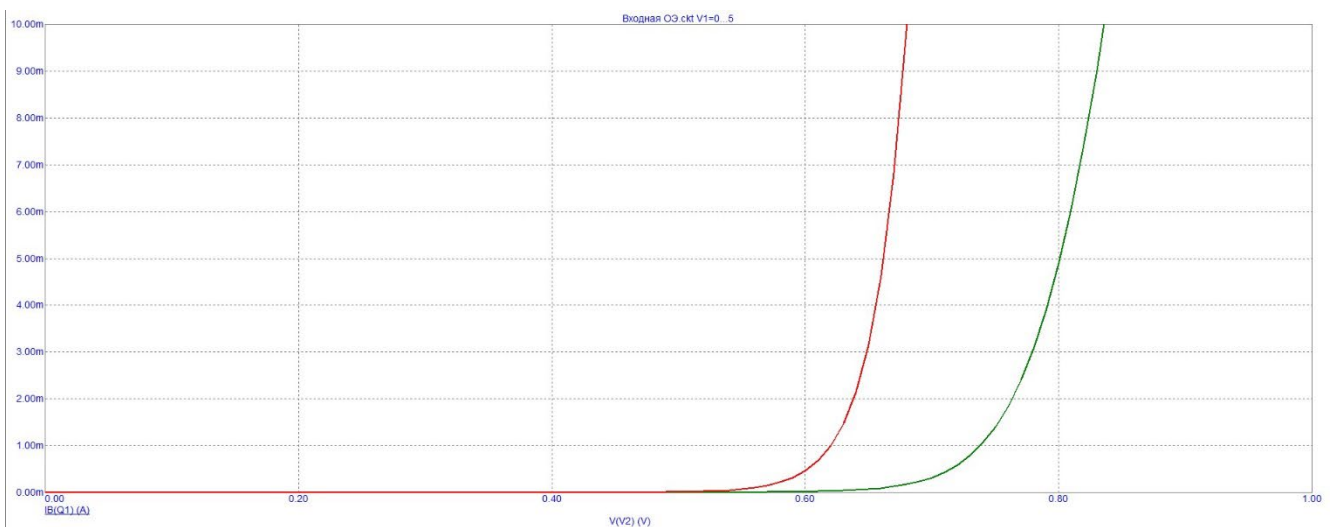


Рисунок 5 – Входная характеристика транзистора в схеме с общим эмиттером (Красный при напряжении на коллекторе 0 В, зеленый – при напряжении на коллекторе 5 В)

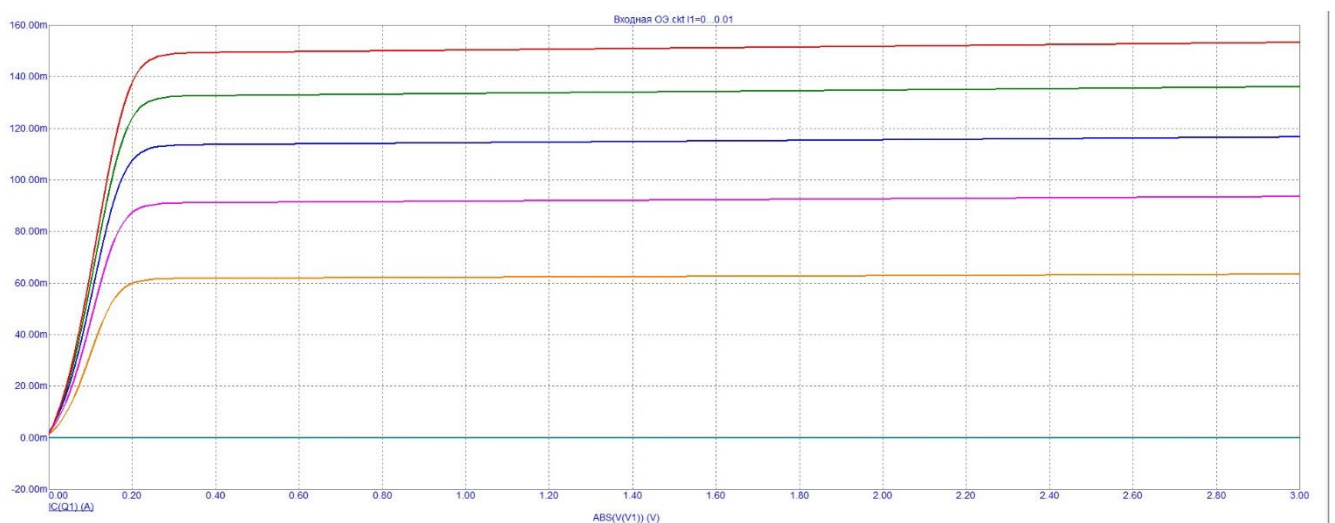


Рисунок 6 – Выходная характеристика транзистора в схеме с общим эмиттером (От красного до бирюзового ток на базе от 0 до 10 мА с шагом 2 мА соответственно)

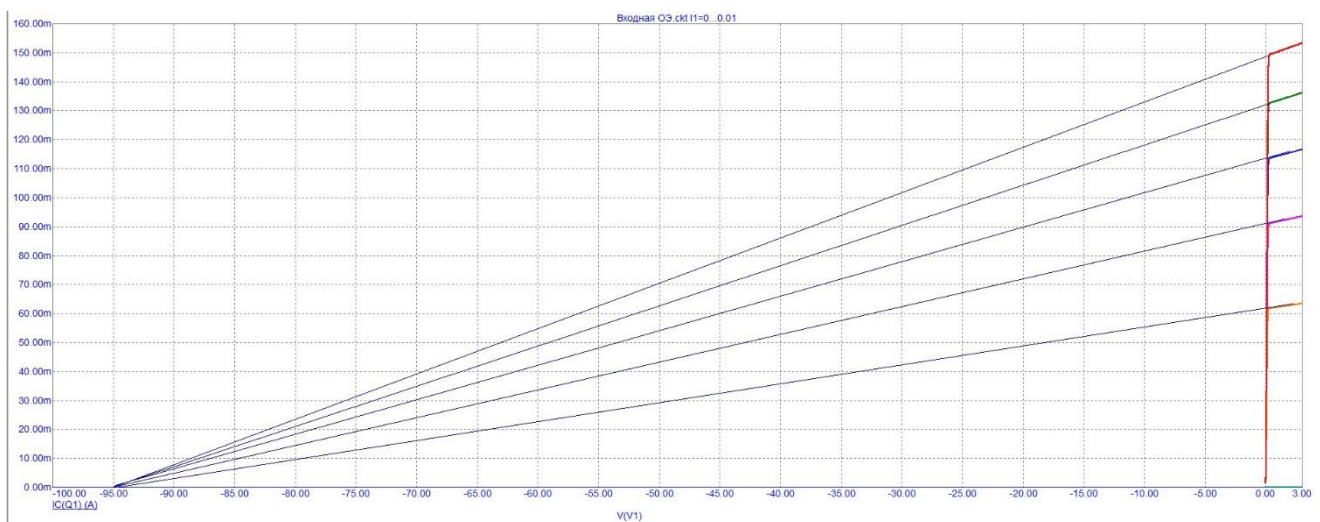


Рисунок 7 – Графическое нахождение напряжения Эрли

NPN:NPN Transistor

Name: MODEL Value: 2N3439

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

Shape: Border ☒ Fill ☒

PART=Q1
VALUE=
MODEL=2N3439
SMOKE=
COST=
POWER=
SHAPEGROUP=Default
PACKAGE=TO-39

IC vs. Vce
BF>100

2N3391A
2N3392
2N3393
2N3415
2N3415
2N3416
2N3417
2N3417
2N3421
2N3439

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

Enabled: TRUE Columns: 3

☒ Help Bar [File Link](#)

☐ Show Data on Exit

LEVEL: 1	AF: 1	BF: 239.069
BR: 265.04m	CJC: 19.8784p	CJE: 108.211p
CJS: 0	EG: 1.11	FC: 500.001m
GAMMA: 10p	IKF: 10.5948m	IKR: 1.00891
IRB: 0	IS: 9.94996f	ISC: 4.89752p
ISE: 99.2945p	ISS: 0	ITF: 1.75717p
KF: 0	MJC: 317.349m	MJE: 432.698m
MJS: 0	NC: 2	NE: 1.9593
NF: 913.046m	NK: 500m	NR: 1
NS: 1	PTF: 0	QCO: 0
QUASIMOD: 0	RB: 0	RBM: 0
RC: 0	RCO: 0	RE: 329.989m
T_ABS: undefined	T_MEASURED: undefined	T_REL_GLOBAL: undefined
T_REL_LOCAL: undefined	TF: 1n	TR: 14.2947u
TRB1: 0	TRB2: 0	TRC1: 0
TRC2: 0	TRE1: 0	TRE2: 0
TRM1: 0	TRM2: 0	VAF: 100
VAR: 0	VG: 1.206	VJC: 700m
VJE: 999.674m	VJS: 750m	VO: 10
VTF: 9.96322	XCJC: 1	XTB: 0

Source: Global library located at MSBJT.LBR

Рисунок 8 – Параметры модели 2N3439 транзистора

По параметрам транзистора (Рисунок 8) видно, что графическое определение напряжения Эрли дало погрешность в 5%. Настоящие напряжение Эрли для модели транзистора составило 100 В.

Задание 3:

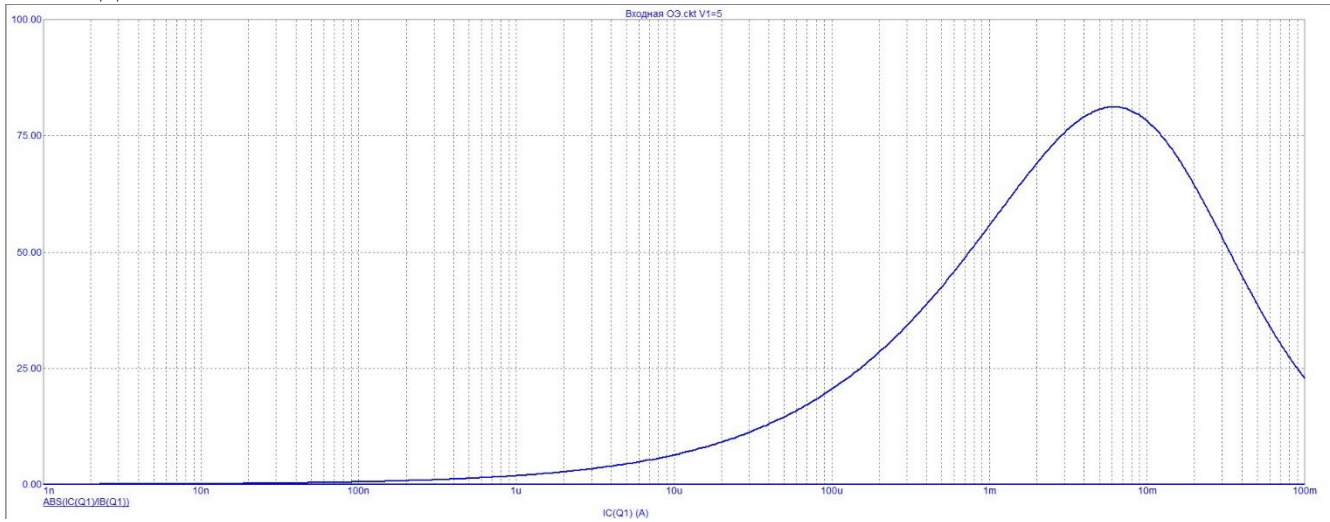


Рисунок 9 – Зависимость коэффициента передачи тока базы от тока коллектора в полулогарифмическом масштабе

По полученной характеристике можно увидеть, что сначала коэффициент передачи мал, а затем достигает максимума, после чего снижается, потому что сначала высокое влияние оказывает генерационно-рекомбинационный ток, после становится менее значимым и в конце усиливается влияние высокого уровня инжекции в базе, а также роста дырочной составляющей эмиттерного перехода.

Задание 4:

Dynamic DC
Temperature=27
Displaying DC Voltages, Conditions
PGT = Total power generated = 1.134m
PDT = Total power dissipated = 1.134m

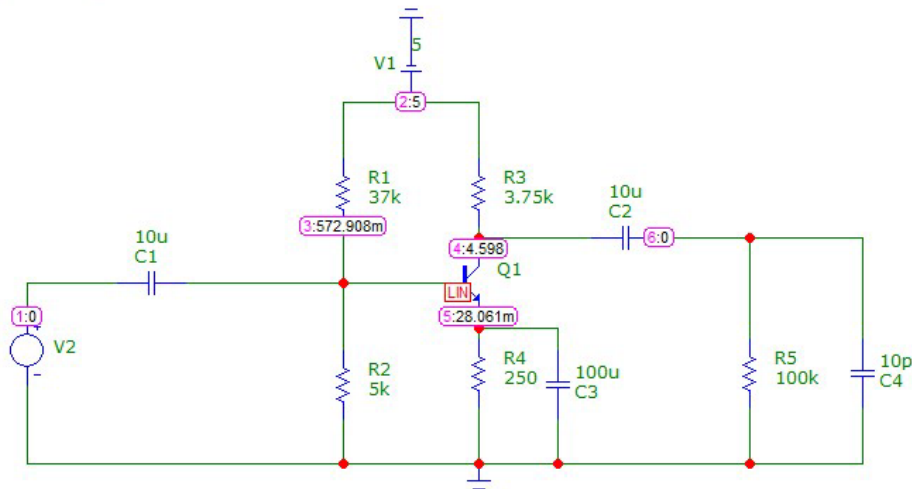


Рисунок 10 – Схема каскада в динамическом анализе

По динамическому анализу (Рисунок 10) можно увидеть, что транзистор находится в усилительном режиме. Коэффициент усиления K_u составляет 16,2

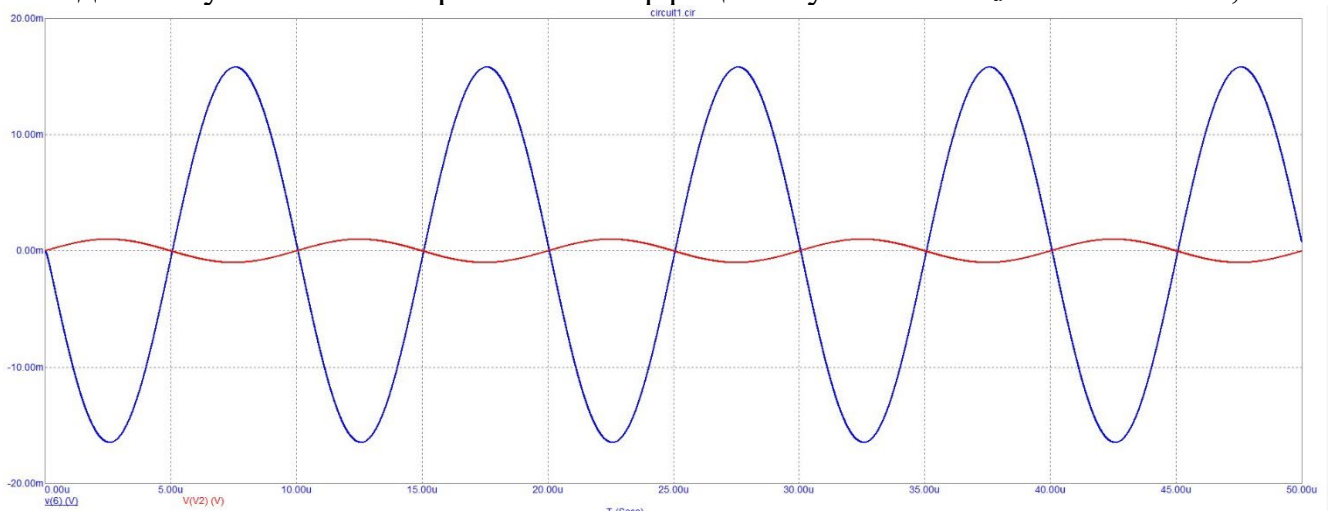


Рисунок 11 – Реакция каскада на синусоидальный сигнал (Красный – входной сигнал, синий – выходной)

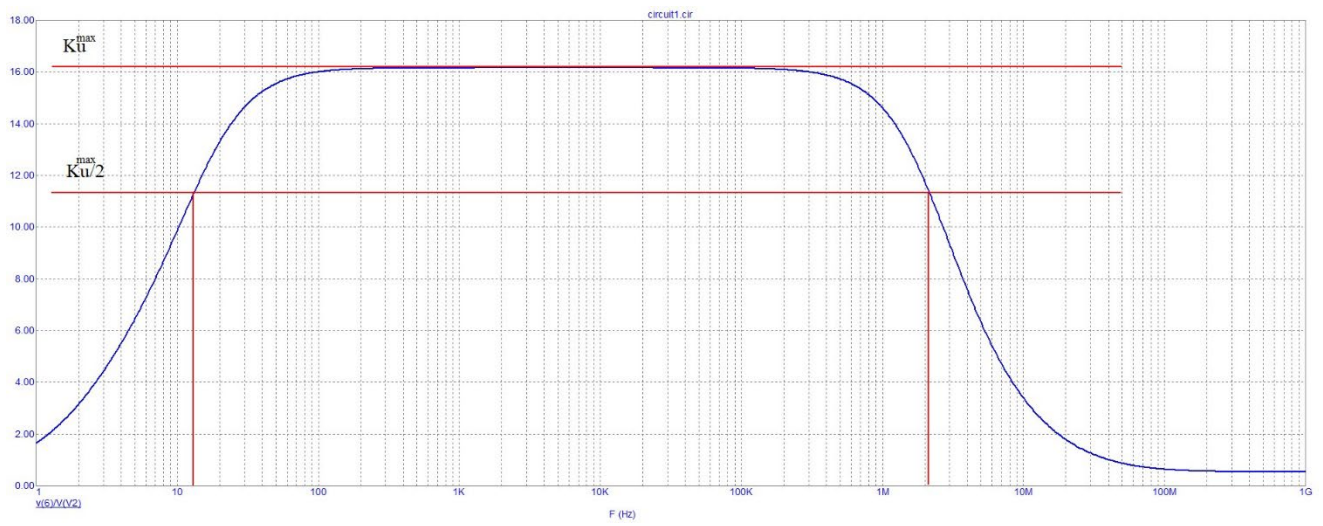


Рисунок 12 – Полоса пропускания каскада