

Инструменты анализа схем электрических принципиальных в программной среде NI Multisim 12.0

Татьяна КОЛЕСНИКОВА
beluikluk@gmail.com

Анализ разработанной схемы — дело очень сложное, кропотливое, требующее большого внимания. Система схемотехнического моделирования Multisim представляет собой удобное и практичное средство, позволяющее моделировать электрические схемы и детально изучать их работу. В Multisim имеется достаточное количество средств для исследования и анализа данных эмуляции электрических цепей. Основными инструментами просмотра результатов эмуляции являются плоттер Grapher и Postprocessor. Именно об этих программах пакета Multisim и пойдет речь в настоящей статье.

Введение

Multisim позволяет строить аналоговые, цифровые и цифро-аналоговые схемы различной степени сложности. С помощью мыши и клавиатуры исследуемую схему собирают на рабочем поле. Электронная виртуальная лаборатория, созданная на основе программы Multisim, предоставляет возможность наглядно моделировать и анализировать линейные и нелинейные электрические цепи. Параметры компонентов цепи, режима работы, виды и параметры воздействий можно изменять в широком диапазоне значений.

Основные задачи анализа схем в общем случае сводятся к тому, чтобы проверить:

- выполняются ли необходимые условия действия;
- сможет ли схема начать функционировать при первом включении электропитания после окончания монтажа и наладки, как поведет себя при перерыве питания и будет ли способна после его восстановления правильно продолжить работу;
- обеспечивается ли возникновение сигнала, обращающего внимание персонала на потерю схемой работоспособности как из-за неисправности технологического оборудования, так и при неполадках в самой схеме;
- правильно ли секционировано питание;
- может ли новая схема работать совместно с остальными электрическими устройствами;
- обеспечивается ли защита от токов короткого замыкания;
- обеспечивается ли защита от перегрузки;
- как поведет себя схема при перегорании предохранителей;

- не повлечет ли за собой заземление (нарушение изоляции относительно земли) опасных последствий;
- нет ли ложных цепей, то есть таких цепей, которые возникают помимо нашей воли;
- обеспечивается ли безопасность обслуживающего персонала;
- обеспечивается ли безопасность оборудования — защищено ли оно от перегрева, пробоя изоляции, вредного влияния среды и т. п.;
- нет ли в схеме таких обязательных элементов, неисправность которых не может быть своевременно обнаружена в процессе ее работы. Если такие элементы есть (обычно это защита, сигнализация и блокировки безопасности), то нужно обусловить обязательность периодической проверки их действия;
- верно ли выбран режим работы оборудования, проводов и кабелей;
- правильно ли согласованы времена совместно действующих аппаратов.

В Multisim входит множество средств анализа данных моделирования (рис. 1):

- «Рабочая точка DC» — расчет режима по постоянному току. В этом режиме из моделируемой схемы исключаются все конденсаторы и закорачиваются все катушки индуктивности. Результат анализа обычно дает промежуточные значения для дальнейшего исследования.
- «Режим AC» — расчет амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик.
- «Переходные процессы» — расчет переходных процессов в цепи.
- «Фурье» — проведение спектрального анализа Фурье, то есть анализа сложных периодических сигналов, примененного

к любым несинусоидальным периодическим функциям, преобразуемым в синусоидальные или косинусоидальные формы и постоянную составляющую.

- «Шумы» — анализ спектра внутренних шумов, который заключается в создании шумовой модели схемы путем использования шумового вклада каждого резистора и полупроводникового устройства.
- «Искажения» — анализ нелинейных и интермодуляционных искажений. Применяется для анализа искажений сигнала, которые могут быть не очевидны при использовании анализа переходного процесса.
- «Изменения на DC» — вариация параметров используемых в анализируемой схеме источников питания при расчете режима по постоянному току.
- «Чувствительность» — расчет относительной чувствительности характеристик схемы к изменениям параметров выбранного компонента при частотном анализе на переменном токе (AC) или при расчете статического режима на постоянном токе (DC). Анализ чувствительности помогает определить количество компонентов схемы, которые будут влиять на выходной сигнал.
- «Изменение параметров» — многовариантный параметрический анализ электрической схемы. Он позволяет проверять работу схемы, изменяя при симуляции значения параметров компонентов в заданном диапазоне, что исключает необходимость нескольких симуляций схемы с разными параметрами компонентов.
- «Изменение температуры» — температурные испытания схемы. Этот анализ позволяет проверять работу схемы, изменяя при

симуляции значения температуры в заданном диапазоне, что исключает потребность в нескольких симуляциях схемы с разными значениями температуры. При этом можно установить начальное и конечное значения температуры, а также ее приращение.

- «Нулей и полюсов» — расчет карты нулей и полюсов передаточной характеристики анализируемой схемы для определения стабильности электрической схемы.
- «Передаточная функция» — расчет передаточной функции ДС при малом сигнале между входным источником и двумя выходными узлами (для напряжения) или выходной переменной (для тока) в схеме. Вычисление входного и выходного сопротивления.
- «Критических режимов» — исследование критических комбинаций параметров компонентов, действующих на схему. Multisim выполняет этот анализ в сочетании с ДС-или АС-анализом.
- «Монте-Карло» — статистический анализ по методу Монте-Карло, позволяет исследовать влияние изменения свойств компонентов на работу схемы.
- «Ширины проводников» — расчет минимальной ширины трассы, необходимой для поддержания в любом проводнике схемы RMS тока.
- «Пакетный» — возможность собрать в пакет разные анализы для последовательного их выполнения при помощи одной интерпретируемой команды.
- «Составленный пользователем» — позволяет вручную загрузить SPICE card или netlist и ввести SPICE-команды, что расширяет возможности настройки симуляции по отношению к использованию графического интерфейса Multisim. Однако при этом разработчик должен быть знаком с синтаксисом SPICE-команд.

Процесс эмуляции и анализа исследуемой схемы можно представить в виде следующих этапов:

1. Считывание программной эмуляции с окна редактора схем сведений обо всех компонентах схемы, номинальных значениях и соединениях элементов.
2. Проверка правильности сборки схемы и введенных данных о компонентах. После чего данные о компонентах схемы заменяются их математическими моделями SPICE. При этом в случае обнаружения критической ошибки эмуляция прерывается.
3. Автоматическое составление на основании введенных сведений о компонентах схемы и решение численными методами системы линейных, нелинейных или дифференциальных уравнений.
4. Представление результатов эмуляции на индикаторах виртуальных приборов, графических экранах и сохранение в специальной контрольной записи (audit trail), доступной для автономного просмотра.

Для начала анализа необходимо выбрать нужную функцию из основного меню программы Multisim посредством запуска команды «Моделирование» → «Вид анализа» (рис. 1), настроить параметры анализа и выполнить анализ нажатием кнопки «Моделировать».

Основным инструментом просмотра результатов моделирования является плоттер Grapher. Данные отображаются в виде графиков (рис. 2а) или таблиц (рис. 2б). На графике показана одна или несколько зависимостей вдоль вертикальной или горизонтальной оси. В таблице представлены строки и колонки текстовых данных. Окно плоттера разделяется на несколько закладок, число которых зависит от количества выбранных функций анализа. У каждой закладки имеются две возможные активные зоны, указанные красной стрелкой

Рабочая точка ДС...
Режим АС...
Одночастотный анализ на АС...
Переходные процессы...
Фурье...
Шумов...
Коэффициент шума...
Искажений...
Изменения на ДС...
Чувствительность...
Изменение параметров...
Изменение температуры...
Нулей и полюсов...
Передаточная функция...
Критических режимов...
Монте-Карло...
Ширины проводников...
Пакетный...
Составленный пользователем...
Остановка анализа

Рис. 1. Меню функций анализа программы Multisim

на левом поле: напротив названия закладки или активного графика (таблицы). Некоторые команды, например копирования/вставки/удаления, влияют только на активную область. Настройки плоттера позволяют изменять такие параметры, как масштаб, диапазон выводимых значений, стили линий осей и т. д. Предусмотрена возможность экспорта полученных результатов моделирования в форматы NI LabView, MS Excel или MathCad. Результаты моделирования можно вывести на принтер или импортировать в текстовый или графический редактор для дальнейшей обработки, что позволяет значительно повысить качественный уровень проведения лабораторных и практических исследований.

Обзор результатов анализа при помощи плоттера Grapher

Для генерации данных для всех видов анализа в Multisim предусмотрена симуля-

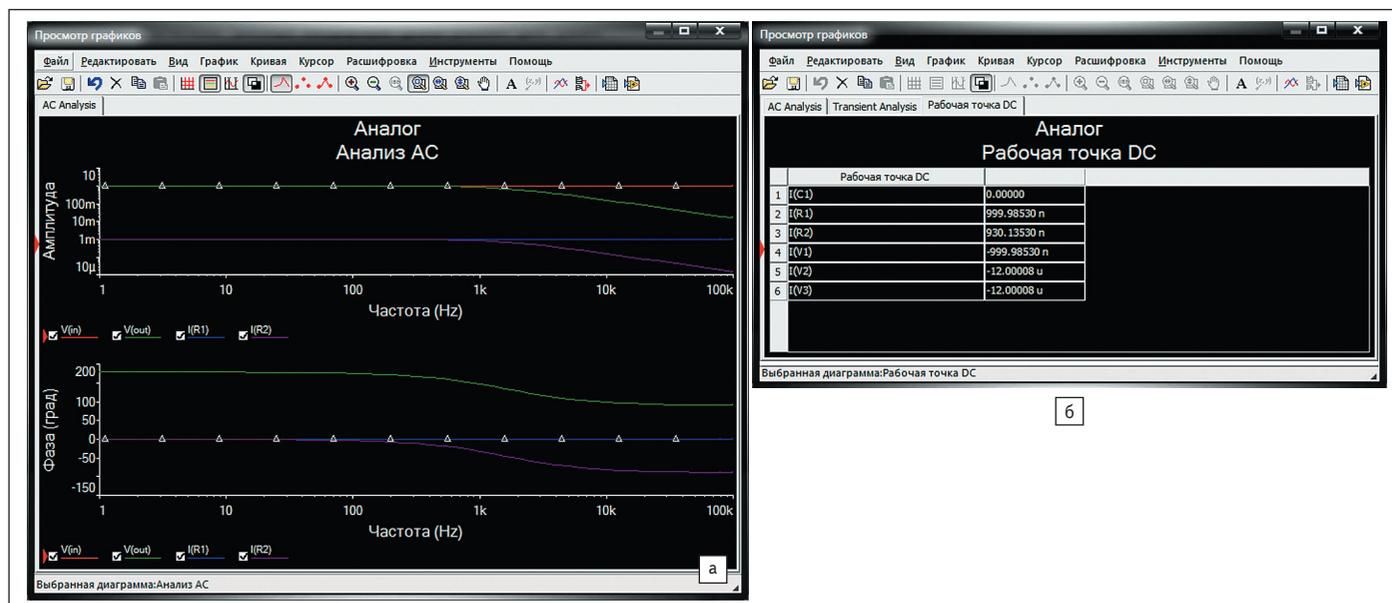


Рис. 2. Окно плоттера Grapher — результаты анализа в виде: а) графика; б) таблицы

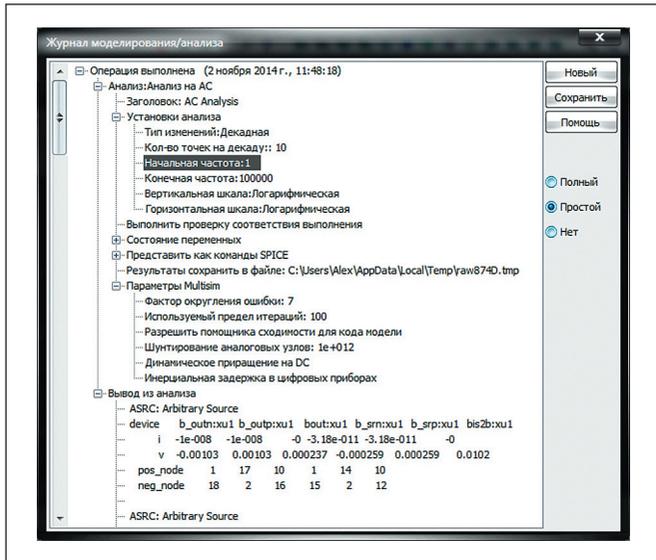


Рис. 3. Диалоговое окно «Журнал моделирования/анализа»

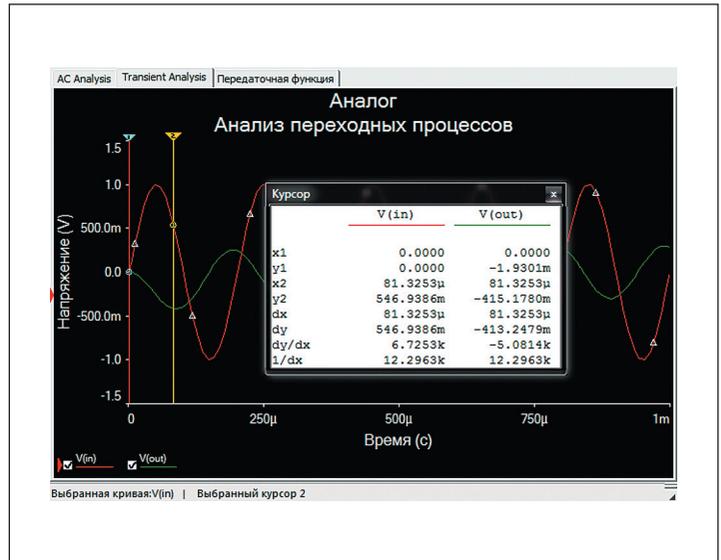


Рис. 4. Результат использования функции «Курсор»

ция схемы. Для каждого вида анализа задаются свои настройки. Результаты анализа отображаются в окне плоттера Grapher, сохраняются для использования в постпроцессоре, записываются в журнал аудита, который можно открыть для просмотра при помощи команды основного меню Multisim «Моделирование» → «Журнал моделирования/анализа» (рис. 3).

Grapher — это программа пакета Multisim, которая позволяет представить результаты моделирования в графическом виде и используется для отображения результатов разных видов анализа программы Multisim в виде графиков и диаграмм. При этом на графиках данные отображаются в виде кривых по вертикальной и горизонтальной оси, на диаграммах отображаются текстовые данные в строках и колонках. В зависимости от количества запущенных видов анализа в окне может отображаться несколько вкладок с результатами анализа. Окно плоттера Grapher открывается автоматически после нажатия в окне анализа на кнопку «Моделировать» или же при помощи команды основного меню «Вид» → «Графопостроитель». Активная область диаграммы/графика, так же как и активная вкладка, помечается красной стрелкой. Впоследствии к помеченной вкладке или области применяются операции копирования, вставки, удаления. В Grapher есть возможность управлять отображением кривых графиков на экране — показывать/скрывать кривые, выделять их маркерами. Под каждым графиком размещен ряд чекбоксов (расшифровка) с соответствующими названиями переменных и цветными линиями, отображающими график функции этой переменной. Управление видимостью кривых на экране выполняется установкой/снятием флажков в чекбоксах. Выделить кривую на графике можно, щелкнув левой кнопкой мыши по области названия ее переменной

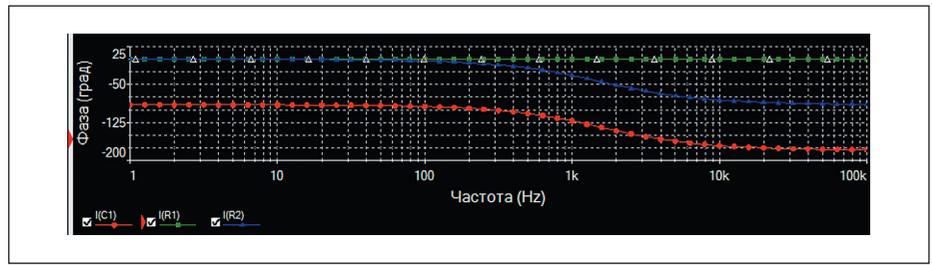


Рис. 5. Результат использования кнопок «Сетка» и «Показать линии и метки данных для всех кривых»

в поле расшифровки или же по самой кривой на графике. Причем данная кривая становится активной (выделяется при помощи маркеров), а ее название помечается красной стрелкой.

Панель инструментов Grapher предоставляет ряд функций, благодаря которым можно управлять отображением графиков на экране плоттера:

- «Удалить» — удаление вкладки или графика;
- «Копировать» — копирование вкладки или графика;
- «Вставить» — вставка ранее скопированного листа графика или графика;
- «Сетка» — отображение/скрытие сетки для выбранного графика;
- «Расшифровка» — отображение/скрытие ряда чекбоксов для выбранного графика (каждому из чекбоксов соответствует название переменной и цветная линия, при помощи которой отображается график функции этой переменной);
- «Курсоры» — отображение/скрытие двух курсоров и окна данных «Курсор» в окне плоттера (рис. 4);
- «Черный фон» — инверсия фона экрана плоттера (черный/белый);
- «Показать линии для всех кривых» — отображение кривых графиков функций в виде линий;

- «Показать метки данных для всех кривых» — отображение меток данных для всех кривых графиков функций (линии при этом не отображаются);
- «Показать линии и метки данных для всех кривых» — отображение кривых в виде линий с нанесенными на них метками данных;
- «Увеличить», «Уменьшить», «Восстановить масштаб», «Увеличить по горизонтали», «Увеличить по вертикали», «Разрешить перемещение» — управление масштабом графика в целом или его отдельных областей, перемещение графика;
- «Добавить текст» — добавление текстовых комментариев к графикам;
- «Добавить кривую(ые) последнего моделирования» — добавление на активный лист графика отдельных кривых или графиков из других листов;
- «Наложить кривую» — наложение кривых выбранного графика;
- «Экспорт в Excel» — экспорт результатов анализа в Excel;
- «Сохранить в файле измерений» — сохранение результатов анализа в текстовый (.lhm) либо двоичный файл измерений (.tdm).

В результате использования кнопок «Сетка» и «Показать линии и метки данных для всех кривых» график может иметь следующий вид (рис. 5). Результат применения функций «Копировать» и «Вставить» (раз-

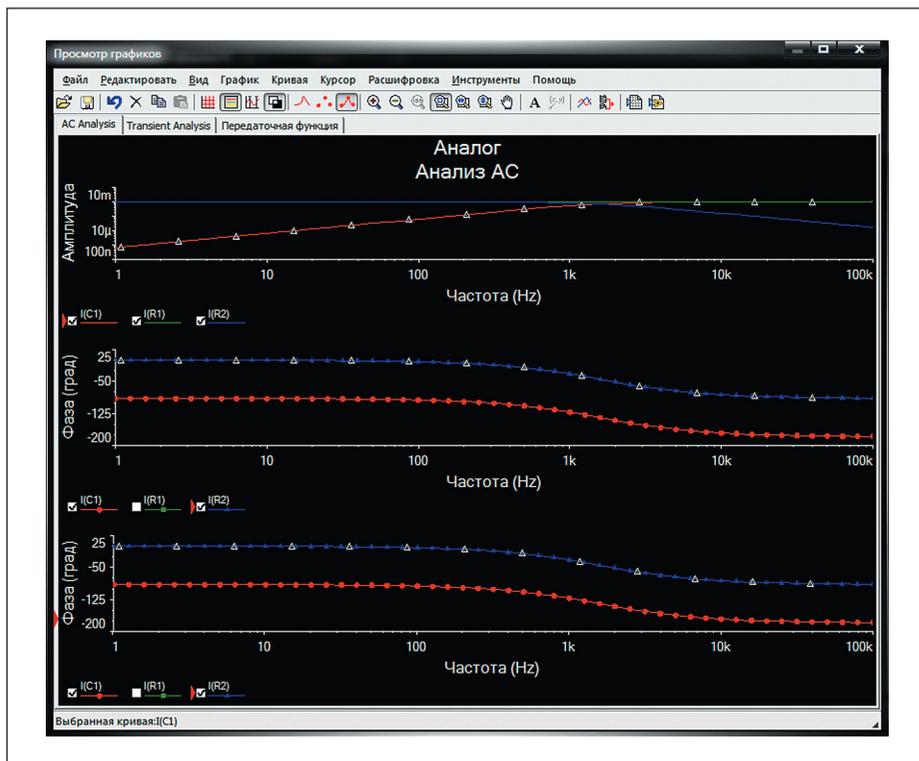


Рис. 6. Результат использования функций «Копировать», «Вставить»

мещение копии графика на одном листе с исходным графиком) представлен на рис. 6.

Результаты проведения анализов схемы отображаются на вкладках плоттера Grapher.

Настройка параметров графика в Grapher

Для каждого графика листа можно задать свои параметры в окне «Свойства графика»: заголовок графика, стиль линий сетки, установка расшифровки кривых и маркеров выбора по умолчанию, выбор цвета для каждой кривой, установка диапазона значений для осей координат, выбор шрифтов и т. д. Для того чтобы открыть данное окно, необ-

ходимо в области графика щелкнуть правой кнопкой мыши и в открывшемся контекстном меню выбрать пункт «Свойства». Окно «Свойства графика» содержит несколько закладок: «Основные»; «Кривые»; «Левая ось»; «Нижняя ось»; «Правая ось»; «Верхняя ось».

Рассмотрим закладку «Основные» более подробно (рис. 7). В ее левой части находится поле «Сетка», в котором можно установить следующие параметры:

- «Стиль линии» — стиль линий сетки (пунктирная, прямая, штриховая, штрихпунктирная, штрихдвухпунктирная);
- «Размер пера» — толщина линий сетки и их цвет;

- «Сетка вкл» — включить/выключить отображение сетки.

В поле «Заголовок» можно ввести с клавиатуры название графика, которое будет отображаться на экране плоттера, и установить его шрифт. Для каждой кривой графика предлагается указать необходимость отображения расшифровки и маркеров выбора. Делается это в поле «Кривые» установкой флажков в чекбоксах «Расшифровка вкл», «Показать маркеры выбора», с предварительным указанием номера кривой. В нижней части закладки «Основные» расположено поле «Курсоры», в котором можно задать следующие параметры:

- отображение курсоров и данных в окне графика задается путем установки/снятия флажка в чекбоксе «Включить курсоры»;
 - отображение данных для всех или только для одной кривой — задается путем установки переключателя в одну из двух позиций: «Одна кривая», «Все кривые»;
 - выбор курсора задается путем установки значения при помощи стрелок-переключателей;
 - выбор значений, которые будут отображаться в окне данных «Курсор», выполняется нажатием на кнопку «Выбрать отображаемое».
- В результате откроется диалоговое окно «Выбрать отображаемое на курсоре» (рис. 8), в котором все возможные значения измерений представлены в виде списка чекбоксов. Отображение значения в окне данных графика задается путем установки флажка в соответствующем чекбоксе.

На закладке «Кривые» (рис. 9) для выбранной кривой графика можно настроить следующие параметры:

- «Метка» — название кривой;
- «Цвет» — цвет кривой;
- «Отображать» — видимость кривой на графике;
- «Отображать линии» — отображение кривой в виде линий;
- «Ширина» — установка толщины кривой;
- «Отображать метки» — отображение кривой в виде меток (одновременная установка флажков в чекбоксах «Отображать линии» и «Отображать метки» приводит к тому, что кривая воспроизводится в виде сплошной линии с равномерно размещенными по ней метками);
- «Форма» — форма меток;
- «Размер» — размер меток;

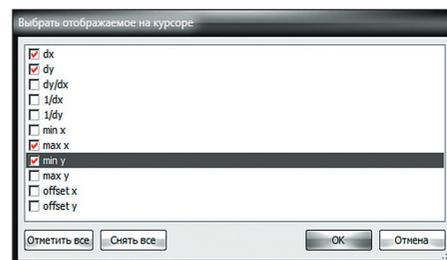


Рис. 8. Диалоговое окно «Выбор отображаемого на курсоре»

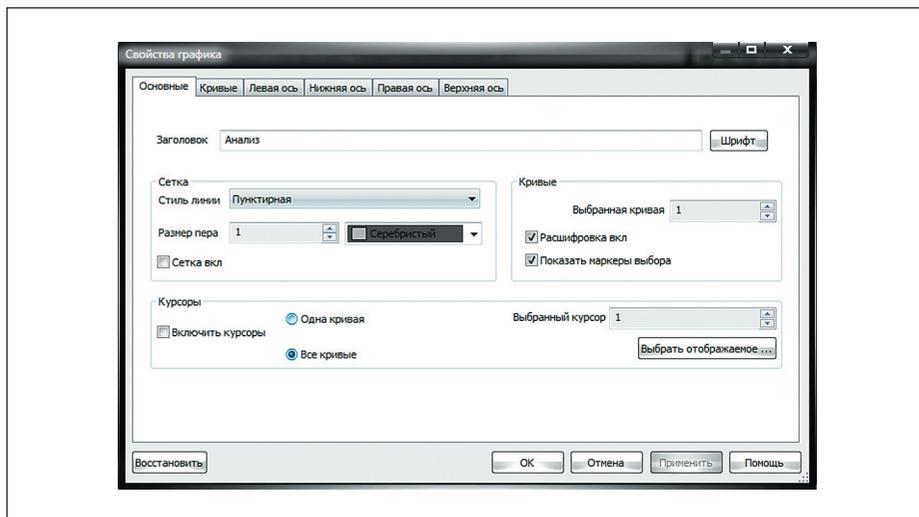


Рис. 7. Закладка «Основные» окна «Свойства графика»

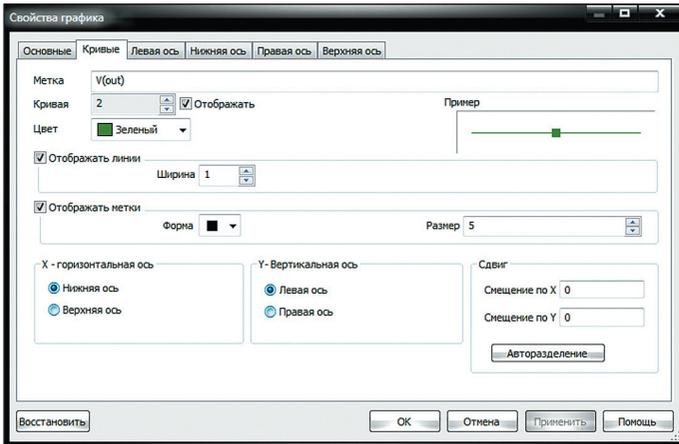


Рис. 9. Закладка «Кривые» окна «Свойства графика»

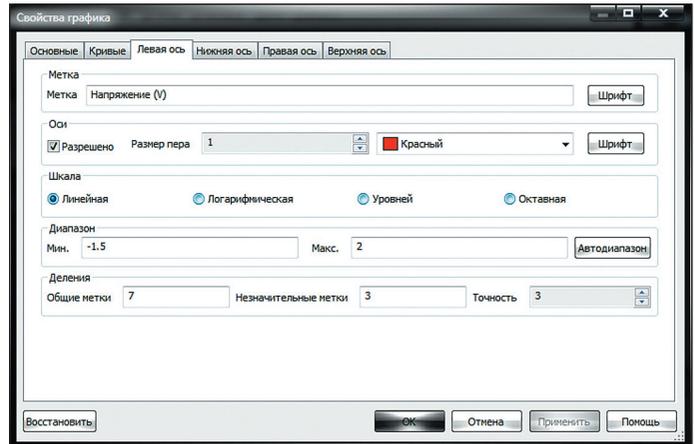


Рис. 10. Закладка «Левая ось» окна «Свойства графика»

- «X — горизонтальная ось» — выбор оси, которая будет использоваться в качестве горизонтальной («Нижняя ось»/«Верхняя ось»);
- «Y — вертикальная ось» — выбор оси, которая будет использоваться в качестве вертикальной («Левая ось»/«Правая ось»);
- «Смещение по X» — смещение кривой по оси X относительно ее начального положения;
- «Смещение по Y» — смещение кривой по оси Y относительно ее начального положения.

Номер кривой, для которой необходимо выполнить настройки параметров, задается в поле «Кривая» установкой числового значения при помощи стрелок-переключателей. Все производимые на закладке «Кривые» изменения отображаются в окне предварительного просмотра, расположенном в левом верхнем углу закладки.

Для внесения изменений в характеристики осей графика в окне «Свойства графика» предназначены четыре закладки, имеющие аналогичные опции. Рассмотрим настройку параметров осей на примере закладки «Левая ось» (рис. 10). В поле «Метка» можно ввести

с клавиатуры название оси, которое появится на экране плоттера, и установить его шрифт. При необходимости вносят изменения в следующие параметры оси:

- «Разрешено» — включить/выключить отображение оси на графике;
- «Размер пера» — установка толщины и цвета оси, шрифта значений оси;
- «Шкала» — выбор шкалы (поле может принимать одно из четырех значений: «Линейная», «Логарифмическая», «Уровневая», «Октавная»);
- «Диапазон» — установка диапазона значений оси: минимального и максимального;
- «Общие метки» — количество делений по оси;
- «Незначительные метки» — интервал отображения значений на оси (к примеру, если в данное поле установлено число «3», значения будут отображаться через три деления оси);
- «Точность» — количество цифр после запятой в отображаемых значениях оси.

Для того чтобы изменения вступили в силу, следует нажать на кнопку «Применить», расположенную в нижней части окна «Свойства графика».

Восстановить значения по умолчанию можно кнопкой «Восстановить», находящейся в левой нижней части окна «Свойства графика» на каждой из рассмотренных закладок. Надо отметить, что значения по умолчанию можно восстановить для параметров каждой отдельной закладки.

Управление курсорами

Для проведения измерений используются курсоры, активируемые одноименной кнопкой панели инструментов Grapher. В результате на активном графике появятся два вертикальных курсора, а также откроется окно «Курсор», которое содержит следующие данные:

- x_1, y_1 — координаты левого курсора;
- x_2, y_2 — координаты правого курсора;
- dx — разность между проверяемыми точками по оси X;
- dy — разность между проверяемыми точками по оси Y;
- $\min x, \min y$ — x и y минимумы внутри области измерений графика;
- $\max x, \max y$ — x и y максимумы внутри области измерений графика.

Перемещать курсоры в области графика можно, передвигая их левой кнопкой мыши или устанавливая в точное место графика, предварительно задав нужные координаты. Второй способ реализуется путем щелчка правой кнопкой мыши по курсору, который предполагается переместить, в результате чего будет открыто контекстное меню, которое содержит следующие команды:

- «Установить значение X» — вызов диалогового окна для ввода координаты по оси X;
- «Установить значение Y =>» — вызов диалогового окна для ввода координаты по оси Y (курсор перемещается вправо к первому месту обнаружения введенного значения);
- «Установить значение Y <=» — вызов диалогового окна для ввода координаты по оси Y (курсор перемещается влево к первому месту обнаружения введенного значения);

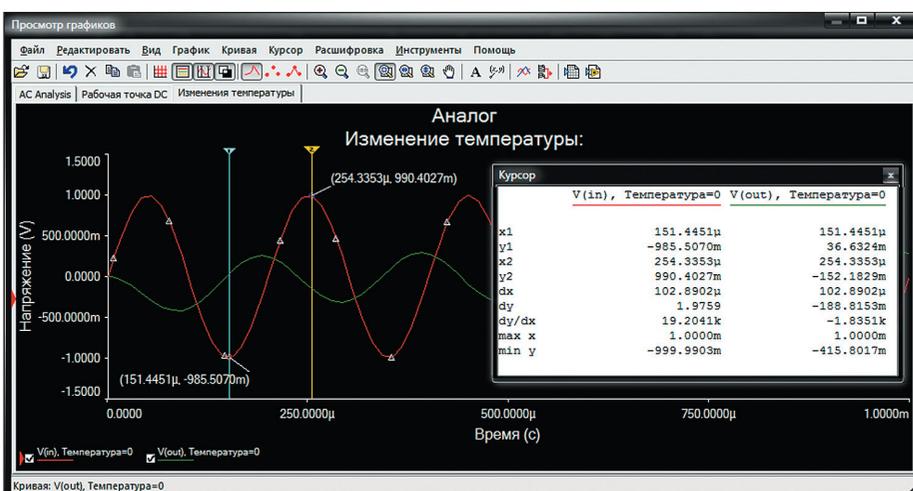


Рис. 11. Вывод на экран координат пересечения курсора с активной кривой

- «Перейти к следующему Y MAX =>» — перемещение курсора вправо от его текущего положения в место обнаружения первого максимального значения координаты Y;
- «Перейти к следующему Y MAX <=>» — перемещение курсора влево от его текущего положения в место обнаружения первого максимального значения координаты Y;
- «Перейти к следующему Y MIN =>» — перемещение курсора вправо от его текущего положения в место обнаружения первого минимального значения координаты Y;
- «Перейти к следующему Y MIN <=>» — перемещение курсора влево от его текущего положения в место обнаружения первого минимального значения координаты Y;
- «Добавить данные к курсору» — вывод на экран координат пересечения курсора с активной кривой (рис. 11).

Курсоры автоматически связаны с числовыми данными, которые отображаются в окне «Курсор» синхронно с их перемещением на графике. Для того чтобы скрыть курсоры, необходимо повторно нажать кнопку «Курсоры» на панели инструментов Grapher.

Печать результатов анализа в Grapher

Полученные результаты анализа можно вывести на печать командой основного меню плоттера Grapher «Файл» → «Печать». Окно предварительного просмотра печати вызывают командой «Файл/Просмотр печати». В том случае если в Grapher открыто несколько вкладок с результатами анализа, пользователю будет предложено указать страницы, предназначенные для печати/предварительного просмотра (рис. 12). Если в Grapher открыта лишь одна вкладка, диалоговое окно «Выбрать листы» не будет запущено. Страницы выбирают установкой флажка в чекбоксах, соответствующих названиям страниц, предназначенных для предварительного просмотра и дальнейшего вывода на печать. Затем в окне «Выбрать листы» необходимо нажать на кнопку **ОК**, в результате откроется окно предварительного просмотра (рис. 13). Если все устраивает, можно отправлять график на печать. Нажмите кнопку «Печать» в левом верхнем углу окна предварительного просмотра, чтобы его закрыть и перейти в окно настроек параметров печати. Для закрытия окна предварительного просмотра и возврата в окно плоттера Grapher нажмите кнопку «Закрыть». После нажатия на кнопку «Печать» откроется одно-

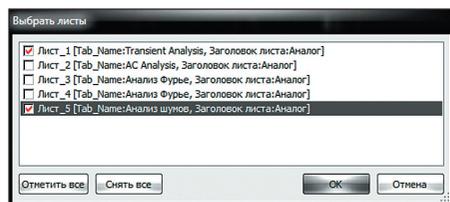


Рис. 12. Диалог выбора страниц для печати/предварительного просмотра

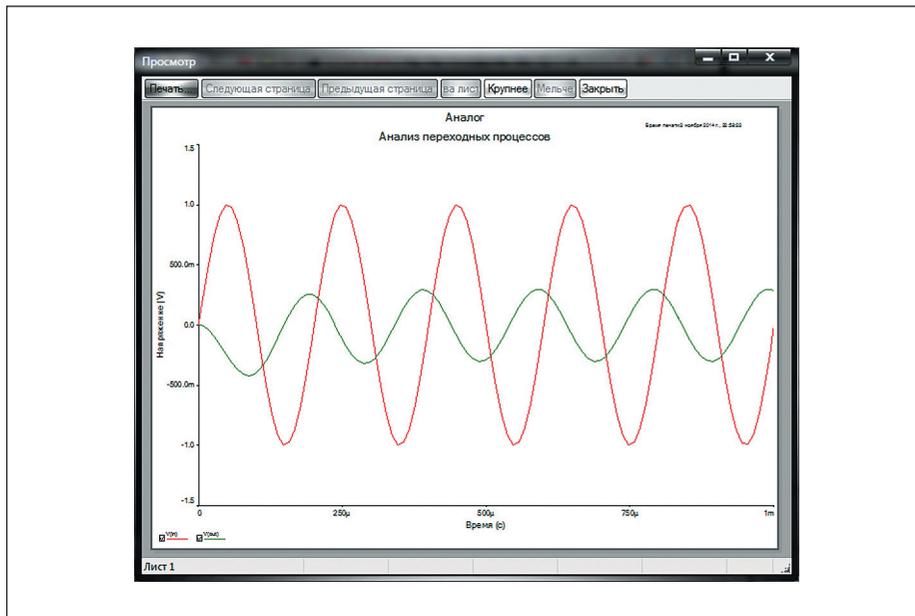


Рис. 13. Окно предварительного просмотра печати

именное окно, в котором на панели «Копии» в поле «Число копий» следует указать число копий выводимого на печать документа. Флажок в чекбоксе «Разобрать по копиям» панели «Копии» означает порядок вывода ко-

пий документа на печать. Поле «Диапазон печати» может принимать следующие значения: «Все»; «Страницы»; «Выделенный фрагмент».

Печатать можно на бумажные носители или в файл. Для вывода результатов анализа

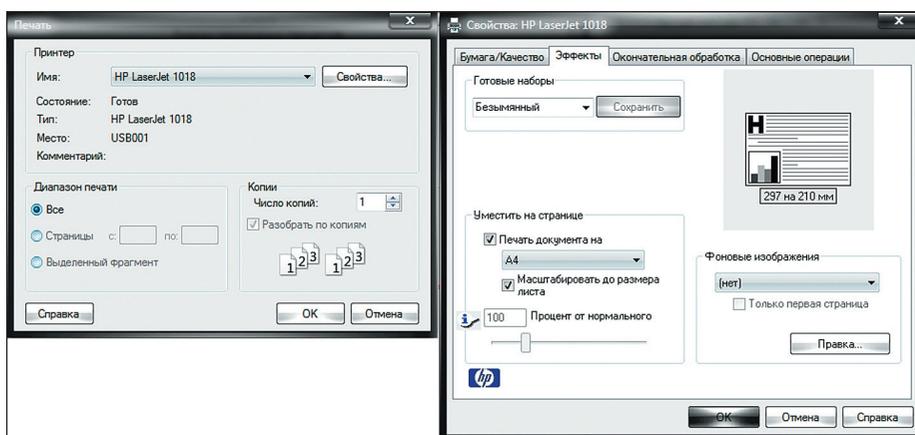


Рис. 14. Окно «Печать», параметры которого настроены для печати графика на принтере, а также окно «Свойства: принтера»

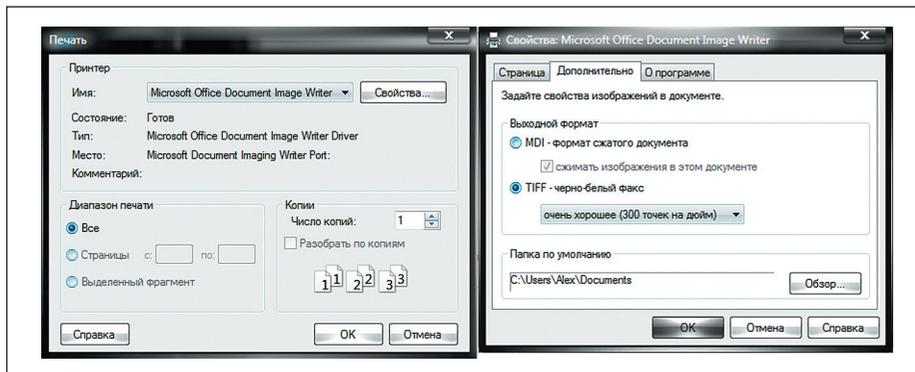


Рис. 15. Окно «Печать», параметры которого настроены для печати графика в файл, а также окно «Свойства: Microsoft Office Document Image Writer»

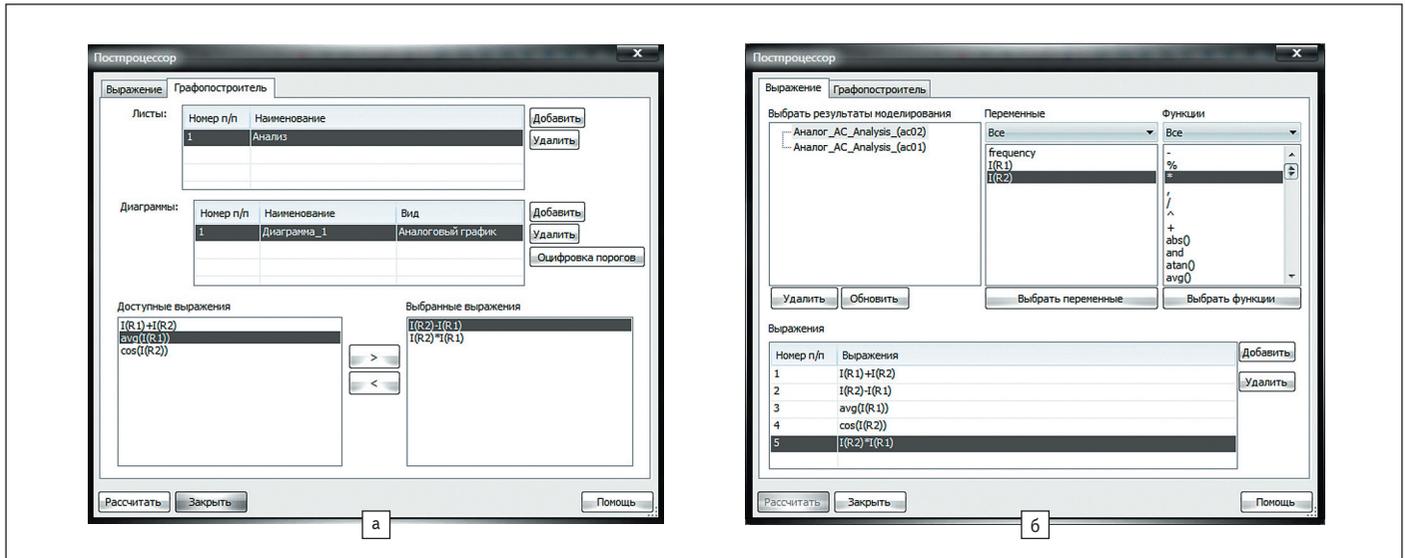


Рис. 16. Окно «Постпроцессор»: а) вкладка «Графопостроитель»; б) вкладка «Выражение»

на принтер (плоттер) надо в окне «Печать» на панели «Принтер» из выпадающего меню в поле «Имя» выбрать устройство, на котором планируется распечатать схему, и нажать на кнопку «Свойства», чтобы настроить параметры печати. На рис. 14 изображено окно «Печать», чьи параметры настроены для печати графика на принтере, а также окно «Свойства: принтера», которое открылось после нажатия на кнопку «Свойства».

Для печати результатов анализа в файл выберите на панели «Принтер» из выпадающего меню в поле «Имя» строку Microsoft Office Document Image Writer и нажмите на кнопку «Свойства». В открывшемся окне «Свойства: Microsoft Office Document Image Writer» на вкладке «Дополнительно» укажите расширение файла, в который будут сохранены результаты анализа, и разрешение изображения. В поле «Папка по умолчанию» задайте местоположение создаваемого файла графика. Для вступления в силу внесенных изменений нажмите на кнопку ОК. Рис. 15 демонстрирует окно «Печать», параметры которого настроены для печати графика в файл, а также окно «Свойства: Microsoft Office Document Image Writer».

Открытие и сохранение файлов в Grapher

Сохранить результаты анализа в Grapher можно при помощи команды основного меню «Файл» → «Сохранить как» в файлы следующих типов:

- Graph file (*.gra) — файлы Multisim Grapher;
- текстовые файлы (*.txt) — стандартные текстовые файлы;
- Text-Based Measurement file (*.lvm) — файлы LabVIEW;
- Binary measurement file (*.tdm) — файлы, используемые для обмена данными между программами National Instruments;

- DLM file for MathScript (*.dlm) — файлы MathScript;

В свою очередь в Grapher при помощи команды основного меню «Файл» → «Открыть» можно открыть файлы следующих типов:

- Graph file (*.gra);
- Data file (*.dat) — файлы, созданные при симуляции Agilent Simulated Oscilloscope;
- Scope data (*.scp) — файлы, созданные при использовании осциллографа Multisim;
- Bode data (*.bod) — файлы, созданные при использовании плоттера Боде Multisim.

Использование программы Postprocessor для построения графиков

Postprocessor и Grapher — программы пакета Multisim, которые позволяют отобразить результаты моделирования в графическом виде. Postprocessor быстро создает график с нужными переменными. Вызов программы производится командой «Моделирование/Постпроцессор» основного меню Multisim, в результате открывается окно «Постпроцессор», содержащее две закладки: «Графопостроитель» (рис. 16а) и «Выражение» (рис. 16б). Рассмотрим закладку «Графопостроитель». В ее верхней части находится поле «Листы». Для построения графика в Grapher при помощи функций постпроцессора в первую очередь необходимо создать новую страницу. Для этого в поле «Листы» следует нажать на кнопку «Добавить», в результате в таблице поля появится новая строка с названием страницы. По умолчанию для страницы используется название «Страница окончательной обработки_1», но его можно изменить с помощью двойного щелчка левой кнопки мыши по строке с названием и последующего ввода с клавиатуры нового на-

звания. Поле «Диаграммы» предназначено для добавления графиков на уже созданную страницу. Для чего в поле необходимо нажать на кнопку «Добавить» и ввести новое название графика, которое впоследствии станет и его заголовком. Теперь в график надо добавить кривые. Сделать это можно, выбрав нужные выражения из левого списка «Доступные выражения» и переместив их кнопкой «>» в правый список «Выбранные выражения». Может случиться так, что левый список пуст. Создание выражений и их добавление в этот список выполняется на закладке «Выражение» окна «Постпроцессор». Выражение составляют следующим образом. Выберите в поле «Выбрать результаты моделирования» при помощи левой кнопки мыши вид анализа, в поле «Выражения» нажмите на кнопку «Добавить», в результате в таблице поля появится новая строка. Далее надо скопировать в выражение переменные и функции. Добавление переменных производится путем их выбора при помощи левой кнопки мыши в поле «Переменные» и нажатия на кнопку «Выбрать переменные», добавление функций — путем выбора в поле «Функции» и нажатия на кнопку «Выбрать функции». Составленное выражение появится в поле «Выражения». Аналогичным образом можно составить несколько выражений. Для окончания создания графика снова перейдем на закладку «Графопостроитель». Составленные на закладке «Выражение» уравнения будут отображаться в списке «Доступные выражения». Для окончания создания графика добавим в него кривые — выберем нужные выражения из левого списка «Доступные выражения» и переместим их в правый список «Выбранные выражения». Именно эти функции будут построены на графике. Для окончания создания графика необходимо нажать на кнопку «Рассчитать», после чего откроется окно плоттера Grapher с результа-

тами выполненной работы (рис. 17): закладка «Анализ», график «Диаграмма_1», кривые « $I(R2)-I(R1)$ », « $I(R2)*I(R1)$ » — именно эти значения были указаны при создании графика на вкладке «Графопостроитель» в окне «Постпроцессор».

Литература

1. Корольков В. И., Андреев В. В. Программные и аппаратные средства современной схемотехники и программирование микроконтроллеров. Москва, РУДН, 2008.
2. NI Circuit Design Suite — Getting Started with NI Circuit Design Suite, National Instruments, January 2012.
3. NI Multisim. Fundamentals, National Instruments, January 2012.
4. Каминский Е. А. Как сделать проект небольшой электроустановки. М.: Энергия, 1980.

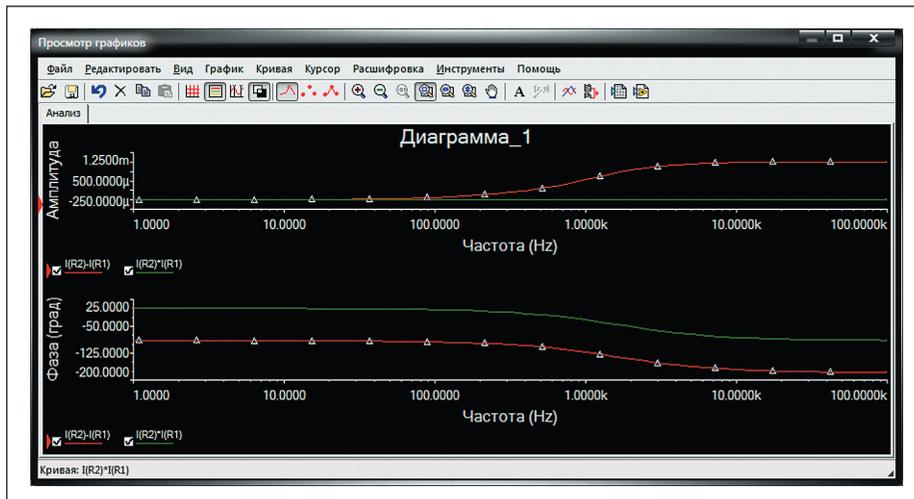


Рис. 17. Построенный в программе Postprocessor график