

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ
И ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ В СРЕДЕ «TINA-8»**

Методические указания по выполнению лабораторных работ
по электротехнике и электронике

МОСКВА 2010

Автор: В.А. Алехин.

Редактор: С.А. Миленина

Методические указания по моделированию электрических цепей и электронных схем в среде «TINA-8» содержат наиболее важные для учебного процесса сведения о новой мощной программе компьютерного моделирования и проектирования электрических цепей и электронных схем. Работая с этими методическими указаниями на компьютере, студенты смогут изучить наиболее важные функции программы, инструменты, виды анализа и оптимизации, виртуальные приборы и т.п. Полученные знания и навыки позволят использовать эту программу в лабораторном практикуме, при выполнении курсовых работ, исследовании и проектировании реальных электронных устройств.

Материал предназначен для студентов специальностей 230101, 230105, 210301, 220201, 220401, 210105, 210108, 210104, изучающих дисциплины «Общая электротехника», «Теоретические основы электротехники», «Электротехника», «Электротехника и электроника».

Печатаются по решению редакционно-издательского совета университета.

Рецензенты: Н.Г. Анищенко, В.Н. Цыпкин

ВВЕДЕНИЕ

Изучение электротехнических дисциплин предусматривает освоение методов расчета и компьютерного моделирования электрических цепей и электронных схем в стационарных и переходных режимах. В последние годы появились новые эффективные программы компьютерного моделирования, в частности, программа TINA-8 компании Texas Instruments. Данные методические указания знакомят студентов с программой TINA-8 на примерах компьютерного моделирования электрических цепей и электронных схем, которые изучаются в курсе «Электротехника и электроника».

1. Основные сведения о программе TINA-8

TINA-8 является мощным инструментом для моделирования аналоговых и цифровых схем, позволяет проводить исследование схем при изменении параметров, оптимизацию, выполнять частотный и спектральный анализ, исследовать переходные характеристики и т.д. Рассмотрим интерфейс программы TINA-8.

На рис. 1 показано окно программы. Рассмотрим отдельные элементы интерфейса программы.

1. *Строка меню.*

2. *Курсор*, указатель (стрелка). Курсор можно двигать мышью и выполнять следующие операции:

выделять область схемы;

переносить на схему символы компонентов;

определять конец проводника и соединять компоненты;

изменять конфигурацию проводников;

изменять конфигурацию схем;

разрывать соединения в схемах;

увеличивать схему, используя кнопку масштаба.

3. *Окно схемы*, в котором собирают схему цепи, включают приборы, проводят измерения и т.п. Операция View/Greed On/Off со-

удаляет или удаляет сетку с рабочего окна. Операция View/Pin Markers On/Off показывает или удаляет контакты компонентов.

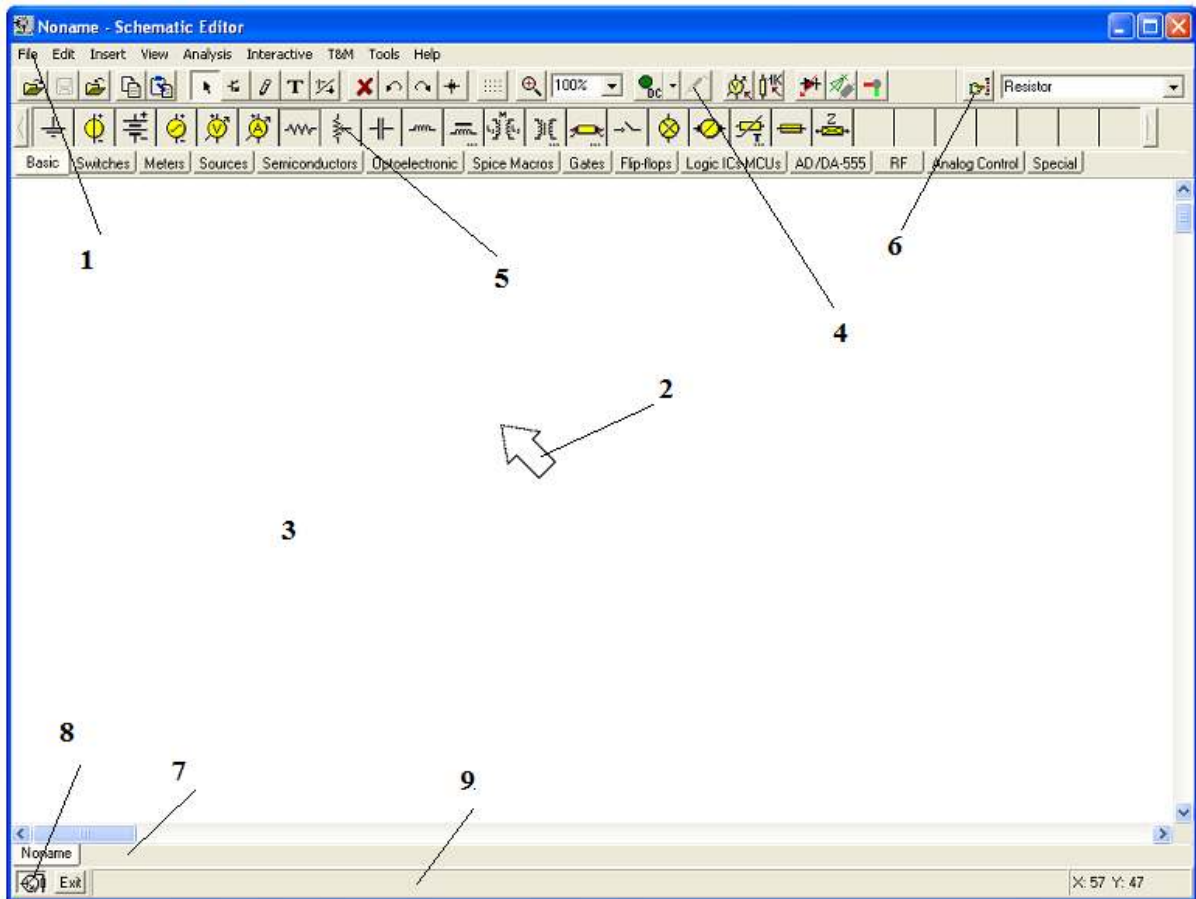



Рис.1 Окно программы TINA-8

4. *Панель инструментов* позволяет выбрать многие команды редактирования: выделение, масштаб, проволочное соединение и т.д. Рассмотрим наиболее важные команды на панели инструментов. Панель инструментов содержит меню команд Рис.2.




Рис.2. Меню команд

Кроме обычных команд (открытие файла, сохранение и т.п.) в меню команд входят:


 -режим выделения позволяет выделять или перетаскивать компоненты курсором при нажатии левой кнопки мыши. Выделенные компоненты окрашиваются в красный цвет. Для снятия выделения надо щелкнуть левой кнопкой мыши на сво-

бодном участке поля. Выделенный компонент можно удалять, поворачивать и т.п., щелкнув правой кнопкой мыши.

 - вставка последнего компонента.

 - служит для вставки проводников в схему (пишущий карандаш).

 - вставка текста или комментариев в схемы и результаты анализа.

 - позволяет разъединять компоненты или удалять соединяющие точки между проводниками и проводными соединениями.

  - повороты выделенного компонента.

 - зеркальное отражение выделенного компонента.

 - группа кнопок.

 - включение/выключение сетки.


 - увеличение масштаба выбранной части текущего вида.


 - установка масштаба от 10% до 200%.

Интерактивное меню включает:

 - режим постоянного тока,

 - режим переменного тока,

 - непрерывный переходной режим,


 - однократный переходной режим с установленным временем анализа,

 - цифровой режим,


 - режим работы с компонентами и вычислительными операциями.


 - список режимов работы.

 - выбор цели оптимизации или изменения установок.

 - выбор управляемого объекта для изменения параметров или оптимизации.

 - позволяет установить погрешности компонентов.

 - позволяет показать трехмерное изображение компонента.

 - вызывает диалог, который инициирует модель проектирования печатных плат.

  - поиск компонентов из библиотеки.

5. Панель компонентов.

Компоненты расположены в группах, поименованных на кнопках панели инструментов. Сначала выбирают группу, а затем требуемый компонент. Щелкнув на выбранном компоненте, курсором переместите компонент на рабочее поле окна.

6. *Поиск компонентов.* Этот инструмент позволяет найти по имени любой компонент из каталога.

7. *Открытие таблицы файлов.* Можно иметь несколько разных файлов и выбрать нужный файл из таблицы.

8. *Включение и выключение редактора схем.*

9. *Линия помощи.* Дает краткое описание выделенного компонента.

2. Создание цепи компонентов

Компоненты выбираются из панели компонентов и их символы перемещаются мышью на требуемые позиции. Компоненты можно поворачивать и зеркально отображать. После размещения компонентов, двойным щелчком левой кнопкой мыши открывают окно для установки параметров и этикетки компонента. Значения параметров могут лежать в пределах 10^{-12} – 10^{+12} . Программа TINA автоматически присваивает этикетку каждому компоненту и отображает численное значение его параметра. Набор компонентов весьма обширный и включает пассивные компонен-

ты, источники сигналов, ключи, полупроводниковые элементы, цифровые схемы и т.д.

3. Соединения компонентов

Проводники устанавливают короткозамкнутое соединение между двумя контактами компонентов. Для создания проводника можно воспользоваться курсором, протянув проводник от одного компонента до другого. Курсор действует как пишущее перо. Подведите курсор к контакту компонента. Он отобразится как пишущий карандаш. Нажмите на левую кнопку мыши и протяните нужный проводник. Удобнее пользоваться пишущим карандашом. Он позволяет начинать проводник в любом месте рабочего поля. Когда Вы намерены завершить создание проводника, нажмите правую кнопку мыши. В открывшемся меню можно редактировать положения проводника.

4. Входы и выходы


Некоторые виды анализа (Переходные характеристики на постоянном токе, Воде - диаграммы и т.д.) не могут выполняться, пока не определены входы и выходы цепи. Они определяют, где прилагается воздействие и откуда снимать реакцию цепи. Выходы также определяют, какие графики будут отображаться в выбранном режиме анализа. Источники и генераторы должны быть подключены ко входам, а измерители – к выходам. Однако, измерители могут также служить для определения количественного значения входных сигналов, которые будут использоваться при вычислении переходных характеристик и функций в режиме переменного тока. Для большей гибкости входы и выходы можно устанавливать на любой позиции, используя команды Insert|Input и Insert|Output. Заметьте, что Вы можете определить входные параметры для параметрического сканирования только для команды Insert|Input. Для установки входа или выхода выберите команды Вход (I+) и или Выход (O+) в меню вставок и перетащите символы входа или выхода к требуемым узлам схемы. Щелкните левой кнопкой мыши на узле, чтобы установить Вход или Выход. Программа нарисует прерывистую линию между двумя узлами и оставит ее на схеме, когда Вы щелкните на втором узле. Если

установлено несколько входных узлов, важно помнить, что только один узел одновременно может быть определен в цепи. Аналогично, только один выходной узел может быть определен в цепи для использования.

5. Примеры моделирования на переменном токе

Исследование RLC- цепи

Сначала надо очистить рабочее окно командой File|New. Полезно сразу дать имя файлу (например, RLC-1) и сохранить его в папке примеров. Затем собираем цепь. Перетаскиваем из подменю Basic панели компонентов на рабочее поле генератор напряжения, резистор, индуктивность, конденсатор и заземление. Конденсатор установим вертикально, щелкнув по нему правой кнопкой мыши и выбрав команду Rotate Left. Соединим элементы проводниками, используя «пишущий карандаш». Получим схему, показанную на рис. 6.

В меню команд выберем вставку текста **T**. В окне ввода текста (рис. 3) наберем название цепи и нажмем кнопку . Текст переходит на рабочее поле и его можно перемещать в нужное место.

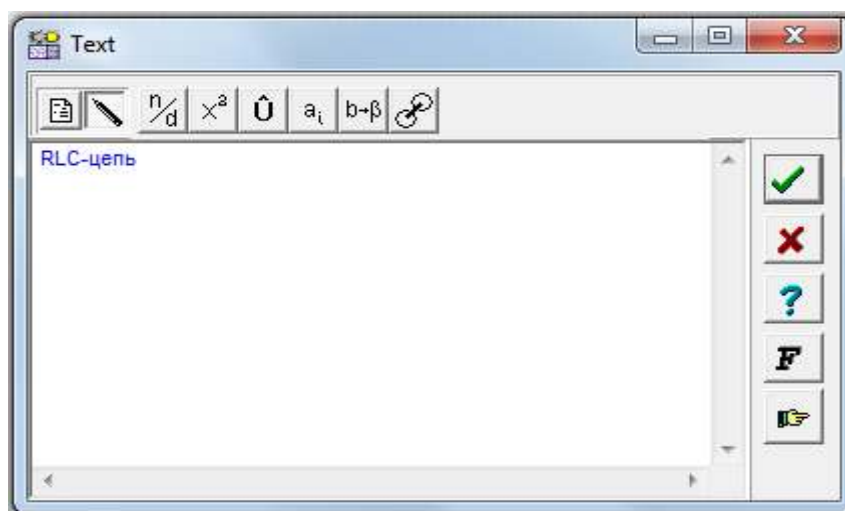


Рис. 3 Окно набора текстов и формул

Установим параметры элементов цепи. Выделим левой кнопкой мыши генератор, а правой кнопкой откроем меню и выберем Properties (рис.4)

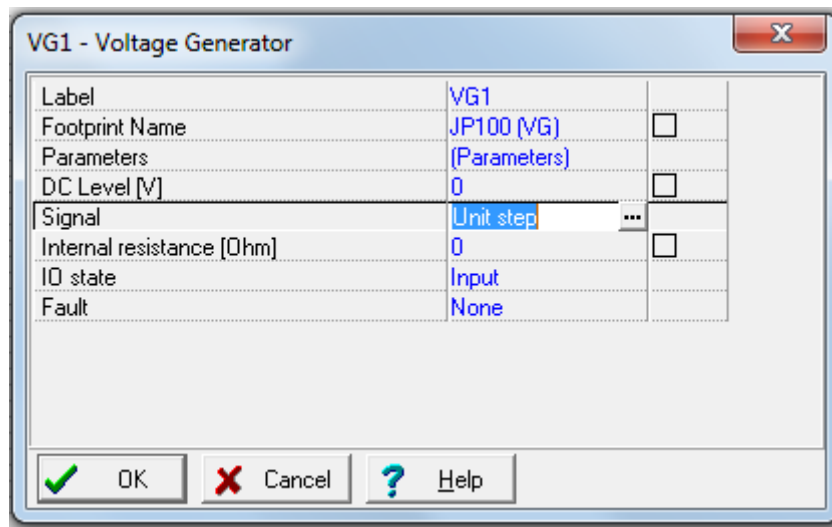


Рис. 4. Окно параметров генератора

Оставим неизменными DC level и IO state. При этом выход этого генератора будет служить входом для Воде – диаграммы. Выберем меню Signals и нажмем кнопку . Откроется новое диалоговое окно Signal Editor (рис. 5).

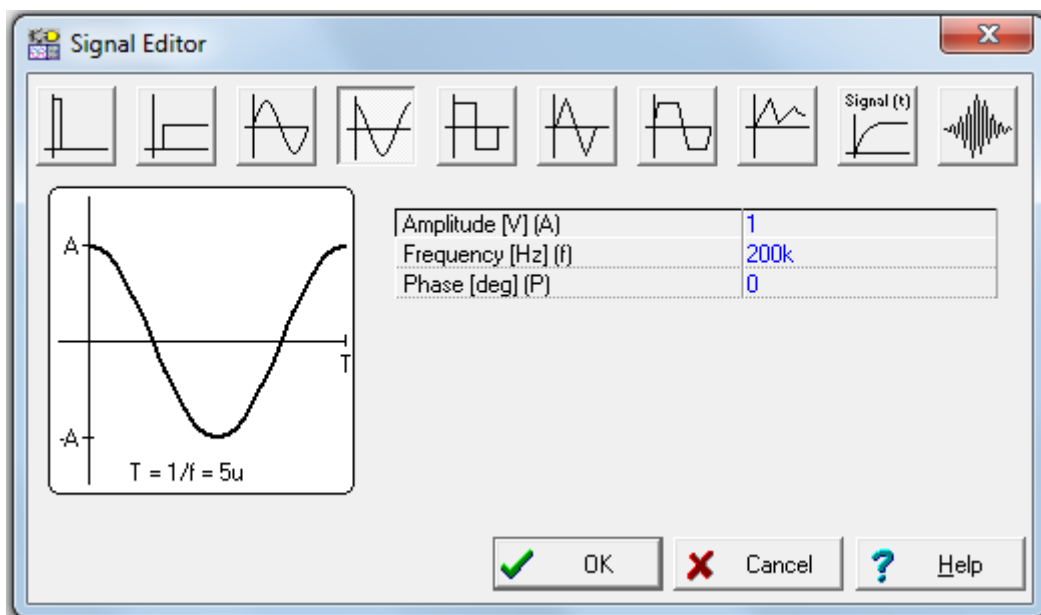



Рис. 5. Редактор сигналов

Выберем косинусоидальный сигнал и установим частоту 200 кГц. Нажмем ОК, вернемся в окно редактора параметров генератора и еще раз нажмем ОК.

Выделим левой кнопкой мыши резистор, правой кнопкой откроем меню Properties и установим номинал резистора

$R1=100\Omega$. Можно установить точность номинала, нажав кнопку . Аналогично установим номинал индуктивности $L1=1\text{ мГн}$ и конденсатора $C1=1\text{ нФ}$. Добавим к верхнему выводу конденсатора контакт напряжения Voltage Pin из подменю Meters в меню компонентов. Этот контакт будет выходом цепи при анализе. В итоге мы получим схему (рис. 6) и сохраним ее.

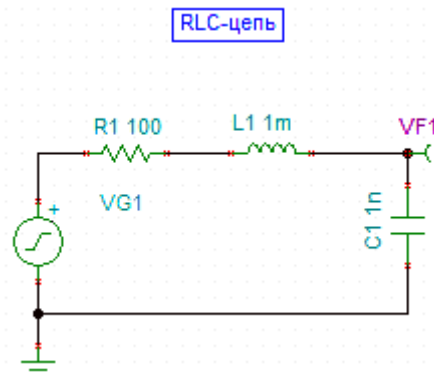


Рис.6. Схема RLC- цепи

Переходим к анализу RLC- цепи.

Выполним AC nodal analyses (анализ в узлах на переменном токе). Для этого в главном меню выбираем Analysis|AC analysis|Calculate nodal voltages. Курсор превратится в пробник, который можно соединить с любым узлом. Так на рис.7 показаны результаты измерений на выходе цепи.

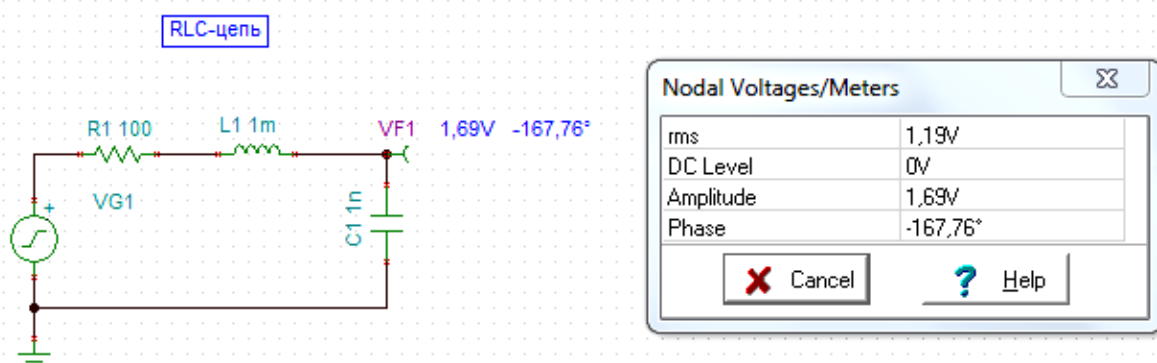


Рис.7. Измерение переменных напряжений в узлах

Такой же анализ в узлах можно сделать на постоянном токе.

Теперь выполним *анализ передаточных характеристик* RLC –цепи (амплитудно-частотной характеристики – АЧХ и фа-

зо-частотной характеристики ФЧХ). Выберем в главном меню AC Analysis|AC Transfer Characteristic... (анализ передаточных характеристик на переменном токе). Появится следующее диалоговое окно (рис. 8).

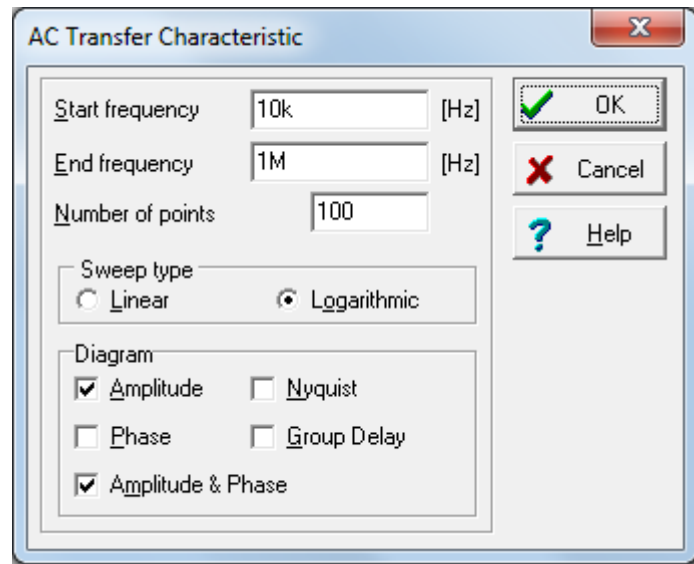


Рис.8. Диалоговое окно анализа передаточных характеристик на переменном токе

По умолчанию вычисляются амплитудные и фазовые характеристики. Выберем дополнительно амплитудную характеристику. Начальную частоту установим 10 кГц, конечную – 1 МГц и нажмем ОК. Получим амплитудно-частотную характеристику RLC-цепи с резонансом на частоте 159 кГц (рис.9). Отметим, что для любого графика можно получить и вставить функцию, используя Symbolic Analysis и выбрав AC Transfer или Semi Symbolic AC Transfer. Формулу из редактора формул можно скопировать на график АЧХ. На график можно скопировать также схему RLC-цепи. Масштабы осей графиков и вид шкалы можно изменять. Для этого выделим ось курсором и левой кнопкой мыши, нажмем правую кнопку мыши и выберем в меню Properties.

Нажав в окне графиков кнопку AC Bode, получим одновременно АЧХ и ФЧХ RLC-цепи.

Выполним *анализ переходных характеристик*. Сначала надо выделить курсором генератор и дважды щелкнуть левой кнопкой мыши. В установках генератора выбрать форму сигнала в виде

одиночной ступеньки Unit step. Затем в главном меню выбираем Analysis|Transient Analysis, в диалоговом окне выбираем End display равным 30 мкс и нажимаем ОК. Получим график затухающих колебаний напряжения на конденсаторе (рис. 10). Входной сигнал изображается постоянным напряжением 1В.

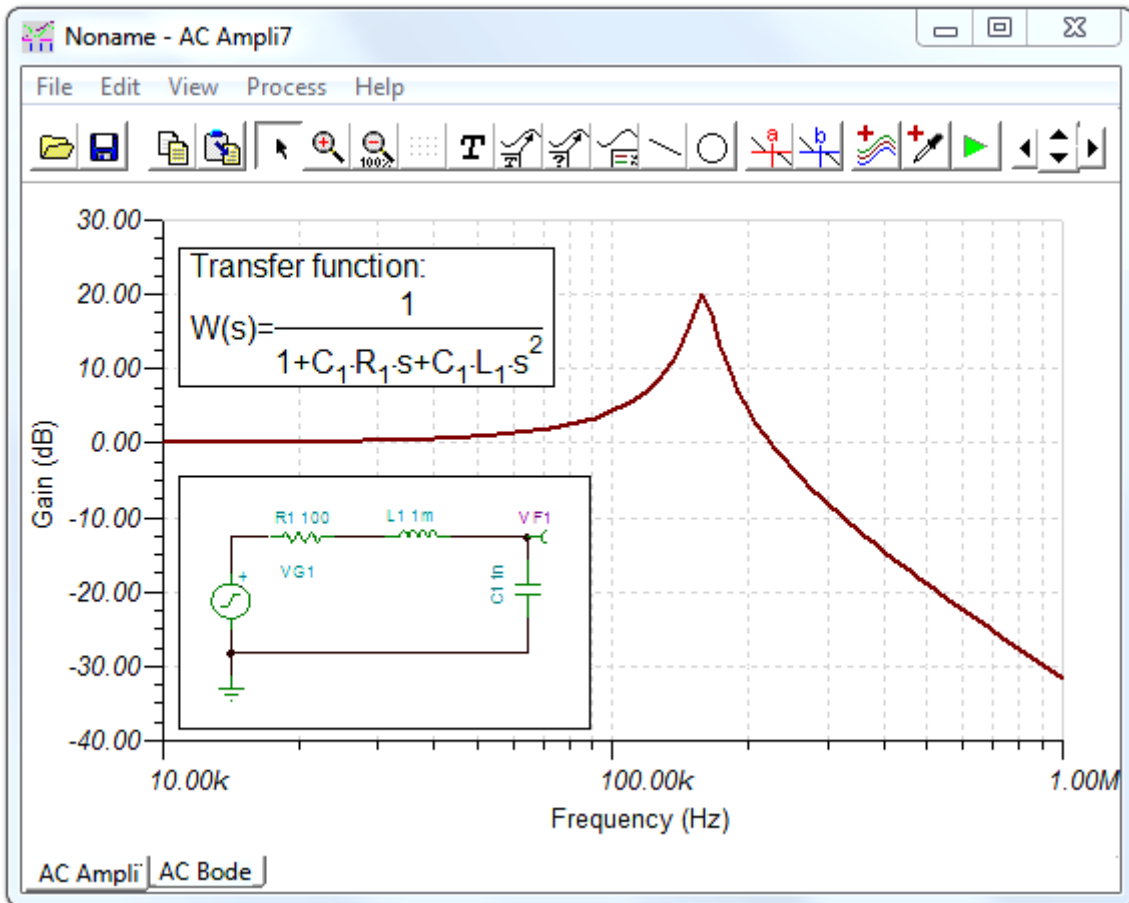


Рис.9. Амплитудно-частотная характеристика RLC-цепи

Теперь выберем в главном меню Analysis|Symbolic и Semi-symbolic Transient. В окне редактора уравнений (рис.10) появится уравнение для отклика цепи.

Equation Editor

File Edit Settings Help

TR Result :

$$v(t) = (1 + 1 \cdot e^{-5 \cdot 10^4 \cdot t} \cdot \cos(9.99 \cdot 10^5 \cdot t - 182.87^\circ)) \cdot \varepsilon(t)$$

Рис.10. Редактор уравнений

Скопируем это уравнение в окно графика переходного процесса (рис.11). Все графики и уравнения можно сохранить в памяти компьютера. Однако открывать эти файлы надо из соответствующих окон графиков и уравнений.

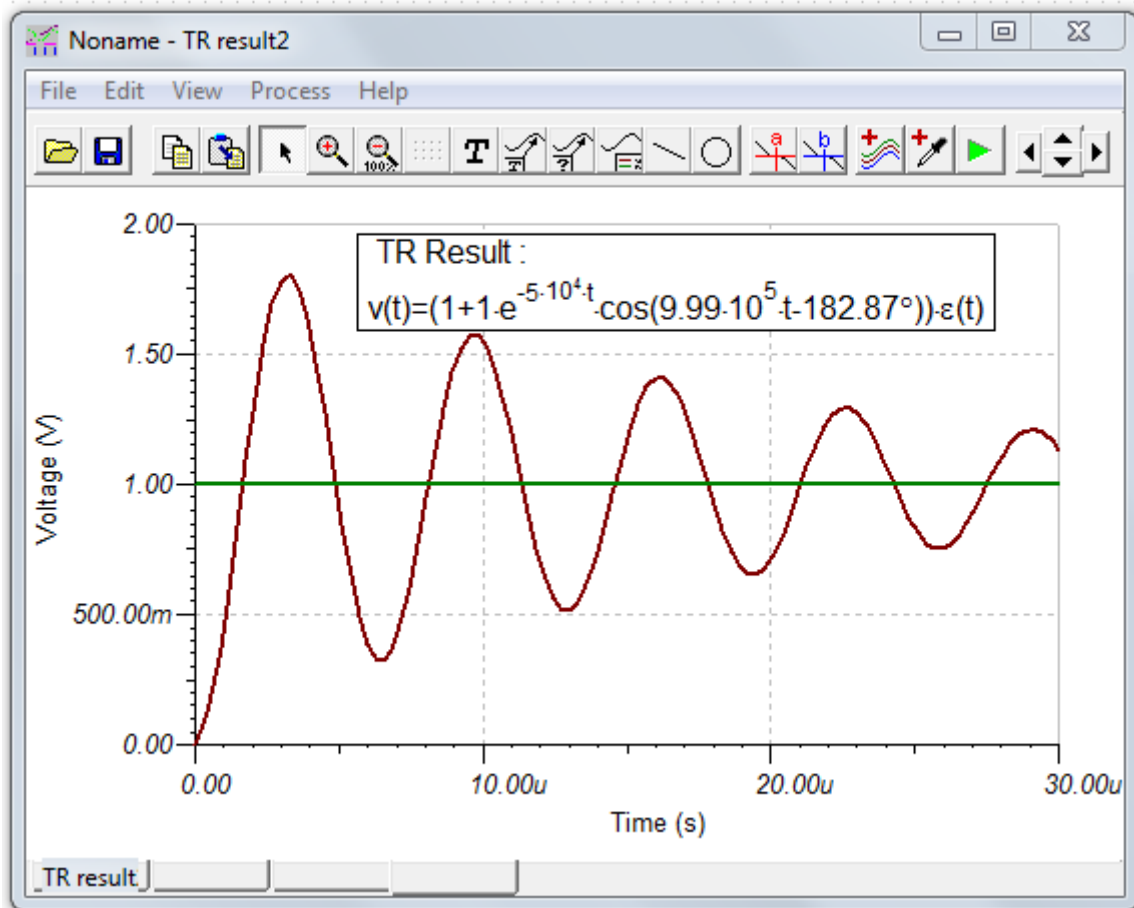


Рис.11. График напряжения на конденсаторе

Если в окне редактора формул (рис. 10) нажать на иконку Interpreter (малый калькулятор), выражение из окна редактора формул будет перенесено в окно Interpreter, в котором показаны команды построения графика. Нажав в окне Interpreter команду Run (зеленая стрелка), можно построить график повторно. Этот график можно скопировать и разместить на диаграмму переходного процесса (рис. 11), где все результаты будут видны одновременно.

Чтобы добавить на диаграмму переходного процесса графики напряжений с других элементов цепи, можно использовать режим Post-processor. Для этого в окне графика в меню Edit вы-

бираем команду Post-processor. В его окне (рис. 12) добавляем для вставки графики напряжений на индуктивности и резисторе и нажимаем ОК. Эти графики добавляются в окно графиков переходных процессов (рис. 13).

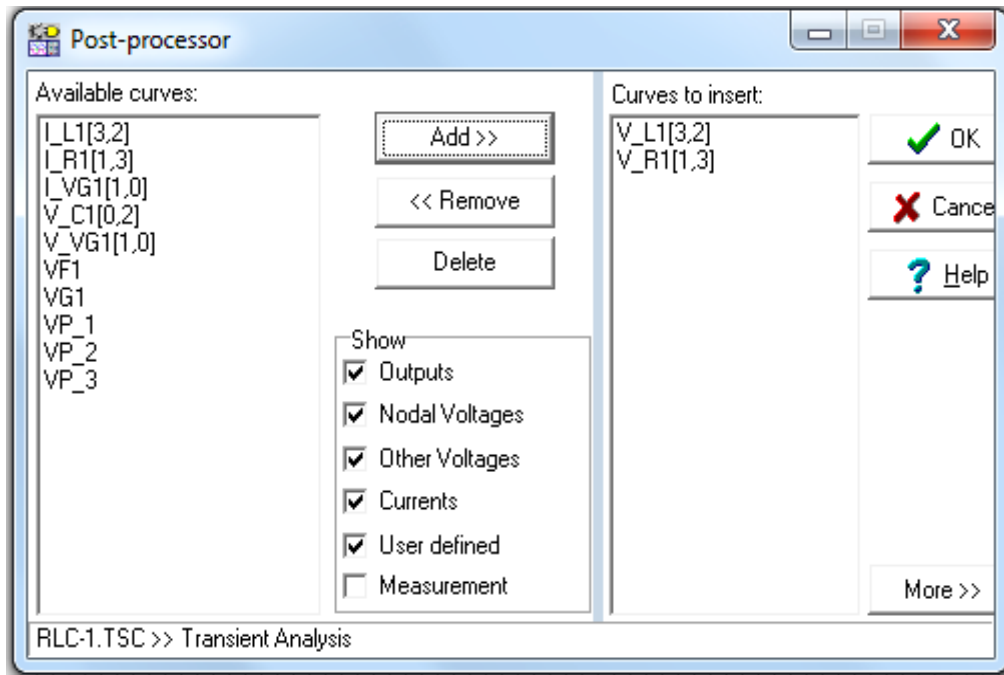


Рис.12. Окно пост-процессора

Можно построить график переходного процесса на двух последовательно включенных элементах R и L как разность между напряжениями генератора и выхода. Для этого снова запускаем Transient analysis, открываем Post-processor, нажимаем кнопку More, выбираем в листе кривых VG1, нажимаем широкую кнопку и VG1 переходит на линию редактирования. После VG1 на линии редактирования ставим знак минус. Из листа кривых выбираем VF1 и снова нажимаем широкую кнопку. Вводим в окно New function name новое имя VRL и нажимаем кнопку Create. После этого нажимаем ОК и в окне графиков появляется график искомого напряжения на элементах R и L (рис. 14).

Продemonстрируем дополнительные возможности программы TINA-8, исследуя спектр Фурье полученного ранее непериодического переходного процесса. Для этого в главном меню выберем Analysis|Set Analysis Parameters.... и TR maximum time step параметр 10n. Затем запустим Transient Analysis на время 1 ms,

выбрав End display parameter в Transient Analysis dialog, равным 1ms. Нажмем ОК и получим график переходного процесса.

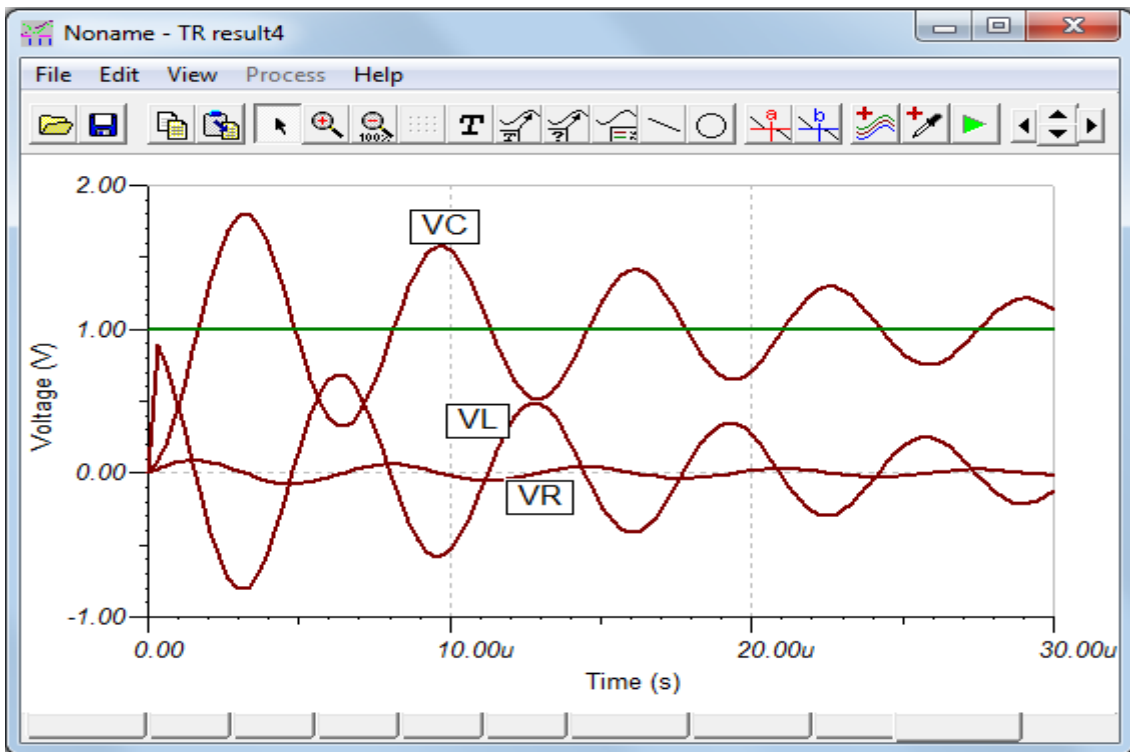


Рис.13. Графики переходных процессов на элементах C, R, L

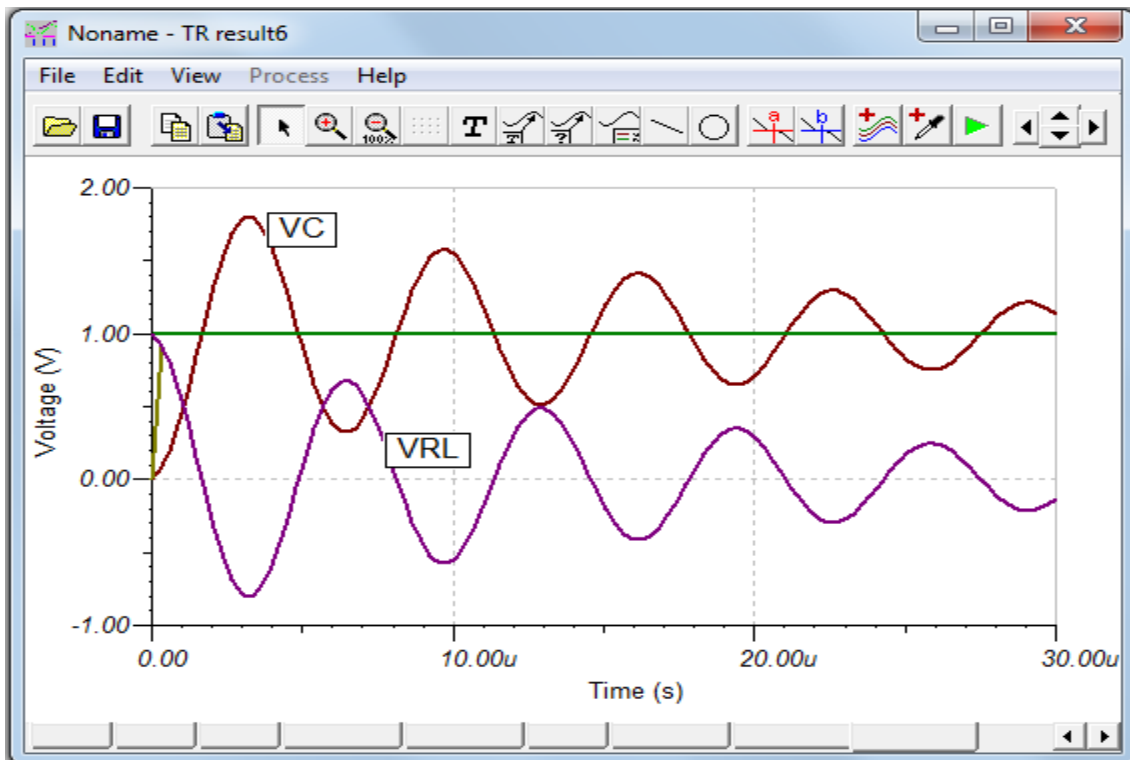


Рис. 14. График переходного процесса на двух элементах

Передвигаем курсор на график затухающего переходного процесса и нажимаем левую кнопку мыши, когда курсор превратится в знак +. Выбранный график станет красным. Теперь нажимаем правую кнопку мыши и выбираем в меню Fourier Spectrum. Появляется диалоговое окно (рис. 15). Устанавливаем Minimum frequency 100k, Maximum frequency 200k и нажимаем ОК.

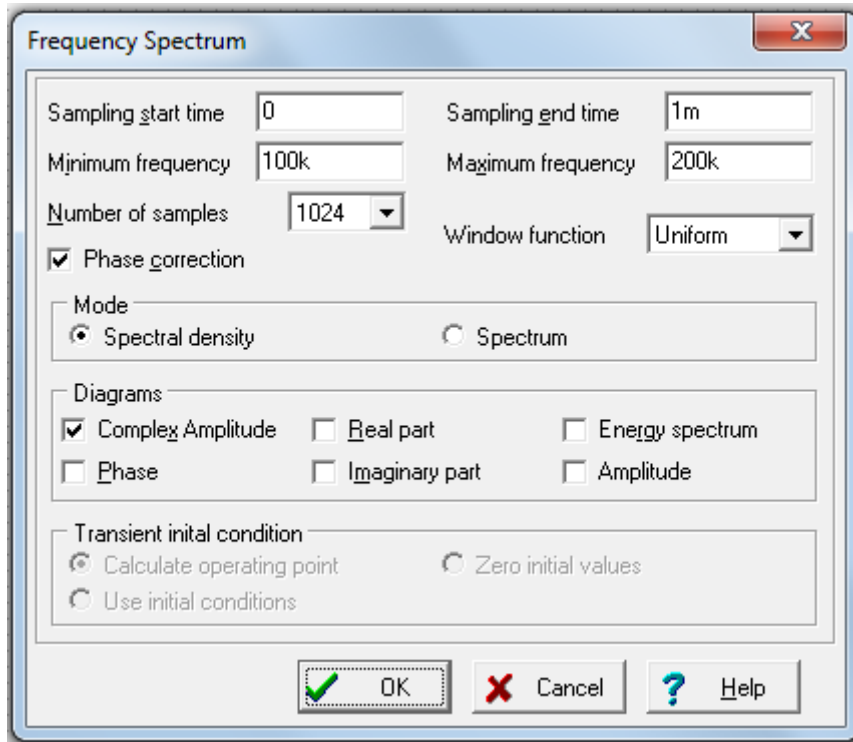



Рис. 15. Диалоговое окно Fourier Spectrum

Появляется график Фурье-спектра для переходного процесса (рис. 16).

6. Многовариантный анализ

Программа TINA-8 имеет режим многовариантного анализа (Parameter stepping mode), в котором значение параметров выбранных компонентов варьируется на каждом шаге вычислений. В результате вычисляется и строится набор графиков, который иллюстрирует чувствительность цепи к изменению параметров компонентов. Изменяемое значение параметра компонента может быть любым численным параметром.

Для установки многовариантного анализа для компонента на панели инструментов нажимаем кнопку выбора управляемого

объекта . Появится курсор в виде резистора. Выделим этим курсором резистор в RLC – цепи. В открывшемся окне (рис. 17)

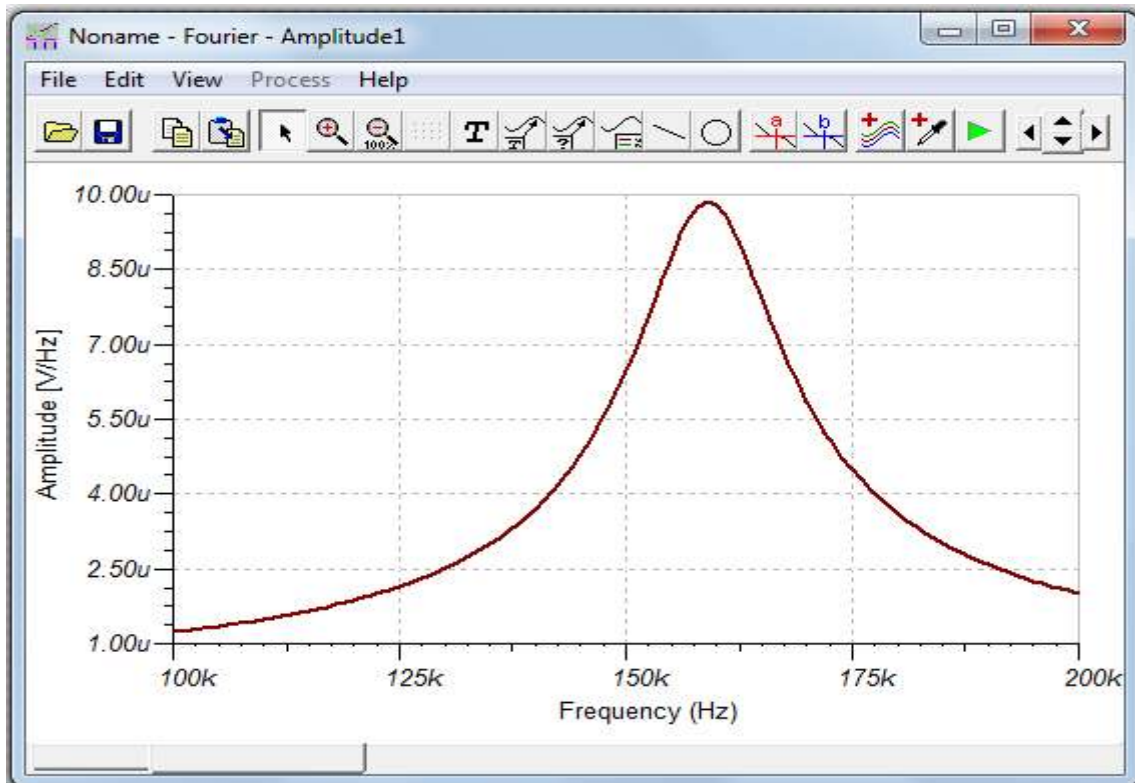


Рис. 16. График Фурье-спектра переходного процесса выберем Select. Откроется окно Parameter stepping (рис.18). Установим начальное значение резистора R1 равным 100, конечное значение 1,1к, количество вариантов 3, тип сканирования линейный. Нажимаем ОК.

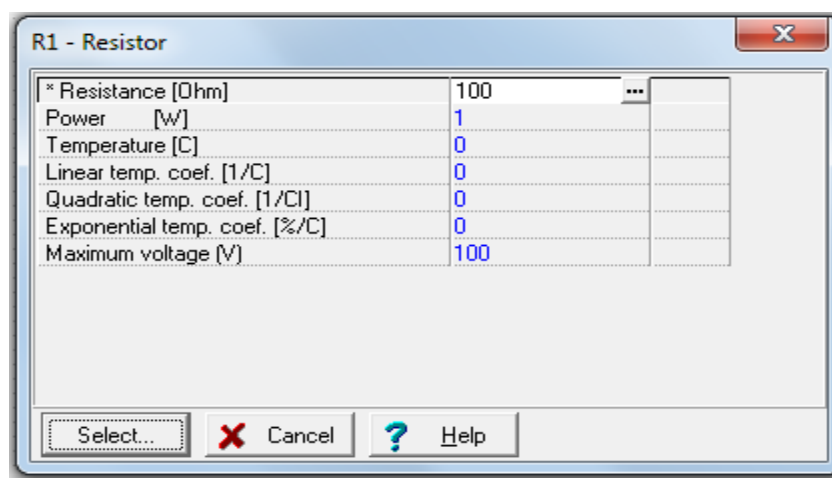


Рис.17. Окно параметров управляемого резистора

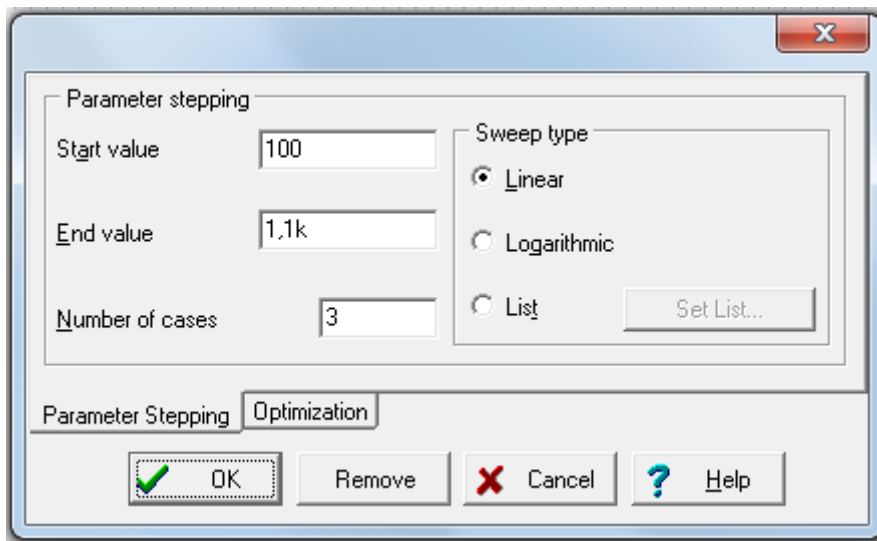


Рис.18. Окно установки многовариантного анализа

После этого в главном меню выбираем Analysis|AC Analysis|AC Transfer Characteristic. В открывшемся диалоговом окне повторяем установки (рис.10) и нажимаем ОК. Получаем графики АЧФ цепи для трех значений R1.

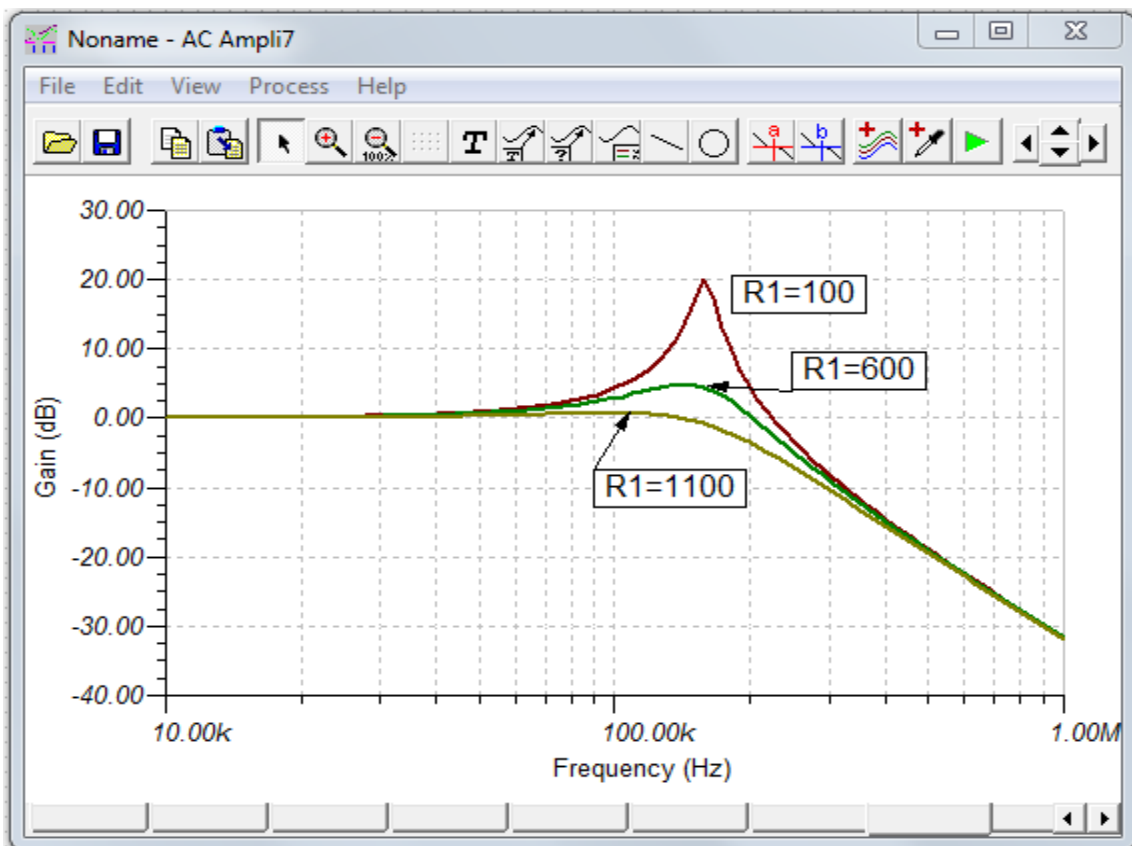


Рис.19. Графики АЧХ RLC – цепи для трех значений R1

Если в окне установки (рис. 18) нажать кнопку Set list, откроется окно Parameter Stepping List Editor, в котором указаны значения управляемого параметра R1 и возможно (рис. 20) добавление новых значений.

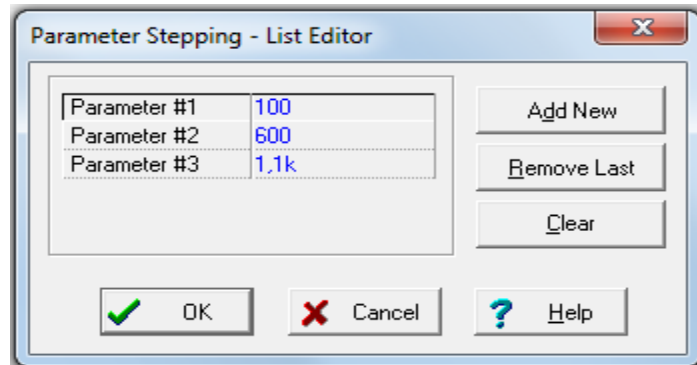


Рис. 20. Окно редактора многовариантного анализа

Аналогично можно провести многовариантное исследование при изменении L1 и C1.

Если одновременно управлять двумя компонентами R1 (100 Ом, 600 Ом, 1100 Ом) и C1 (800 пФ, 1нФ, 1,2 нФ), получим семейство разноцветных АЧФ (рис. 19).

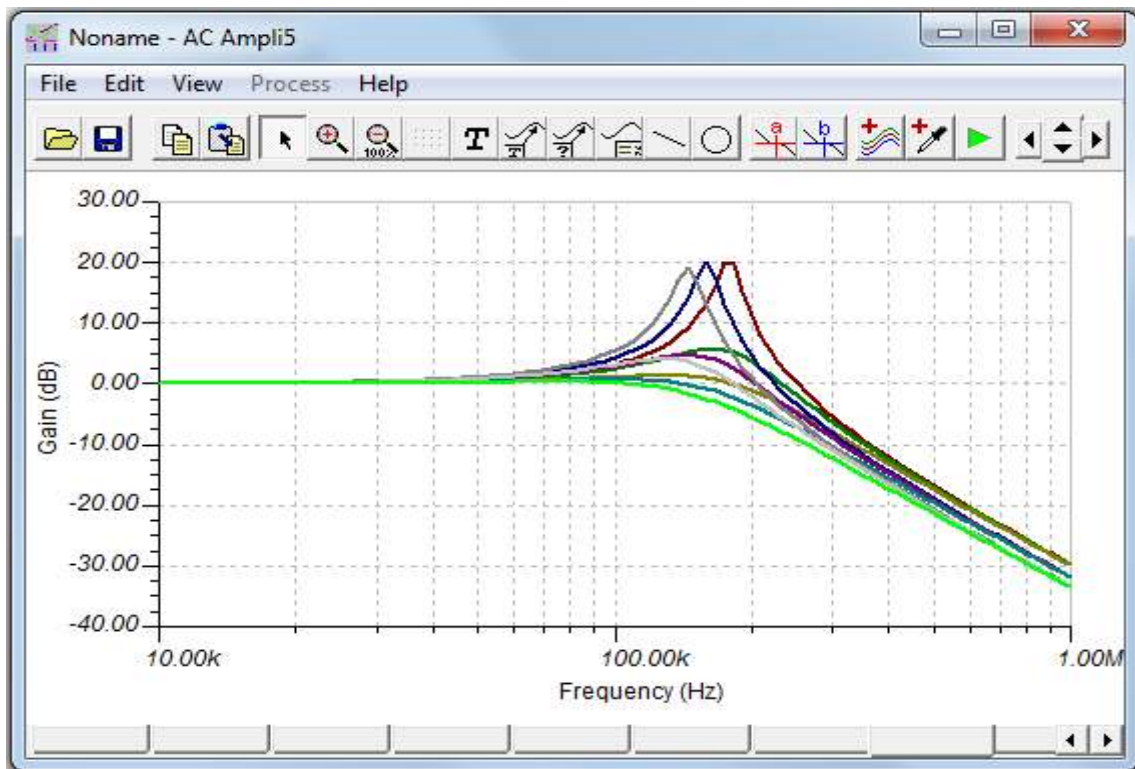


Рис. 19. Семейство АЧХ при изменении R1 и C1

7. Фазовые диаграммы

Фазовые диаграммы являются важным инструментом для изучения работы цепей через комплексные фазовые векторы на переменном токе. Используем TINA-8 для построения фазовой диаграммы RC – цепи (рис. 20).

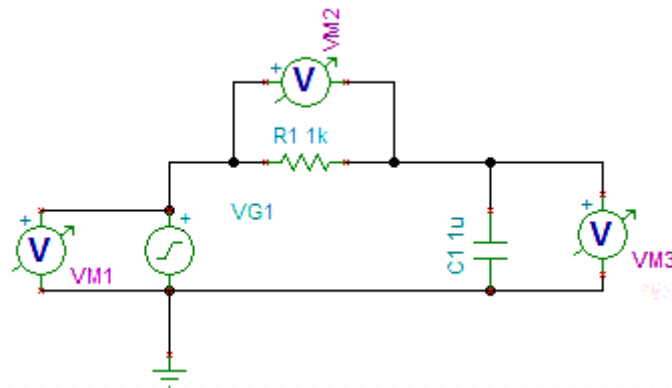


Рис. 20. Схема RC – цепи

Установим в генераторе косинусоидальный сигнал с частотой 50 Гц, так как в программе TINA-8 косинусоидальный сигнал имеет нулевую фазу. В главном меню выбираем AC Analysis|Phasor diagram. Получаем фазовую диаграмму на комплексной плоскости (рис. 21). Вектор VR передвинут к концу вектора VC.

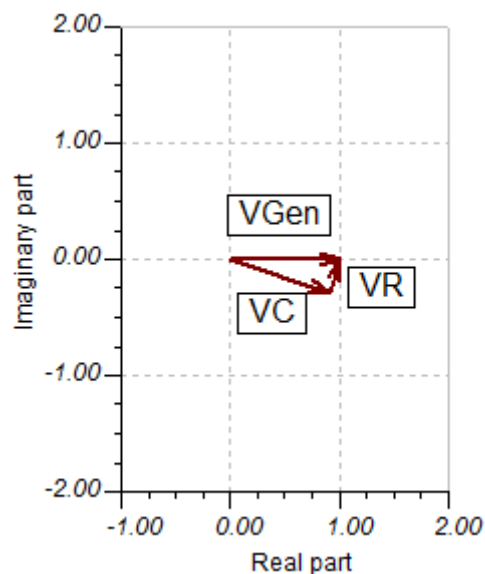



Рис. 21. Фазовая диаграмма RC - цепи

Мы видим, что вектор напряжения генератора с нулевой фазой равен сумме векторов напряжений на резисторе и конденса-

торе. Если щелкнуть на векторе диаграммы, и правой кнопкой мыши открыть окно Properties (рис. 22), можно идентифицировать каждый вектор с измеряющими вольтметрами, выбрать цвет, толщину и тип линии. Используя окно Arc, можно нарисовать дуги углов между векторами. Нажав в меню окна фазовой диаграммы кнопку  -Legend, введем этикетки векторов. Увеличив масштаб, получим диаграмму, показанную на рис. 23.

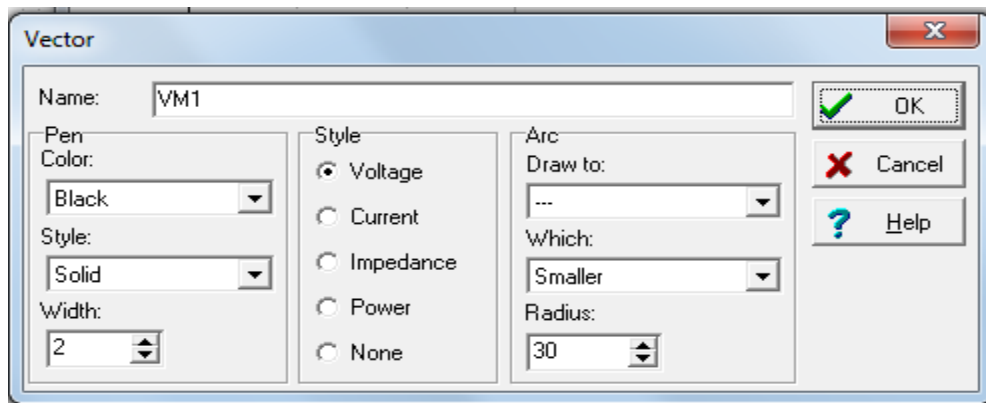


Рис. 22. Окно редактора векторов

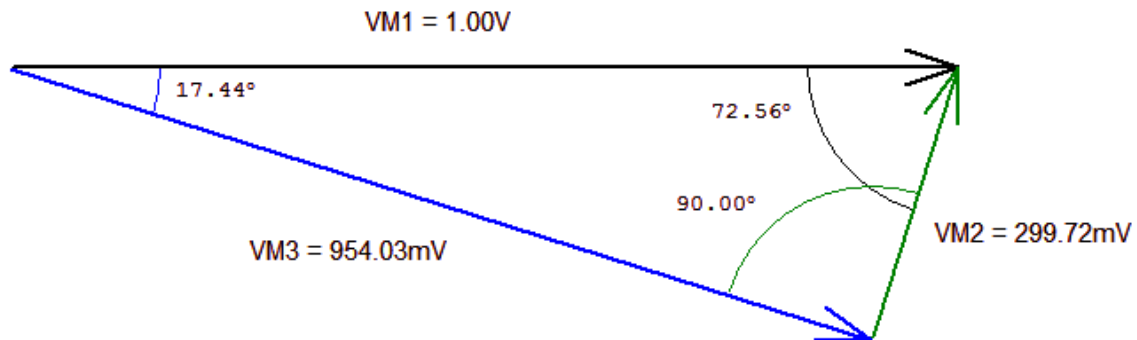


Рис. 23. Фазовая диаграмма RC-цепи

8. Анализ электронных схем

Проведем анализ транзисторного усилителя (рис. 24). Можно в главном меню выбрать Analysis|DC Analysis|Calculate nodal voltages. Появится пробник и окно для отображения напряжений в узле, к которому прикоснулись пробником.

Второй способ: выбираем Analysis|DC Analysis|Table of DC results. На схеме появятся номера узлов и таблица напряжений и токов на элементах схемы и в узлах (рис. 25).

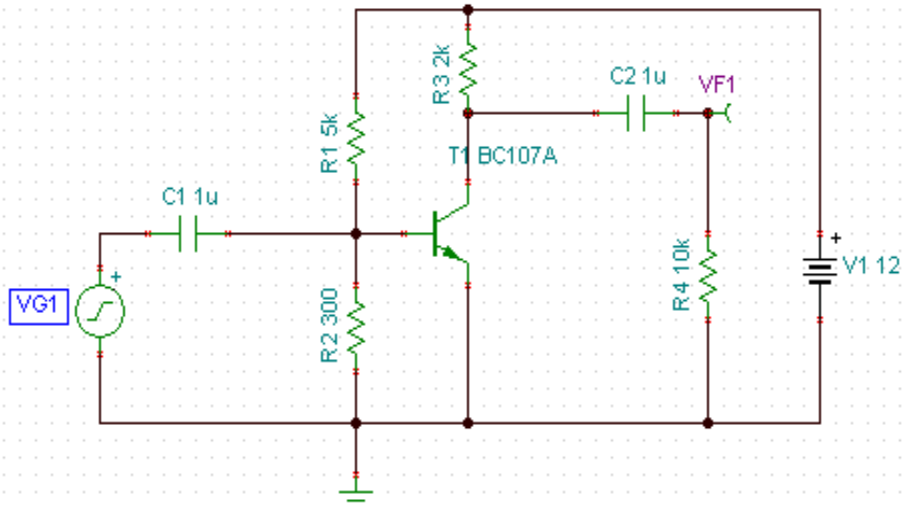


Рис. 24. Схема транзисторного усилителя

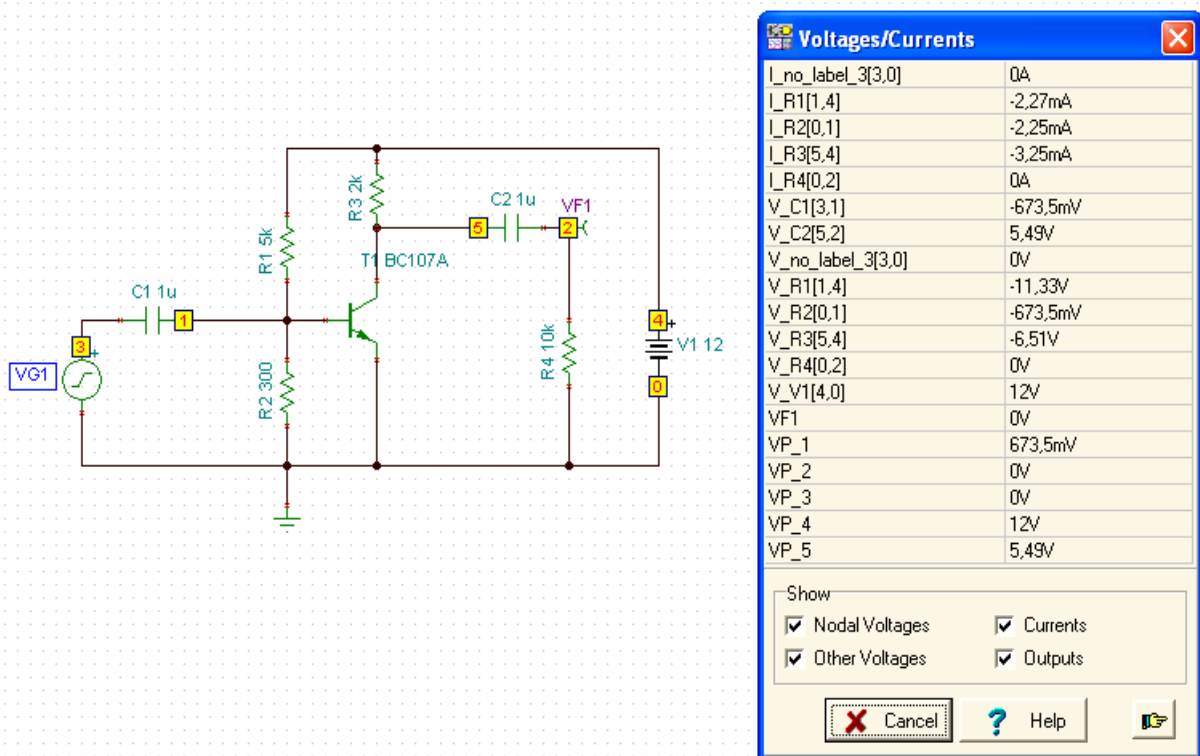


Рис. 25. Таблица результатов анализа на постоянном токе

Переставим в схеме (рис. 24) выход VF1 на коллектор транзистора. Исследуем изменение напряжения на коллекторе транзистора при управлении сопротивлением R2 в диапазоне от 200Ом до 500Ом. Для этого выбираем Analysis|DC Analysis|DC Transfer Characteristic. В открывшемся окне (рис.26) устанавлива-

ем Input R2, Start value 200 ohm, End value 500 ohm. Нажимаем ОК. После вычислений получаем передаточную характеристику (рис. 27).

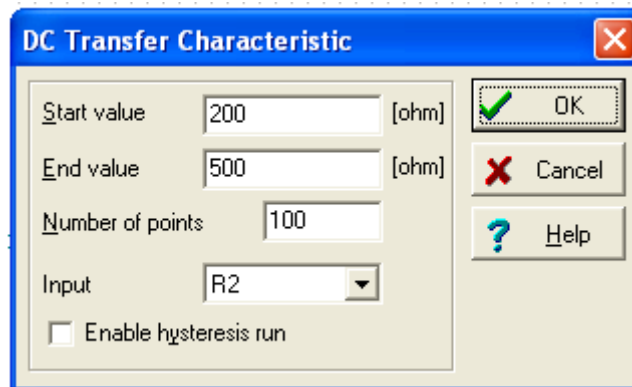


Рис. 26. Окно передаточных характеристик на постоянном токе

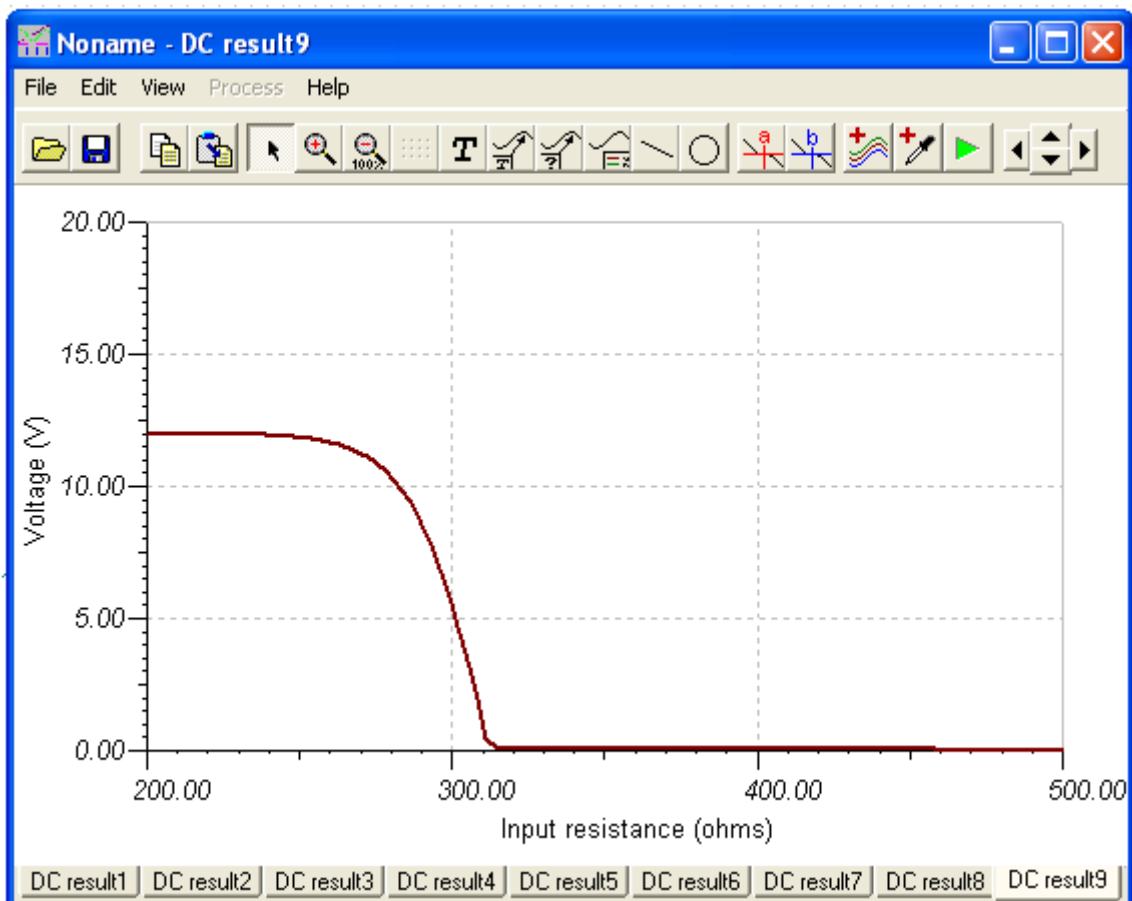


Рис. 27. Зависимость напряжения на коллекторе транзистора от сопротивления R2

Передаточная характеристика показывает, что при $R2 < 230$ Ом транзистор закрыт и напряжение на коллекторе равно 12В.

При сопротивлении $R_2 > 320$ Ом транзистор полностью открыт и напряжение на коллекторе близко к нулю. Оптимальным является в данной схеме значение $R_2 = 290$ Ом. При этом напряжение на коллекторе $U_k = E/2 = 6$ В.

Добавим в эмиттер транзистора сопротивление отрицательной обратной связи R_5 и блокировочный конденсатор C_3 (рис.28). Повторим исследование передаточной характеристики при изменении R_2 от 200 Ом до 2 кОм.

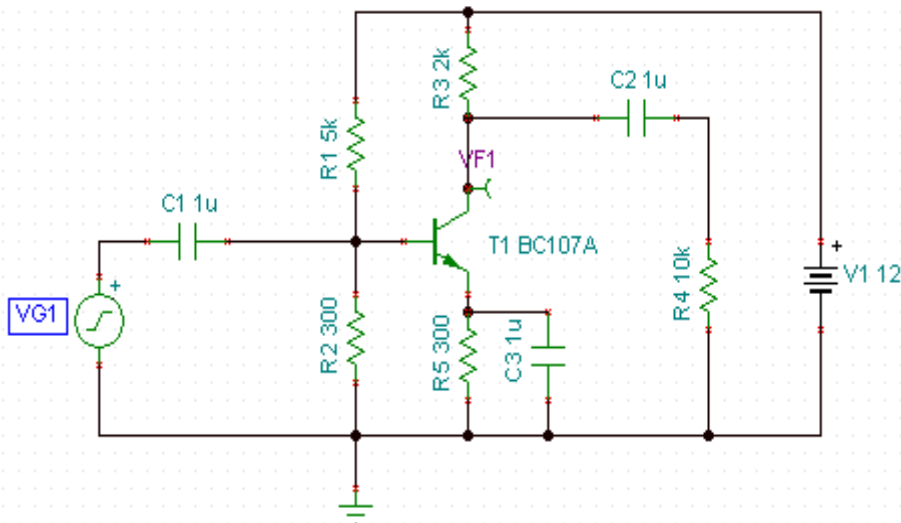


Рис. 28. Усилитель с отрицательной обратной связью

Передаточная характеристика (Рис.29) стала линейной при изменении R_2 от 200 Ом до 1,2 кОм. Оптимальное значение R_2 примерно 700 Ом.

Установим в схеме (Рис.28) $R_2 = 700$ Ом. Повторно выведем таблицу результатов анализа на постоянном токе (Рис. 25). Из таблицы следует, что напряжение на коллекторе $U_k = 6,73$ В, ток коллектора $I_{R3} = 2,64$ мА.

Подключим выход VF1 к нагрузке R4. Проведем исследование передаточных характеристик усилителя на переменном токе в диапазоне частот от 100 Гц до 100 МГц. Выбираем в главном меню AC Analysis|AC Transfer Characteristic, будем строить амплитуду и фазу. Графики АЧХ и ФЧХ показаны на рис.30. В диапазоне частот от 10 кГц до 120 МГц усилитель имеет равномерное усиление более 40 дБ. В центре полосы пропускания фазовая характеристика близка к -180° .

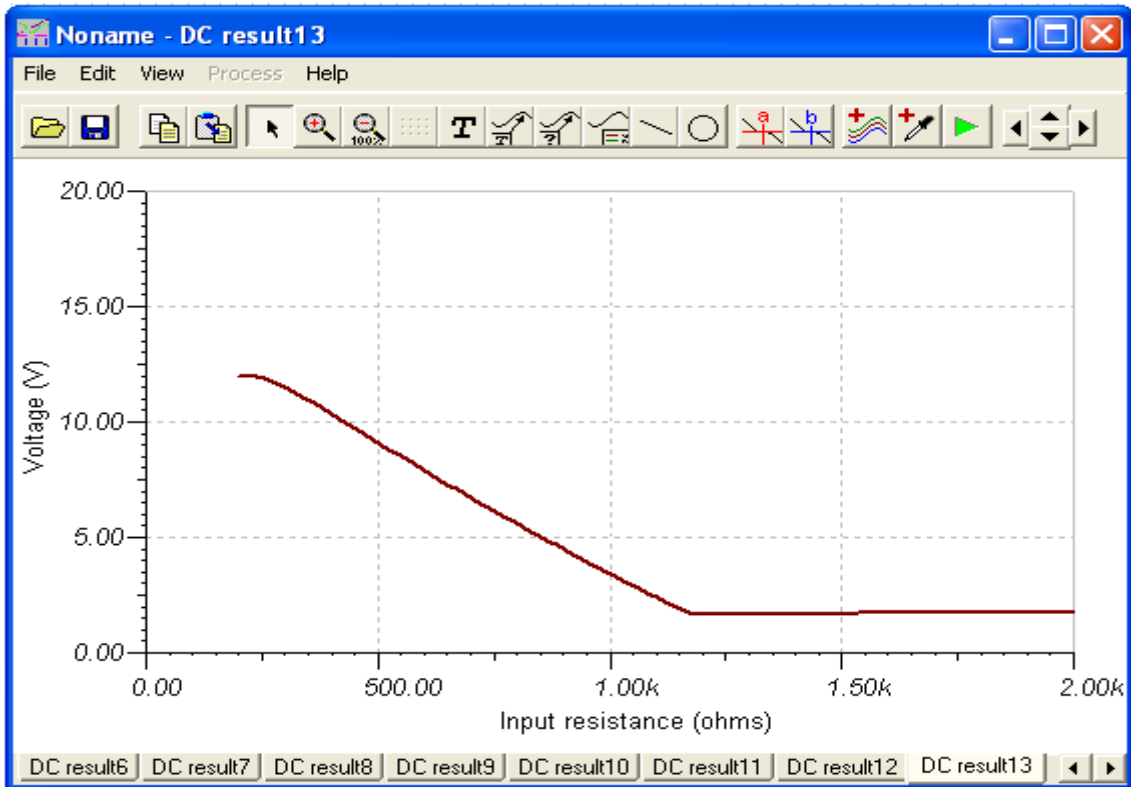


Рис. 29. Передаточная характеристика усилителя с обратной СВЯЗЬЮ

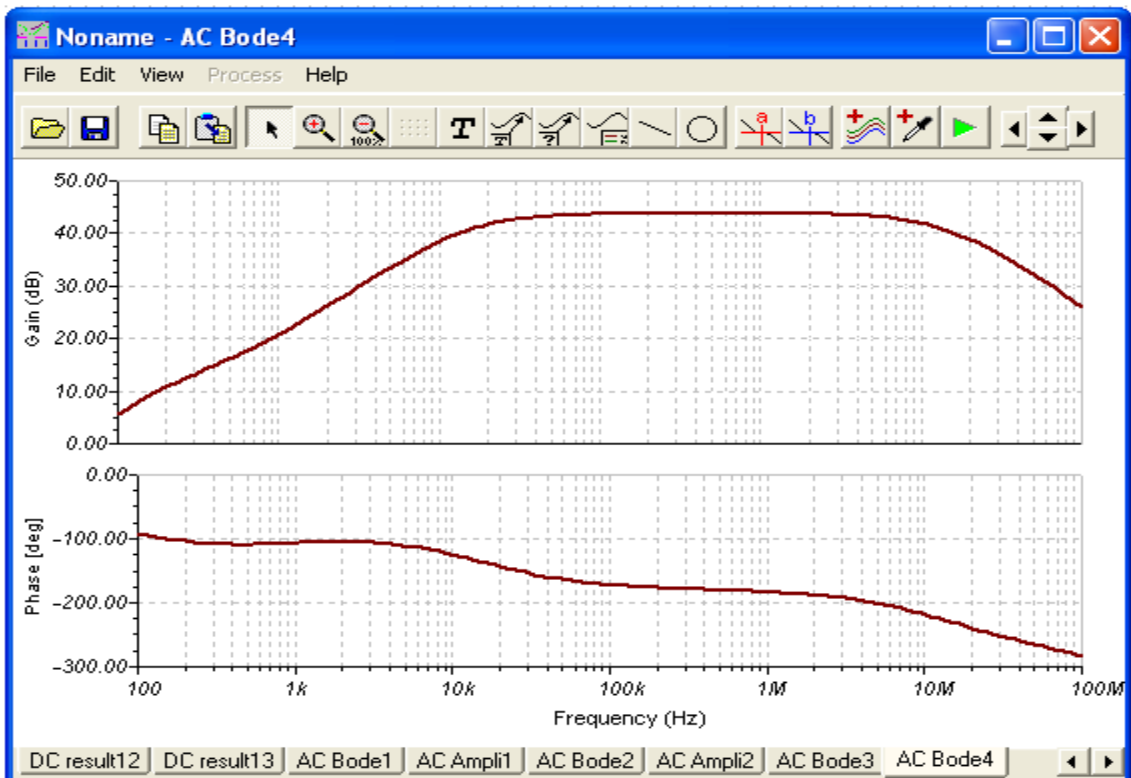


Рис.30. АЧХ и ФЧХ усилителя с обратной связью

Для тех, кто не видел, как выглядят электронные компоненты, TINA-8 может показать схему цепи в трехмерном изображении. Для этого в главном меню выберете View|3D View. Трехмерная схема усилителя показана на рис. 30.

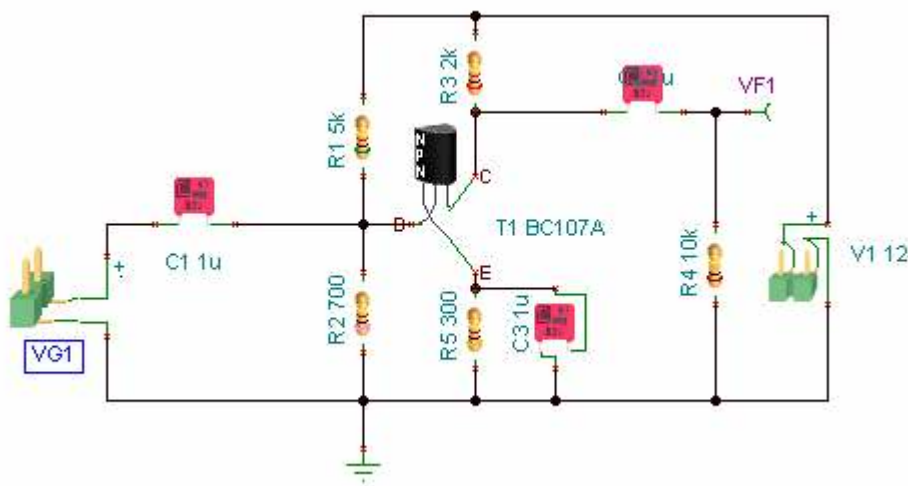


Рис.30. Трехмерная схема усилителя

9. Виртуальные приборы реального времени

TINA-8 позволяет исследовать цепи с виртуальными приборами реального времени. Используя в главном меню подменю T&M, можно поместить реальные приборы на рабочее поле, которые автоматически заменят генератор и окна анализа. Выполнив установку параметров приборов, можно немедленно увидеть результаты как в реальной лаборатории.

Для начала работы выберем T&M и разместим на рабочем поле мультиметр, функциональный генератор и осциллограф.

Учитывая вид АЧХ усилителя, установим в генераторе частоту 20 кГц, амплитуду сигнала 10 мВ. Делают это в режиме Stop генератора редактированием цифровых табло. Нажмем на генераторе Start.

В осциллографе установим горизонтальную развертку 20 мкс, чувствительность вертикального входа 500 мВ, режим AC и нажмем Run. Осциллограмма напряжения на выходе VF1 усилителя показана на рис. 32. Амплитуда выходного сигнала 1,2В. Следовательно, коэффициент усиления транзисторного усилителя на частоте 20 кГц превышает 120.

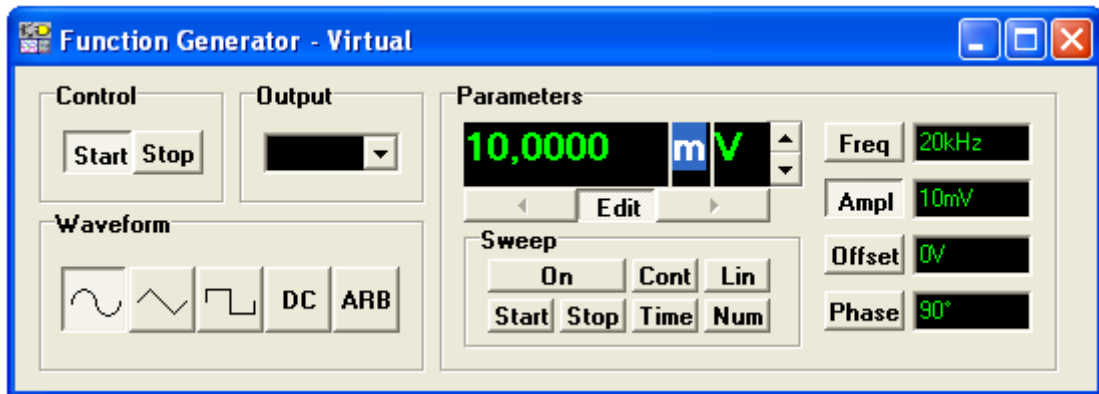


Рис.31. Лицевая панель функционального генератора

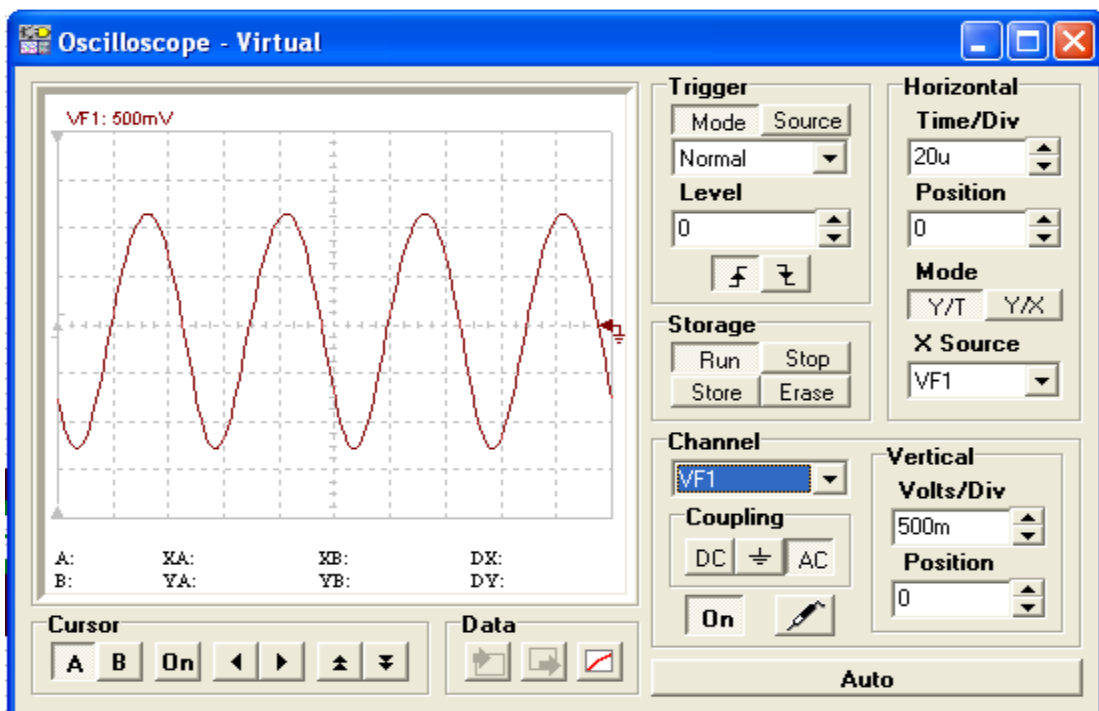


Рис.32. Лицевая панель осциллографа

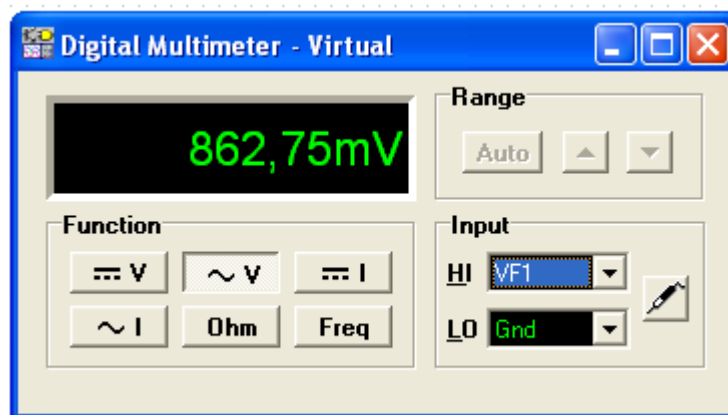


Рис.33. Лицевая панель мультиметра

Цифровой мультиметр в (рис. 33) режиме переменного напряжения показывает действующее значение выходного напряжения 862,75 мВ.

В меню TINA-8 есть анализатор сигналов, анализатор спектра, логический анализатор и другие приборы.

10. Оптимизация

Инструмент Optimization позволяет определить один или более неизвестных параметров цепи, которые удовлетворяют заранее поставленному целевому отклику цепи. Целевой отклик цепи (напряжение, ток, сопротивление или мощность) должны наблюдаться измерителями, предварительно установленными на нужных позициях. Неизвестные параметры цепи будут определены автоматически тогда, когда цепь выдаст целевой выходной результат.

Для примера рассмотрим, как использовать DC Optimization для установки рабочей точки дифференциального усилителя (рис. 34).

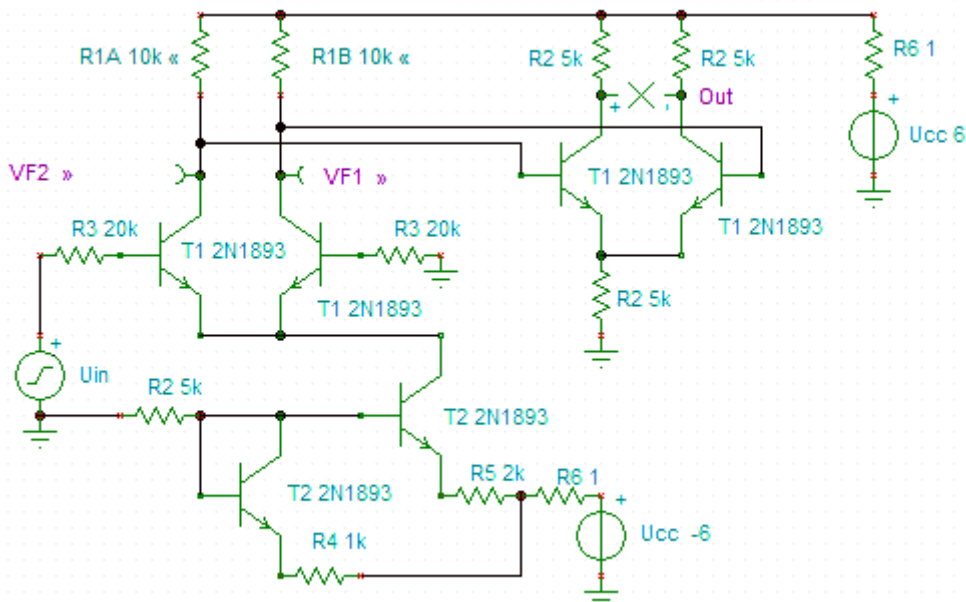



Рис. 34. Исходная схема дифференциального усилителя

Применим Analysis|DC Analysis|Calculate Nodal Voltages и увидим, что напряжения на выходах VF1 и VF2 составляют 3,78 В. Целью оптимизации является выбор значений сопротивлений

R1A и R1B, которые обеспечат напряжений 2,5В на коллекторе каждого транзистора.

Перед началом оптимизации выбираем измерители, которые будут наблюдаться во время итераций и представляют цель оптимизации. Для этого инструментом выбора цели оптимизации  выделяем выход VF1. В окне Optimization – Target Setting выбираем DC Goal Functions.... Во втором окне устанавливаем целевое значение напряжения 2,5В (рис. 35) . Повторяем это для выхода VF2.

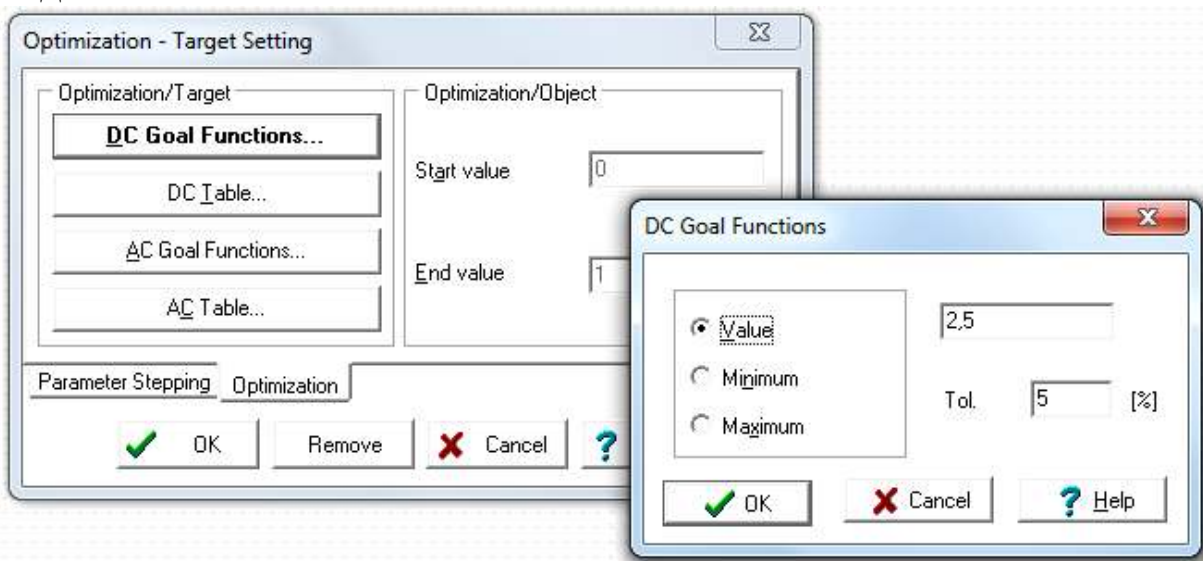


Рис.35. Окна установки целей оптимизации

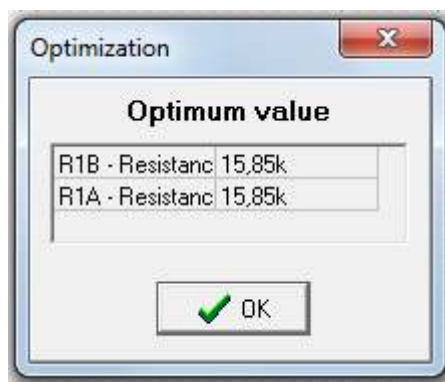



Рис. 36. Результаты оптимизации

Затем элементом выбора управляемого объекта  выделяем резистор RA1 и в режиме Parameter Stepping устанавливаем начальное значение 1кОм и конечное значение 100 кОм. Повторяем это для RB1.

В главном меню выбираем Analysis|Optimization|DC optimization . В открывшемся окне Optimization setting устанавливаем Simple Search и линейное сканирование. Нажимаем ОК. После вычислений появляется окно оптимальных параметров (рис. 36). Нажав ОК, установим эти значения сопротивлений в схему. Теперь измерение напряжений в узлах покажет на коллекторах транзисторов целевые напряжения 2,5В.

Теперь рассмотрим пример AC Optimization для фильтра нижних частот (Рис. 37). В исходной схеме полоса среза 40 Гц, коэффициент передачи в полосе пропускания – 6,89 дБ.

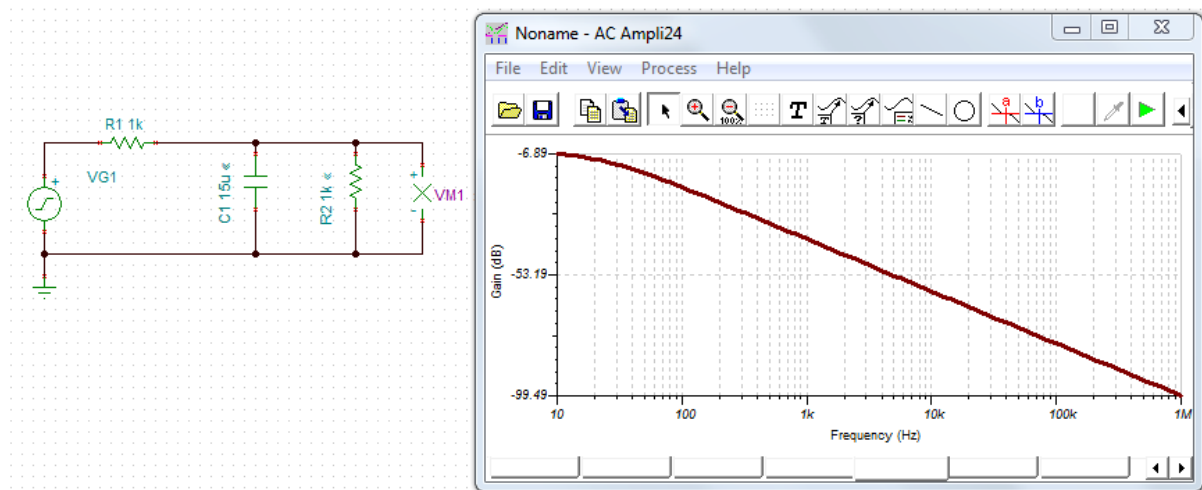



Рис.37. Исходная схема ФНЧ и АЧХ

Поставим цель увеличить полосу пропускания до 200Гц при коэффициенте пропускания -10 дБ. Для этого элементом выбора цели оптимизации  выделяем выход VM1. В окне Optimization-Target Setting выбираем AC Goal Functions, устанавливаем Low pass 200 Hz, maximum устанавливаем – 10 дБ, в левом окне выделяем галочками Low pass и Maximum и нажимаем ОК.

Выбираем управляемые компоненты C1 (изменяем в пределах 1-20 мкФ) и R2 (изменяем в пределах 200 Ом – 5 кОм).

Затем в главном меню устанавливаем Optimization|AC Optimization (Transfer), пределы изменения частоты (100 Гц – 100 кГц) и нажимаем ОК. После вычислений получаем требуемые значения управляемых компонентом ФНЧ: C1=2,51 мкФ, R2 =463,32 Ом. Из окна результатов оптимизации, нажав ОК, пере-

несем новые значения компонентов на схему. Повторим AC Transfer Characteristic и получим целевую АЧХ (рис.38).

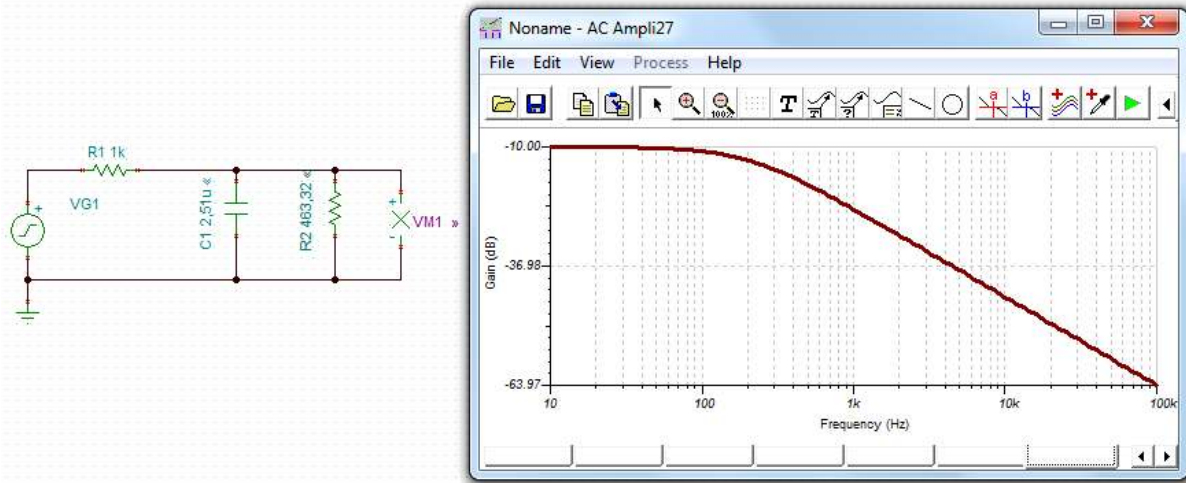


Рис.38. Схема ФНЧ и АЧХ после оптимизации

Вы познакомились лишь с некоторыми режимами работы программы TINA-8, которые требуются для исследования электрических цепей и электронных схем. Возможности TINA-8 весьма широкие и разнообразные. Перечислим основные из них.

TINA-8 включает в себя очень быстрый и мощный симулятор для цифровых схем. Вы можете следить за операциями в цепи шаг за шагом, вперед и назад, или наблюдать полную временную диаграмму в специальном окне логического анализатора. Кроме логических схем в библиотеке TINA-8 имеются интегральные схемы и другие цифровые устройства.

TINA-8 включает интегрированный VHDL симулятор для проверки VHDL – устройств (спроектированных с помощью высокоуровневого языка описания аппаратуры «Very High Speed Integrated Circuits Hardware Description Language») как в цифровых, так и аналогово-цифровых реализациях. Ваши цепи могут содержать VHDL- блоки из библиотеки TINA-8 или Вы можете сами создавать такие блоки. VHDL-компоненты можно редактировать и сразу получать результаты их работы.

TINA-8 содержит в библиотеке большое число микроконтроллеров (PIC, AVR, 8051), которые можно тестировать, программировать и запускать в интерактивном режиме. Встроен-

ный программатор позволяет модифицировать программы и наблюдать результаты.

Сетевой анализ определяет параметры сети на двух портах. Это особенно полезно, если Вы работаете с радиотехническими сетями. Результаты отображаются на различных диаграммах. Сетевой анализ выполняется с помощью сетевого анализатора TINA-8. Радиотехнические модели могут быть заданы как SPICE – макросы, которые содержат паразитные элементы (индуктивности, емкости).

Шумовой анализ определяет шумовой спектр, который соответствует каждому входу или выходу. Может быть вычислена мощность шума и соотношение сигнал-шум.

Анализ по методу Монте-Карло и анализ наихудших случаев позволяет установить требуемую точность элементов цепи и получить статистические характеристики.

Когда все в порядке, окончательное тестирование цепи можно проводить в интерактивном режиме реального времени, контролируя процессы на дисплеях и других индикаторах.

Более полно изучить эту программу Вы сможете по руководствам из библиографического списка.

Библиографический список

1. TINA. Design Suite. The Complete Electronics Lab for Windows. Quick Start manual. - <http://www.designsoftware.com/>
2. TINA PRO ADVANCED TOPICS. - <http://www.tina.com/>
3. TINA. PCB Design manuals. - <http://www.designsoftware.com/>