

Московский государственный технический университет им. Н.Э.  
Баумана

Факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»

Кафедра «Радиоэлектронные системы и устройства»

---

Семинар №6

«Расчёт и настройка усилительного каскада»

по дисциплине

«Электроника»

Вариант № 12

Выполнил ст. группы РЛ6-41

Мухин Г.А.

Филимонов С.В.

Болотина Е.

Проверил доцент

Крайний В.И.

Оценка в баллах \_\_\_\_\_

Москва, 2022

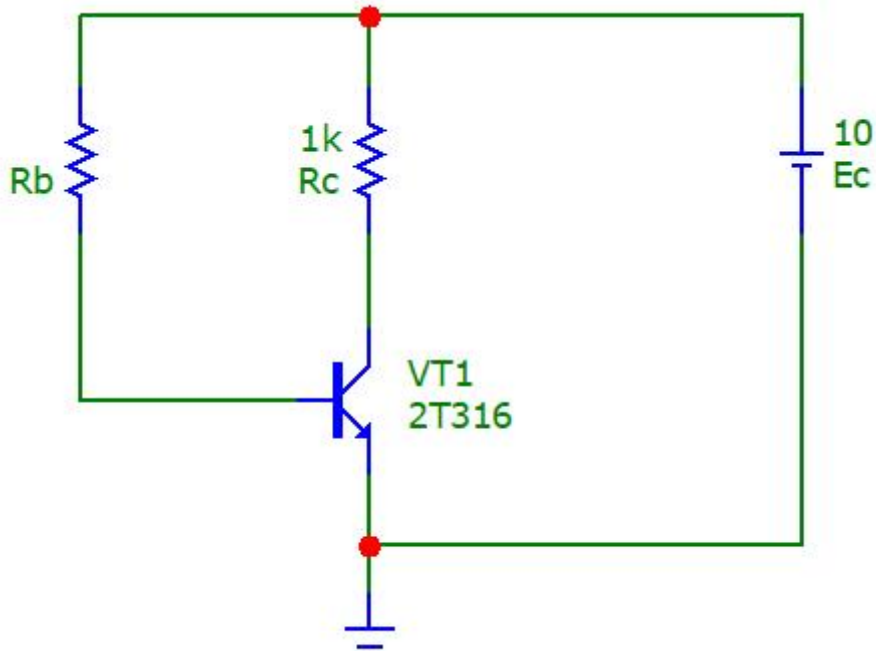
## Расчет и настройка усилительного каскада

Задано:  $R_c = 1 \text{ кОм}$ ,  $E_c = 10 \text{ В}$ .

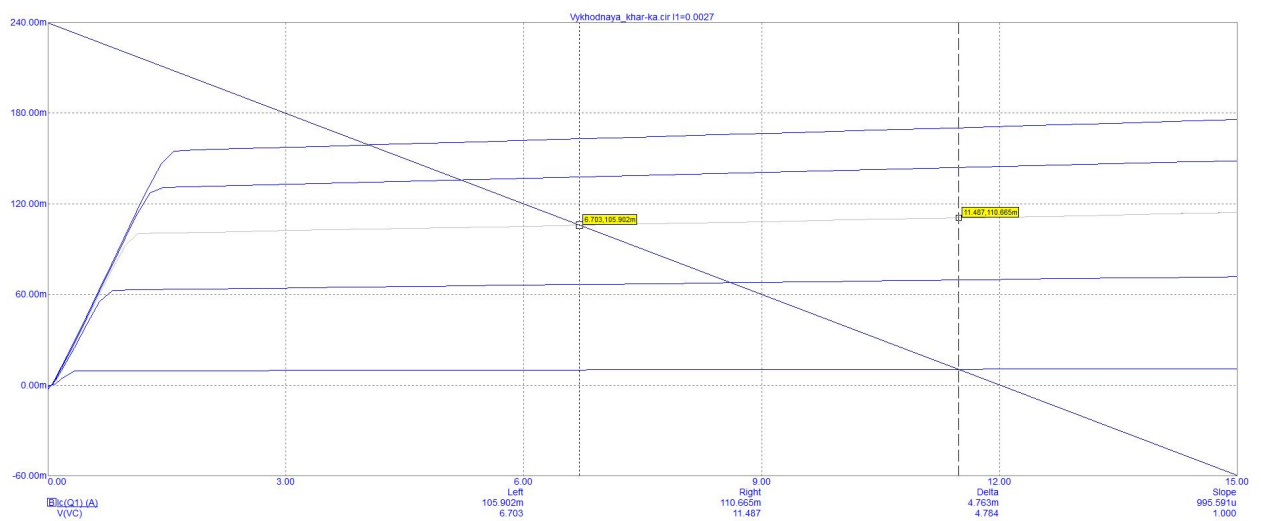
Так как рабочая точка должна лежать в середине нагрузочной прямой, то  $U_{ce} = 5 \text{ В}$ .

Используя закон Кирхгофа, рассчитаем  $I_c = (E_c - U_{ce})/R_c = 5 \text{ мА}$ .

Схема для настройки имеет вид:



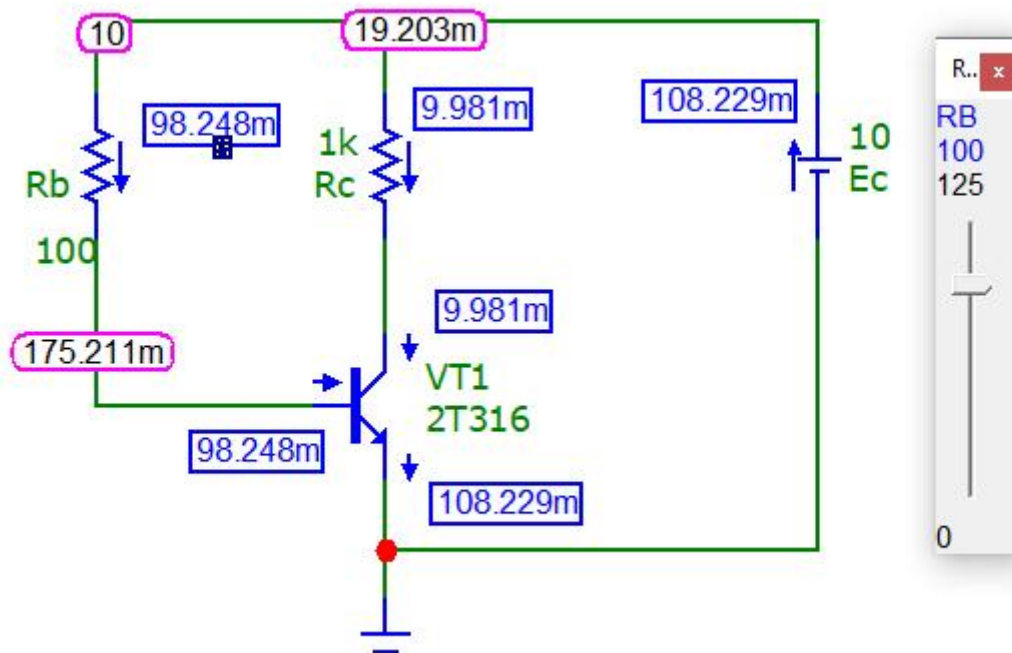
На семействе выходных характеристик построим нагрузочную прямую.



Видно, что рабочая точка имеет следующие параметры:

$U_{ce} = 6.703 \text{ В}$ ,  $I_c = 105.9 \text{ мА}$ . При этом  $I_{c_{min}} = 11.8 \text{ мА}$  и  $I_{c_{max}} = 161.8 \text{ мА}$

Используя динамический анализ по постоянному току (Dynamic DC) на основе полученных данных при помощи функции Slider определяем значение сопротивления резистора  $R_b$ .

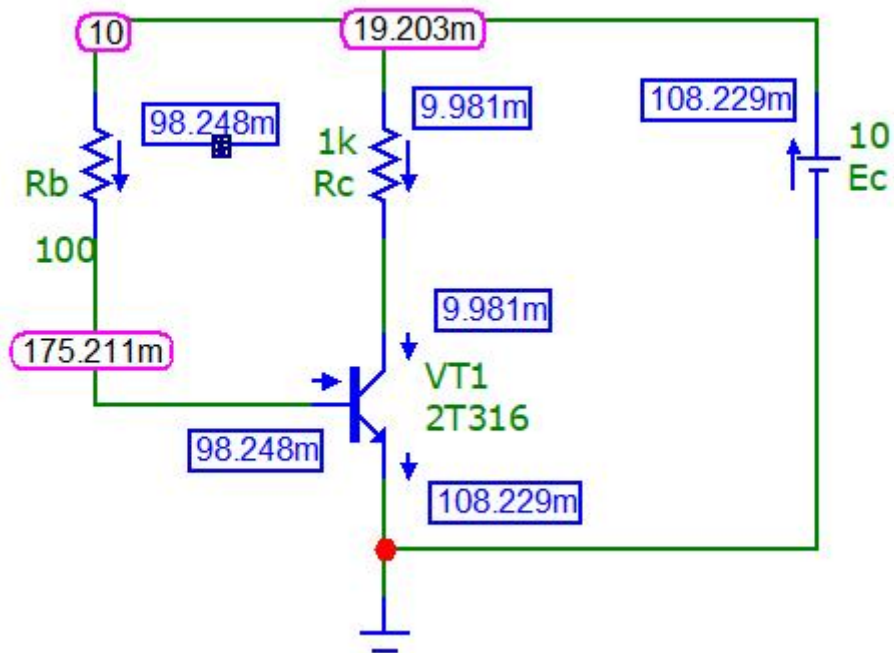


Получаем  $R_b \approx 100 \text{ Ом}$ .

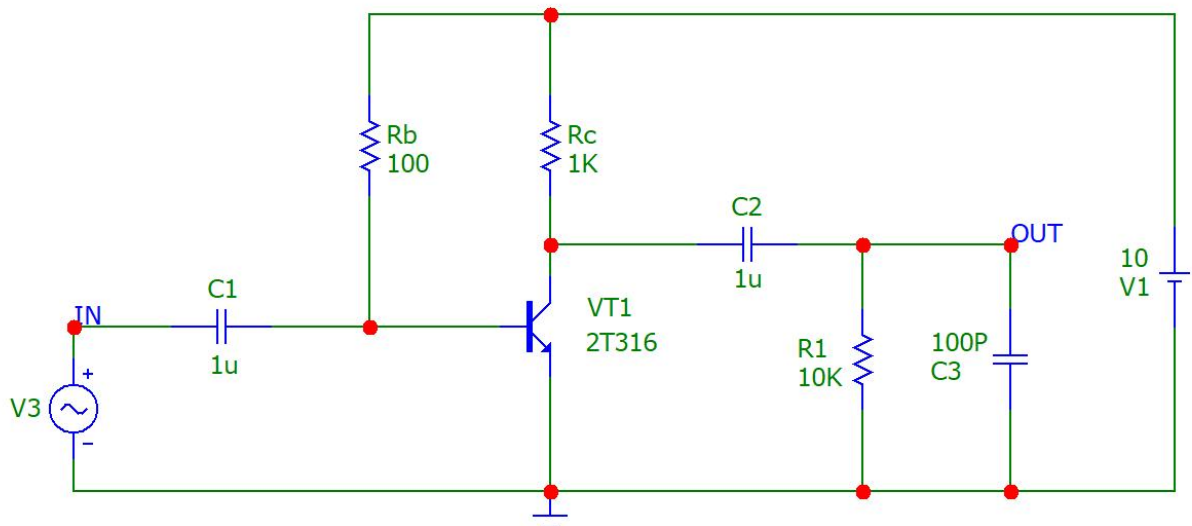
Выбираем резистор в соответствии с сеткой E24 с номинальным значением сопротивлением  $R_b = 100 \text{ Ом}$ .

E24	Номинальное сопротивление							
1,0	0,01 Ом	0,1 Ом	1 Ом	10 Ом	100 Ом	1 кОм	10 кОм	100 кОм
1,1	0,011 Ом	0,11 Ом	1,1 Ом	11 Ом	110 Ом	1,1 кОм	11 кОм	
1,2	0,012 Ом	0,12 Ом	1,2 Ом	12 Ом	120 Ом	1,2 кОм	12 кОм	
1,3	0,013 Ом	0,13 Ом	1,3 Ом	13 Ом	130 Ом	1,3 кОм	13 кОм	
1,5	0,015 Ом	0,15 Ом	1,5 Ом	15 Ом	150 Ом	1,5 кОм	15 кОм	
1,6	0,016 Ом	0,16 Ом	1,6 Ом	16 Ом	160 Ом	1,6 кОм	16 кОм	
1,8	0,018 Ом	0,18 Ом	1,8 Ом	18 Ом	180 Ом	1,8 кОм	18 кОм	
2,0	0,02 Ом	0,2 Ом	2,0 Ом	20 Ом	200 Ом	2,0 кОм	20 кОм	
2,2	0,022 Ом	0,22 Ом	2,2 Ом	22 Ом	220 Ом	2,2 кОм	22 кОм	
2,4	0,024 Ом	0,24 Ом	2,4 Ом	24 Ом	240 Ом	2,4 кОм	24 кОм	
2,7	0,027 Ом	0,27 Ом	2,7 Ом	27 Ом	270 Ом	2,7 кОм	27 кОм	
3,0	0,03 Ом	0,3 Ом	3,0 Ом	30 Ом	300 Ом	3,0 кОм	30 кОм	
3,3	0,033 Ом	0,33 Ом	3,3 Ом	33 Ом	330 Ом	3,3 кОм	33 кОм	
3,6	0,036 Ом	0,36 Ом	3,6 Ом	36 Ом	360 Ом	3,6 кОм	36 кОм	
3,9	0,039 Ом	0,39 Ом	3,9 Ом	39 Ом	390 Ом	3,9 кОм	39 кОм	
4,3	0,043 Ом	0,43 Ом	4,3 Ом	43 Ом	430 Ом	4,3 кОм	43 кОм	
4,7	0,047 Ом	0,47 Ом	4,7 Ом	47 Ом	470 Ом	4,7 кОм	47 кОм	
5,1	0,051 Ом	0,51 Ом	5,1 Ом	51 Ом	510 Ом	5,1 кОм	51 кОм	
5,6	0,056 Ом	0,56 Ом	5,6 Ом	56 Ом	560 Ом	5,6 кОм	56 кОм	
6,2	0,062 Ом	0,62 Ом	6,2 Ом	62 Ом	620 Ом	6,2 кОм	62 кОм	
6,8	0,068 Ом	0,68 Ом	6,8 Ом	68 Ом	680 Ом	6,8 кОм	68 кОм	
7,5	0,075 Ом	0,75 Ом	7,5 Ом	75 Ом	750 Ом	7,5 кОм	75 кОм	
8,2	0,082 Ом	0,82 Ом	8,2 Ом	82 Ом	820 Ом	8,2 кОм	82 кОм	
9,1	0,091 Ом	0,91 Ом	9,1 Ом	91 Ом	910 Ом	9,1 кОм	91 кОм	

При этом получаем



Дополним каскад, рассчитанный по постоянному току, виртуальным генератором сигналов (Voltage Source).



Проведем анализ работы схемы во временной области при различных амплитудах входного сигнала, задав частоту генератора входного сигнала 1 кГц. Окно параметров:

**Transient Analysis Limits**

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

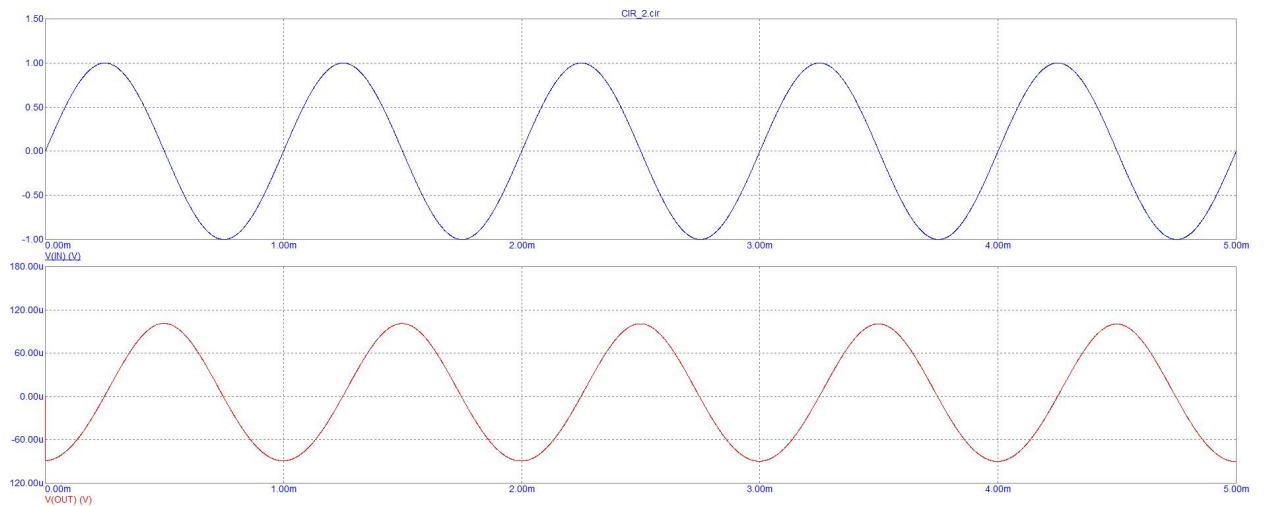
Maximum Run Time: 5ms  
Output Start Time (tstart): 0  
Maximum Time Step: 1u  
Number of Points: 51  
Temperature: Linear 27  
Retrace Runs: 1

Run Options: Normal  
State Variables: Leave

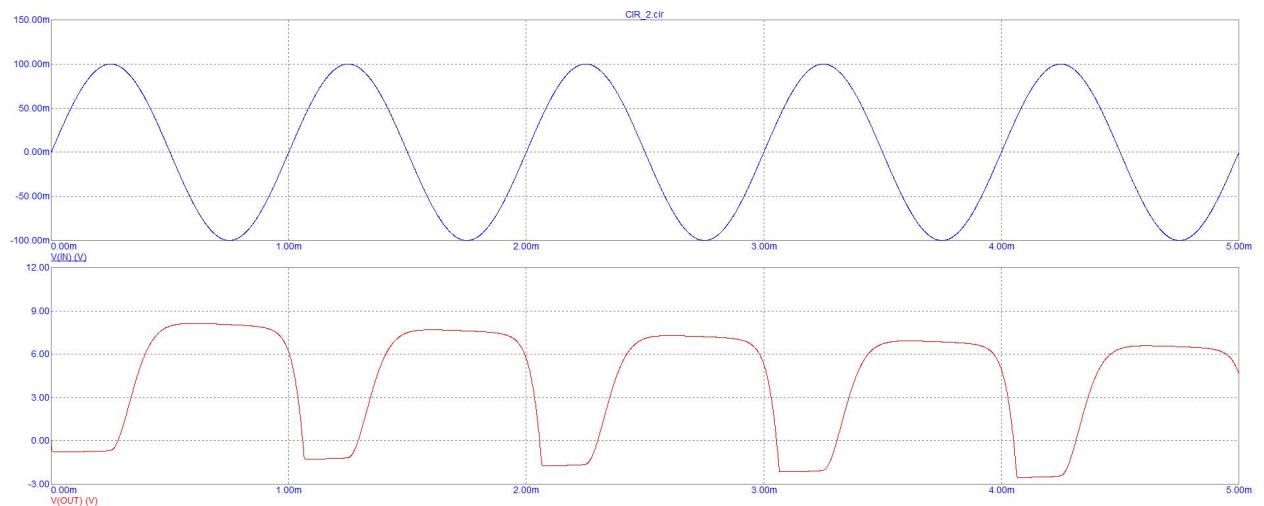
☒ Operating Point ☐ Accumulate Plots  
☐ Operating Point Only ☐ Fixed Time Step  
☒ Auto Scale Ranges ☐ Periodic Steady State

☐ Ignore Expression Errors

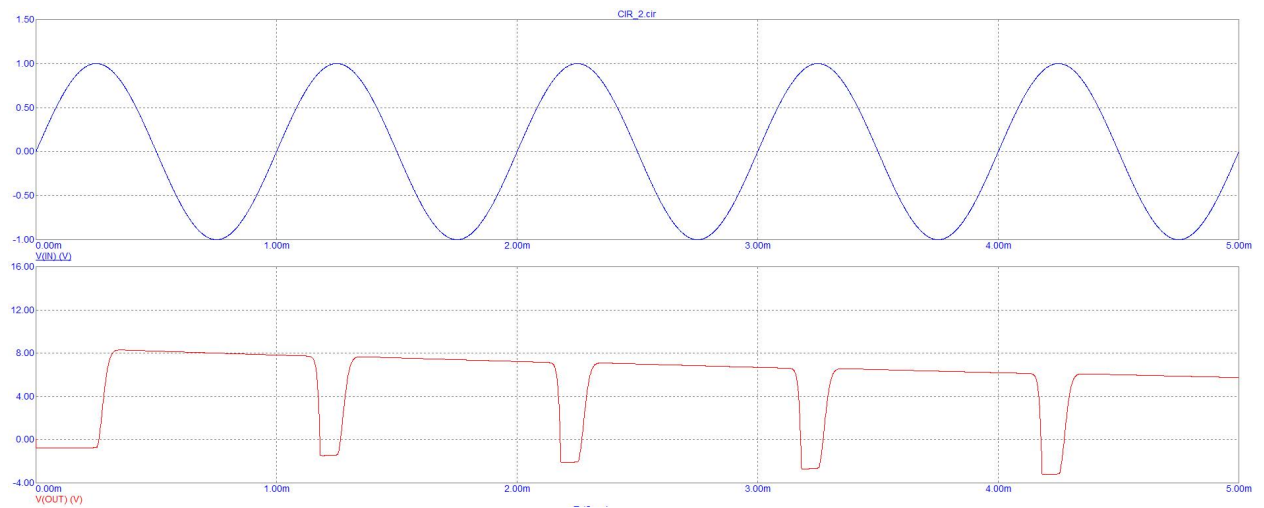
Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
1	T	V(IN)	0.005,0,0.001	1.5,-1,0.5	
2	T	V(OUT)	0.005,0,0.001	0.00018,-0.0001	



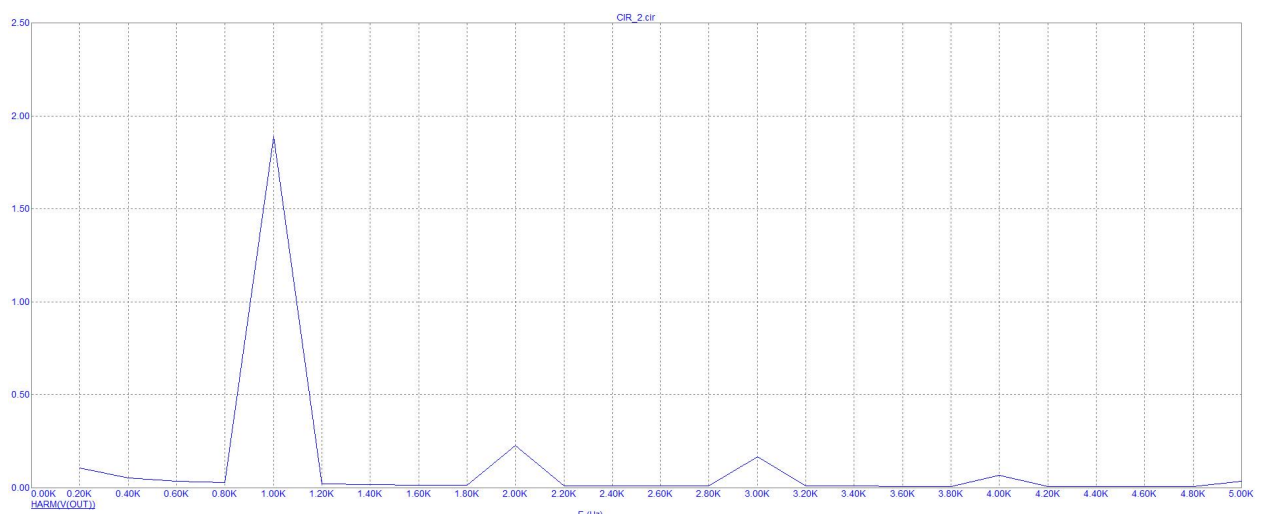
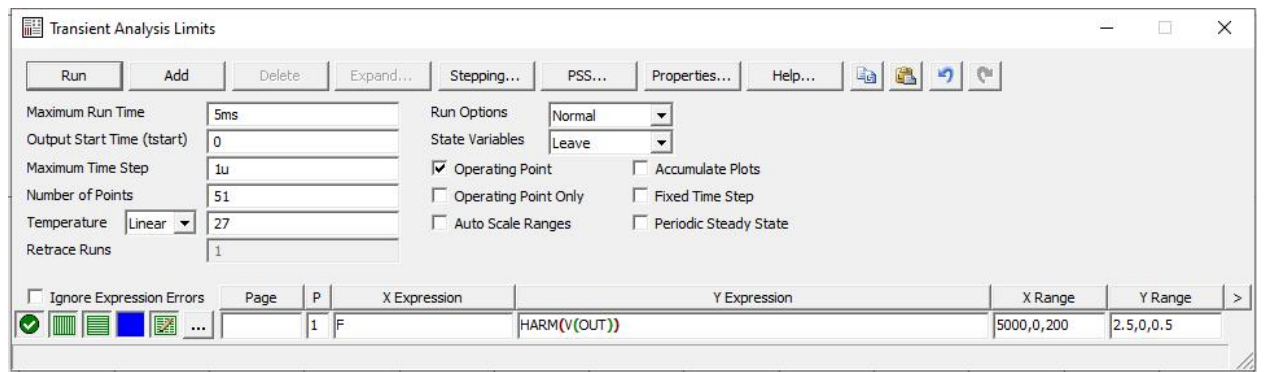
Увеличим амплитуду входного сигнала до 100 мВ.



Увеличим амплитуду входного сигнала до 1 В.



Определим спектр сигнала на выходе усилительного каскада при амплитуде сигнала на входе 10 мВ. Окно задания анализа имеет вид :



Определим коэффициент нелинейных искажений  $K$  по первым пяти гармоникам. Для этого воспользуемся программой MatLab, в которую перенесем данные графика и проведем расчет.

```
x = ciror1.Variables;  
x = x(1:5, 1);  
y = ciror2.Variables;  
y = y(1:5, 1);  
sqrt(sum(y(10:5:end).^2)) / y(5)
```

```
ans = 0.0865
```

Таким образом, коэффициент нелинейных искажений составил 8.65%.