


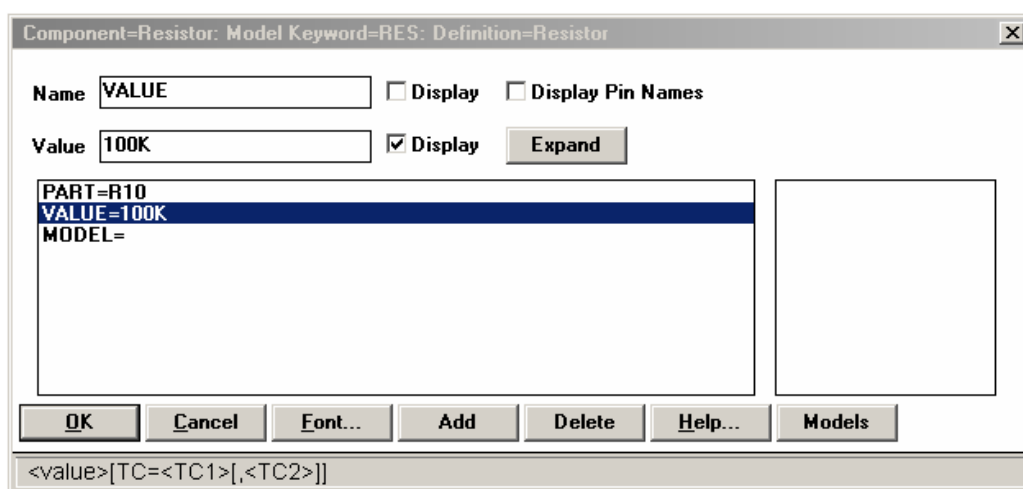
# КРАТКОЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО К MicroCap

## Создание схем

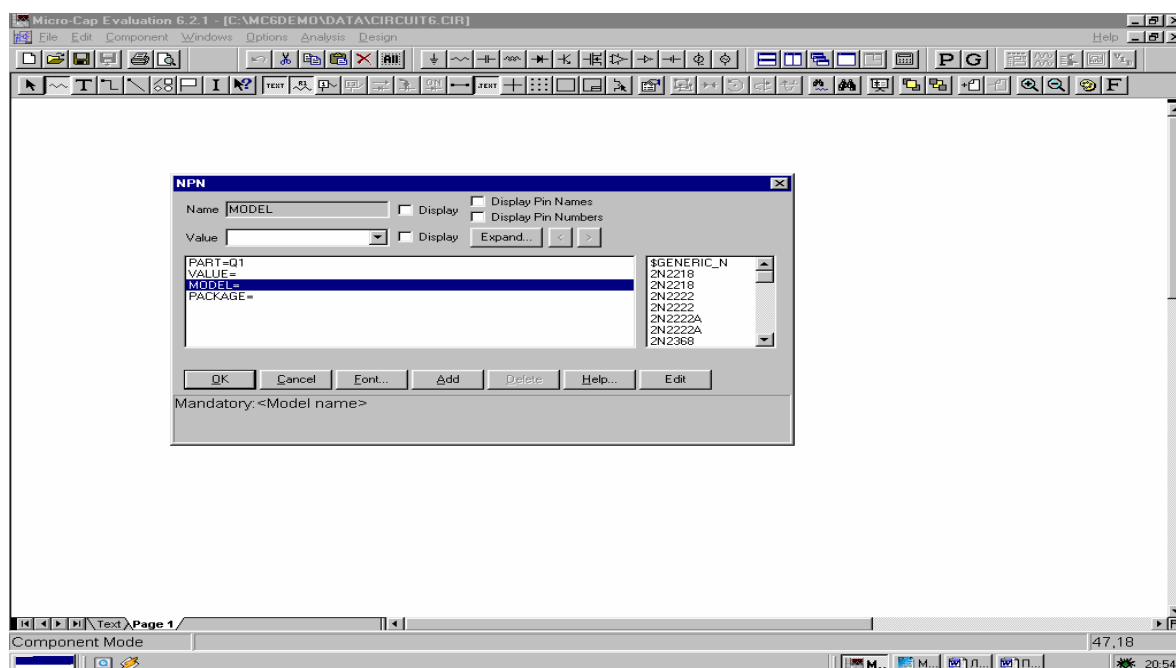
### Сборка схем

Сборка осуществляется выбором соответствующих элементарных элементов из меню *Component* и их последующим соединением.

Для того чтобы повернуть элемент на  $90^0$  необходимо при нажатой правой кнопки мыши нажать левую или выделить с помощью  область, в которой находится этот элемент, и использовать Edit\Box\Rotate, Edit\Box\Flip\_X или Edit\Box\Flip\_Y. Значения параметров компонентов задаются при их создании в Окне Атрибутов (рис.1). Для этого необходимо






а





б

Рис. 1. Окно Атрибутов: выбор модели резистора (а), – транзистора (б)

выбрать параметр VALUE и в поле Value указать его значение (для пассивных элементов) (рис. 1, а). Выбор транзисторов (активных элементов) осуществляется из заданного перечня (рис. 1, б). При необходимости их параметры можно редактировать в окне *Text*, где располагается текстовая математическая модель компонента (в данном случае транзистора). Для удобства редактирования можно окно разделить на две части (вертикальные или горизонтальные) – меню Windows/Split Horizontal (Vertical).

Для соединения элементов между собой используются кнопки . Первая соединяет элементы связями только под прямым углом, вторая – под произвольным. MicroCap сам нумерует точки, в которых могут быть разные потенциалы. Чтобы увидеть эту нумерацию надо кликнуть на . Для того, чтобы позже можно было проще анализировать схемы, необходимо отметить точки, которые будем анализировать. Для этого надо инструментом  поставить текстовую метку так, чтобы ее левый нижний угол оказался на отмечаемой точке.

### Параметры источника сигналов.

Для того чтобы задать или изменить параметры источника сигналов необходимо кликнуть инструментом  на соответствующий источник на схеме. В появившемся окне автоматически будет выбрана строчка, в которой задаются параметры данного источника. Для источника синусоидального сигнала это: F – частота, A – амплитуда. Выход из этого окна осуществляется нажатием на  в нижнем левом углу окна.

Для источника импульсных сигналов: VZERO – начальное значение, VONE – максимальное значение, p1 – начало переднего фронта, p2 – начало плоской вершины импульса, p3 – конец плоской вершины импульса, p4 – достижение начального уровня, p5 – период повторения. Последние пять параметров задаются в секундах.

### Представление чисел

Представление в MicroCap возможно в одной из трех нотаций.

1) Действительные числа с фиксированным десятичным знаком.

2,5 кОм записывается как 2500

1 мкФ записывается как 0.000001

Обратим внимание, что в качестве десятичного знака используется точка.

2) Действительные числа с плавающим десятичным знаком

2,5 кОм записывается как 2.5e3

1 мкФ записывается как 1e-6

3) Действительные числа с плавающим десятичным знаком. Согласно этой нотации различные степени 10 обозначаются следующими суффиксами.

F	фемто	$10^{-15}$
P	пико	$10^{-12}$
N	нано	$10^{-9}$
U	микро	$10^{-6}$
M	милли	$10^{-3}$
K	кило	$10^3$
MEG	мега	$10^6$
G	гига	$10^9$
T	тера	$10^{12}$

Для экономии места на графиках малая буква “m” обозначает  $10^{-3}$ , большая буква “M” -  $10^6$ .

При этом большие и малые буквы не различаются. Сопротивление 1,5 МОм может быть записано как 1.5MEG, 1.5meg, 1500K.

## ВЫПОЛНЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Характер моделирования (анализа) указывается в Меню **Analysis**:

**Transient** – анализ переходных процессов (реакция устройств и систем на типовые входные воздействия, реализуемые соответствующими источниками сигналов);

**AC** – анализ частотных характеристик;

**DC** – анализ передаточных функций по постоянному току, в частности, построение выходных и входных статических характеристик транзисторов;

**Dynamic DC** – расчет режима по постоянному току и отображение на схеме узловых потенциалов, токов ветвей и рассеиваемой мощности ;

**Transfer Function** – расчет малосигнальных (т.е. линеаризованных) передаточных функций по постоянному току;

**Sensitivity** – расчет чувствительностей по постоянному току выходных переменных к изменению (вариации) параметров схемы и ее компонентов.

### ***Анализ передаточных характеристик (статических выходных характеристик транзисторов)***

По команде **DC** в Меню **Analysis** открываем окно задания параметров для анализа передаточных характеристик (рис. 2). На этом рисунке заданы параметры для измерения семейства статических выходных характеристик биполярных транзисторов  $I_c = F(U_{ce})$  при постоянных токах базы  $I_b$ . Т. е. независимыми переменными (аргументами) являются  $U_{ce}$  и  $I_b$ , в соответствии с чем, к коллектору подключен источник постоянного напряжения  $V2$  к базе транзистора – источник постоянного тока  $I2$  (рис. 3). На строках *Variable 1*, *Variable 2*

указаны имена варьируемых источников, диапазон их изменений – на строках *Range*. По оси *X* откладывается напряжение коллектор – эмиттер транзистора  $V_{ce}(Q1)$ , по оси *Y* – ток коллектора  $I_c(Q1)$ . Расчет осуществляется по команде *Run*.

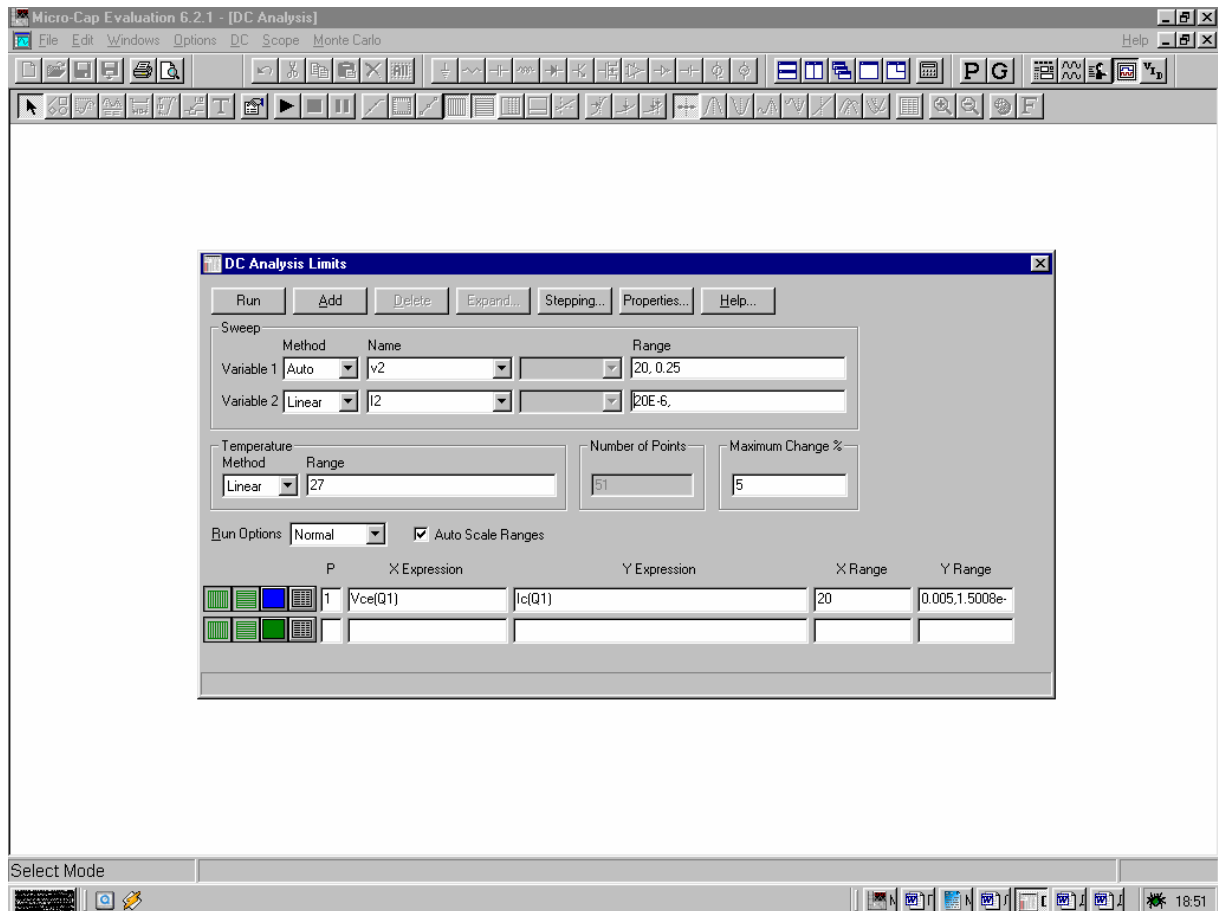


Рис. 2. Окно задания параметров для анализа передаточных характеристик

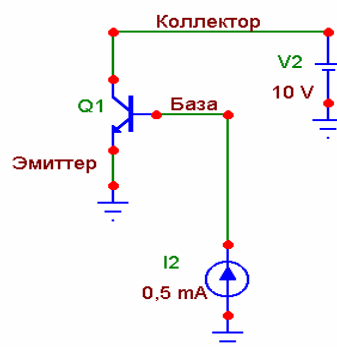


Рис. 3. Измерение статических выходных характеристик биполярного транзистора

## Анализ частотных характеристик

В качестве примера рассмотрим схему инвертирующего усилителя на ОУ (рис. 4).

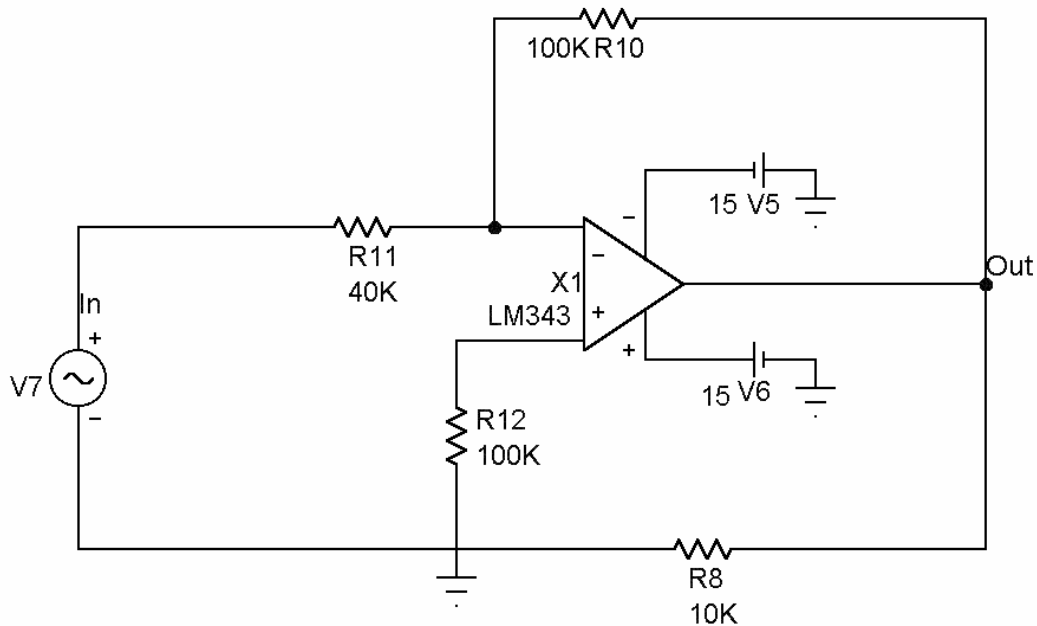


Схема 1 "Инвертирующий усилитель"

Рис. 4.

Для анализа частотных характеристик надо выбрать пункт меню **Analysis/AC Analysis...**

Появится окно (рис. 5):

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

Frequency Range:

Number of Points:

Temperature:

Maximum Change %:

Noise Input:

Noise Output:

Run Options: Normal

Frequency Step: Auto

☐ Auto Scale Ranges

P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range	Fmt
	F	db{v{Out}}	1E7,1000	20,-20	5.3
1	F	ph{v{Out}}	1E9,10	180,-180	5.3
	F	v{In}	1E7,1000	20,-20	5.3
	F	v{Out}	1E7,1000	20,-20	5.3
			Auto	Auto	5.3

Border

Рис. 5.

Значение некоторых полей этого окна:

Кнопка **Run** – начало моделирования.

**Frequency Range** – конечная и начальная частота по формату Fmax, Fmin.


Графа P – номер графического окна, в котором выводится функция. Если ничего не задано, то график не строится.

**X Expression** – имя переменной, откладываемой по оси X. В нашем случае, это частота (F).

**Y Expression** – имя переменной, откладываемой по оси Y.  $v(\text{Out})$  – напряжение в точке Out,  $\text{ph}(v(\text{Out}))$  – сдвиг фазы напряжения относительно начальной в точке Out,  $\text{db}(v(\text{Out}))$  – коэффициент усиления в Дб в точке (Out).

**X Range** – максимальное и минимальное значения переменной X по формату High, Low. Если минимальное значение равно нулю, его можно не указывать. Для автоматического выбора диапазона переменных в этой графе указывается Auto. Необходимо помнить, что ось X – логарифмическая.

**Y Range** – максимальное и минимальное значения переменной Y на графике. Если минимальное значение равно нулю, его можно не указывать. Для автоматического выбора диапазона переменных в этой графе указывается Auto.

После построения графиков с помощью клавиш  можно вывести на экран разность значений по X, разность значений по Y между двумя точками, и значение в конкретной точке.

## Анализ переходных процессов

Для анализа переходных характеристик надо выбрать пункт меню **Analysis/Transient...**

Появится окно (рис.6):

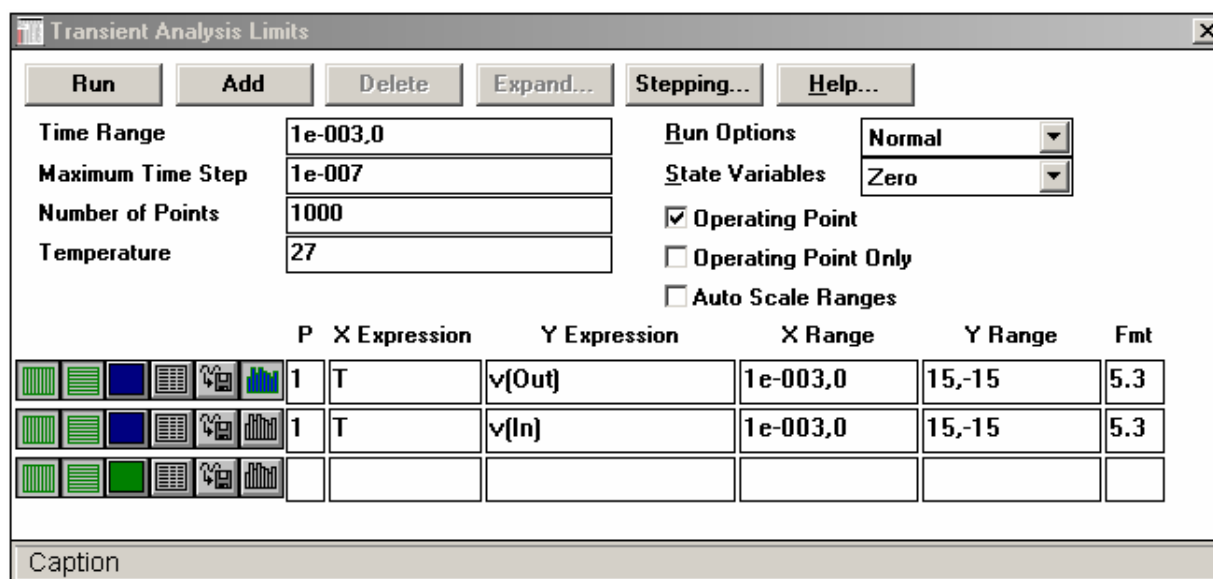


Рис. 6

Значение некоторых полей этого окна:

Кнопка **Run** – начало моделирования.

**Time Range** – временной промежуток в котором будет строиться переходный процесс по формату  $F_{max}$ ,  $F_{min}$ .

**Maximum Time Step** – максимальный шаг построения в секундах.

Графа **P** – номер графического окна, в котором выводится функция. Если ничего не задано, то график не строится.

**X Expression** – имя переменной, откладываемой по оси X. В нашем случае, это время ( $T$ ).


**Y Expression** – имя переменной, откладываемой по оси Y.  $V(Out)$  – напряжение в точке Out.

В данном окне (рис.6) можно также рассчитать *спектр сигнала* с помощью преобразования Фурье. Для этого надо в графическом окне ввести строку:

**X Expression:** имя переменной - частота ( $F$ ), **Y Expression:** имя переменной -  $FFT(Out)$ .

**X Range** – максимальное и минимальное значения переменной X по формату High, Low. Если минимальное значение равно нулю, его можно не указывать. Для автоматического выбора диапазона переменных в этой графе указывается Auto.

**Y Range** – максимальное и минимальное значения переменной Y на графике. Если минимальное значение равно нулю, его можно не указывать. Для автоматического выбора диапазона переменных в этой графе указывается Auto.

После построения графиков с помощью клавиш  можно вывести на экран разность значений по X, разность значений по Y между двумя точками, и значение в конкретной точке.

### ***Результаты построения частотных характеристик и переходных процессов***

*Результаты анализа схемы* представлены на рис. 7 – рис. 10.

**Амплитудно-частотная характеристика** построена в промежутке от 1кГц до 10МГц в логарифмической шкале. На рабочей частоте усилителя (2.5 кГц) просмотрены значения входного и выходного значений напряжения усилителя. MicroCap строит АЧХ для выходного сигнала  $U_{вх} = 1В$ . Тогда выходной сигнал при этой частоте  $U_{вых} = 2.5В$ . Коэффициент усиления данного усилителя  $K_y = 2.5$  ( $K_y \approx 8Дб$ ). Рабочая область усилителя 1-15 КГц. При более высоких частотах выходное напряжение уменьшается до нуля.

**Фазо-частотная характеристика** построена в промежутке от 10Гц до 1ГГц по логарифмической шкале. По фазо-частотной характеристике можно судить о сдвиге фазы на разных частотах сигнала. На частотах 1 кГц и 15кГц просмотрены значения сдвига фазы. На частоте 1 кГц сдвиг фазы  $\approx 180^\circ$  (т.е. усилитель является инвертирующим). На частоте 15.35 кГц сдвиг фазы составляет уже  $177^\circ$ .

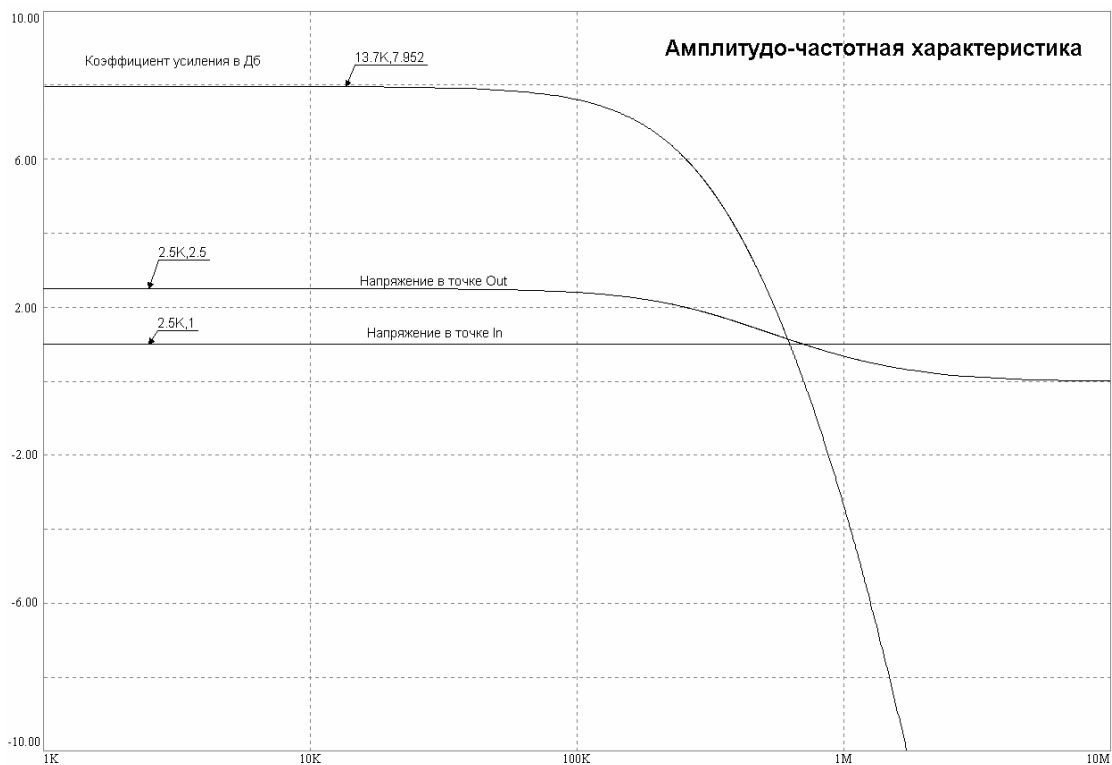


Рис. 7. Амплитудно-частотная характеристика

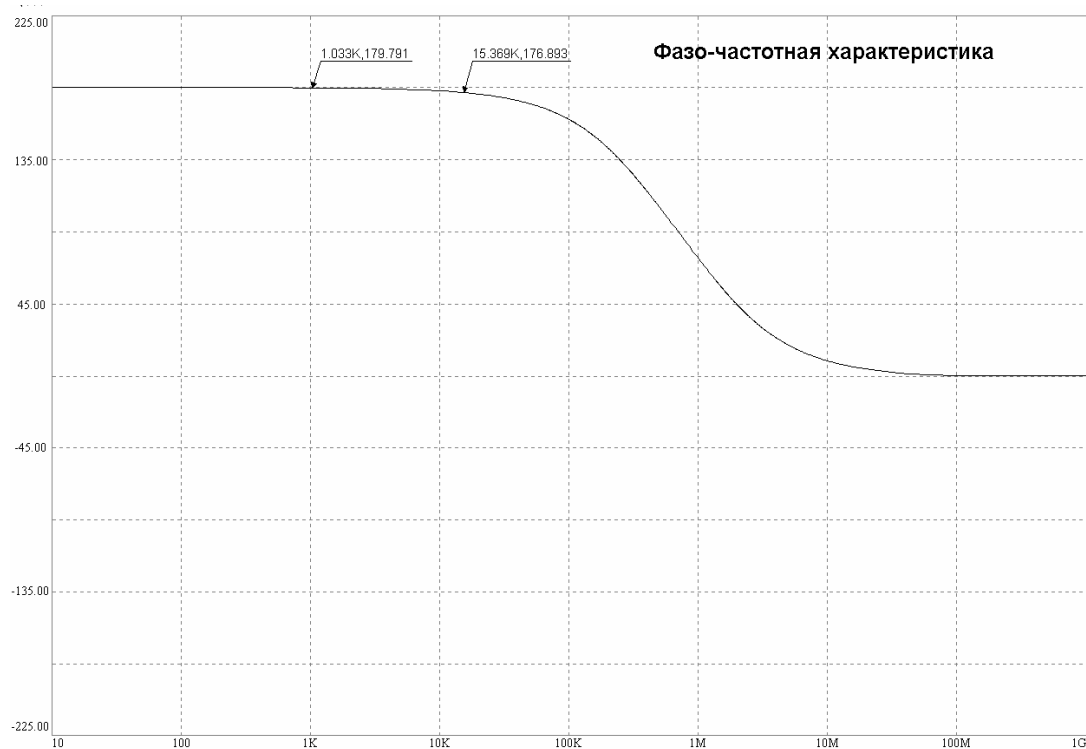


Рис. 8. Фазо-частотная характеристика

### Переходный процесс при небольшом импульсном сигнале (рис. 9)

Для моделирования переходного процесса был использован источник трапецевидных импульсов с амплитудой 1В и частотой 10кГц. Переходный процесс построен в промежутке от 0 до 2мкс. Усилитель достаточно точно передает трапецевидную форму исходного сигнала. Амплитуда выходного сигнала 2.5В.



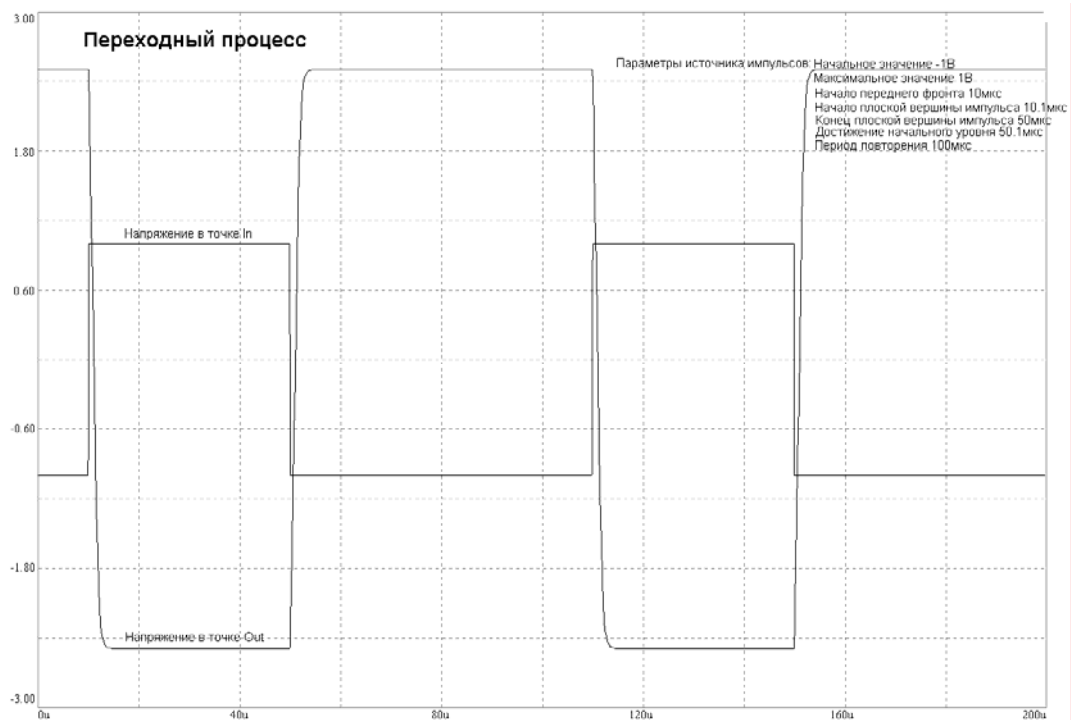


Рис. 9

### Переходный процесс при большом синусоидальном сигнале (рис. 10)

Для моделирования переходного процесса был использован источник синусоидального сигнала с амплитудой 11В и частотой 2кГц. Переходный процесс построен в промежутке от 0 до 1мс. По графику  $U_{\max} \approx 13.6\text{В}$ . При достижении выходным сигналом этого значения наступает “срез” выходной характеристики.

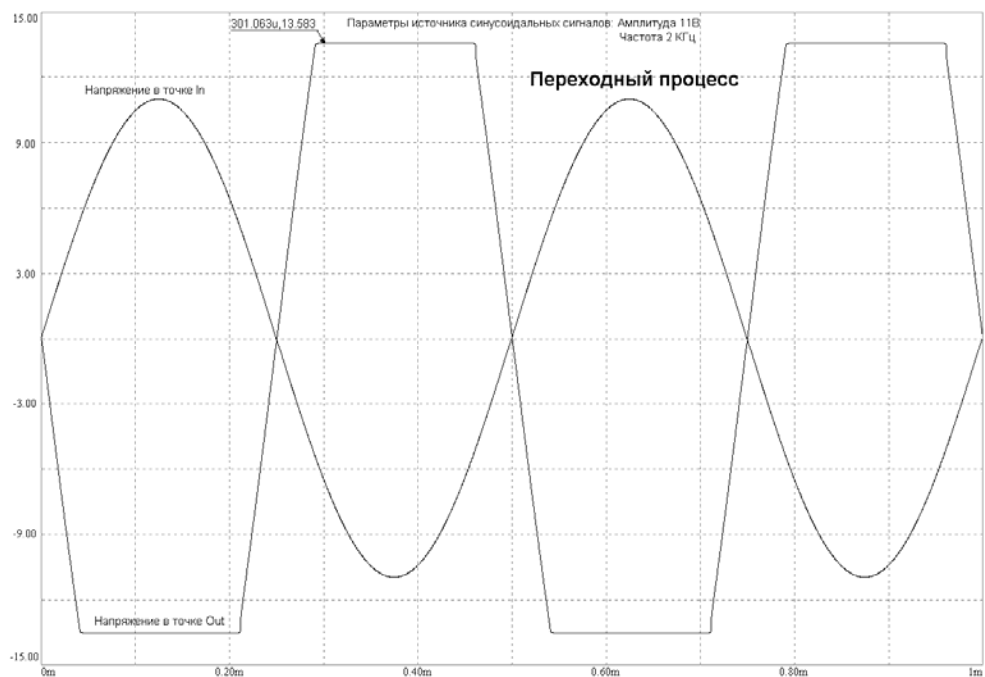


Рис. 10