

# Multisim 14.0 — НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ и их практическое применение

Татьяна КОЛЕСНИКОВА  
beluikluk@gmail.com

**В апреле 2015 года компания National Instruments анонсировала выход четырнадцатой версии программной среды сквозного проектирования электронных устройств Multisim & Ultiboard. В статье рассмотрены новые функции программы, направленные на повышение удобства и качества проектирования, и их практическое применение.**

## Введение

Современное программное обеспечение позволяет автоматизировать все стадии проектирования электронных устройств, включая подготовку принципиальных схем, моделирование процессов в аналоговых и цифровых цепях, компоновку и трассировку печатных плат, редактирование и расширение библиотек компонентов. На рынке программного обеспечения, предназначенного для проектирования электрических цепей и устройств, сегодня можно насчитать десятки специализированных пакетов. Наиболее известна из них система сквозного проектирования электронных устройств NI Circuit Design Suite, в которую входят программа моделирования и программной симуляции работы электронных цепей Multisim

и программа проектирования печатных плат Ultiboard.

Программа Multisim (рис. 1) используется для проектирования электрических схем, их тестирования и отладки. Multisim характеризуется сочетанием профессиональных возможностей и доступности, расширяемостью функций от простой настольной системы до сетевой корпоративной. Этим объясняется ее широкое применение как для учебных целей, так и для промышленного производства сложных электронных устройств, их проверки и отладки. Multisim позволяет специалистам оптимизировать свои проекты, минимизировать ошибки и снизить число итераций при разработке.

В программе можно выполнять анализ цифро-аналоговых и цифровых схем высокой степени сложности. Имеющиеся

в Multisim библиотеки содержат большой набор широко распространенных электронных компонентов. Есть возможность подключения и создания новых библиотек компонентов. Большое число приборов позволяет проводить измерения различных величин, задавать входные воздействия, строить графики. В сочетании с Ultiboard — программным обеспечением для проектирования топологии печатных плат — Multisim представляет собой платформу сквозного проектирования.

Программа Ultiboard (рис. 2) — это PCB-приложение программы NI Circuit Design Suite, которое используется для разработки печатных плат, выполнения определенных функций CAD-систем и подготовки результатов проектирования к производству. Ultiboard обладает возможностью проектирования контура печатной платы, автоматизированного размещения компонентов на плате и автоматической трассировки проводников, а также предоставляет специалистам возможность работать в ее среде как в системе 3D-моделирования, в результате чего печатная плата и ее компоненты будут отображены в реальном виде. Средства Ultiboard разрешают формировать трехмерные модели компонентов из плоских графических посадочных мест, создавать собственные модели посредством импорта сложных контуров компонентов из механических САПР, а также при помощи специального мастера.

В 2015 году компания National Instruments выпустила новые версии программных пакетов Multisim и Ultiboard, которые обладают повышенной функциональностью, новыми возможностями пользовательского интерфейса и поддерживают еще большее число новых компонентов от лидирующих мировых производителей. Благодаря новым возможностям разработку и создание прототипов электрических схем удастся выполнять гораздо быстрее и с большей точностью.

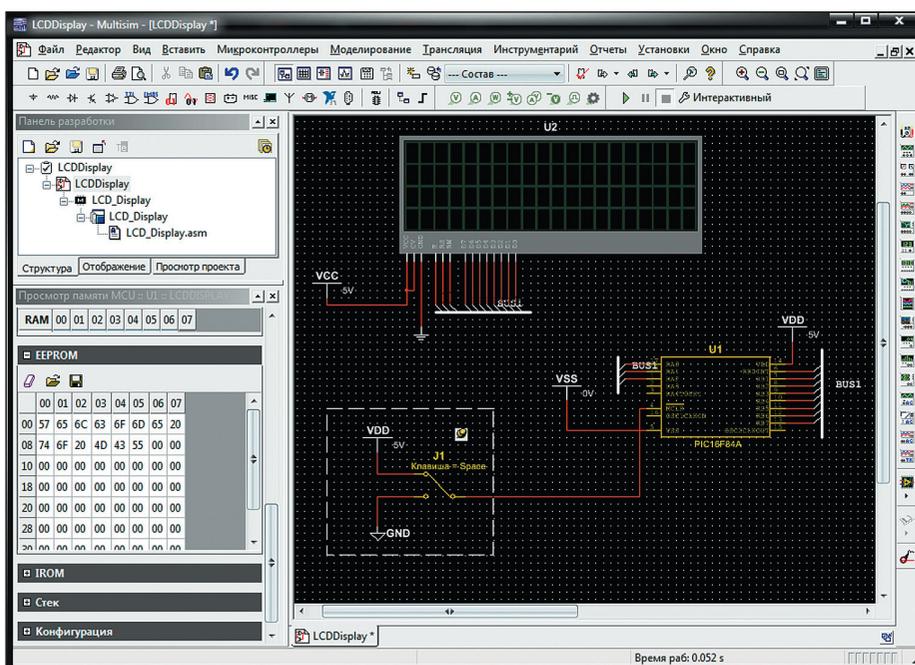


Рис. 1. Интерфейс программы Multisim 14.0

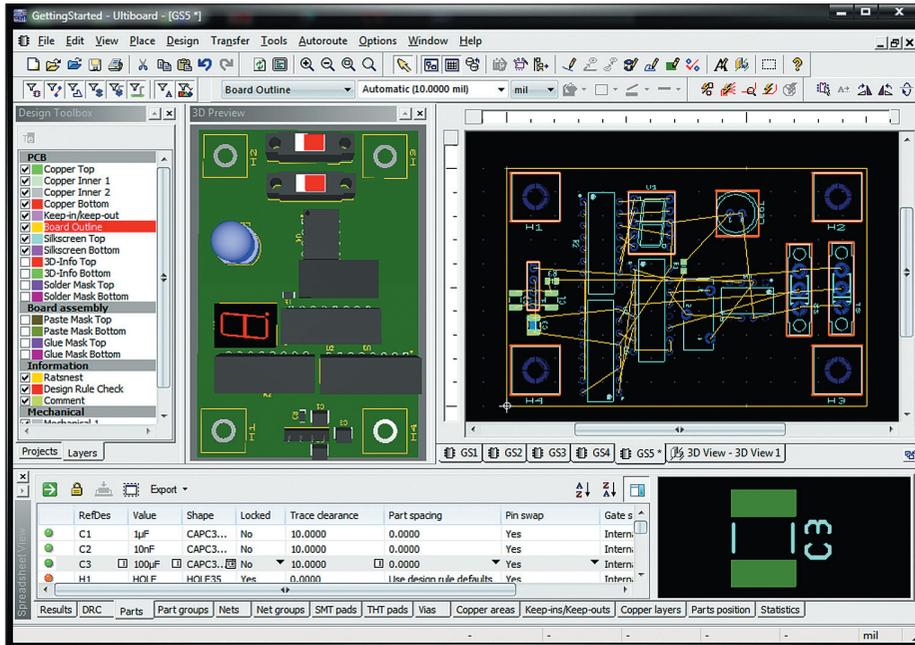


Рис. 2. Интерфейс программы Ultiboard 14.0

Таблица 1. Производители и количество новых компонентов библиотеки Multisim 14.0

Производитель	Новые компоненты	Новые имитационные модели
Analog Devices	54	38
Avago Technologies	10	8
Efficient Power Conversion	8	9
Infineon	47	34
KEMET	4665	4665
Maxim	28	12
Microchip	2	1
NXP Semiconductor	719	794
ON Semiconductor	15	12
Vishay	59	110
International Rectifier	592	420
Общее количество	6199	6103

Таблица 2. Обзор новых компонентов и их семейств

Multisim семейство	Описание	Новые компоненты
ANALOG_SWITCH	Переключатель	1
BJT_COMP	BJT комплементарная пара	6
BJT_CRES	Матрица NPN/PNP-транзисторов	46
BJT_NPN	NPN-транзистор	27
BJT_NRES	Матрица NPN-транзисторов	6
BJT_PNP	PNP-транзистор	35
BJT_PRES	Матрица PNP-транзисторов	7
COMPARATOR	Компаратор	13
CURRENT_SENSE_AMPLIFIERS	Точечный усилитель	23
DARLINGTON_NPN	NPN-пара Дарлингтона	16
DARLINGTON_PNP	PNP-пара Дарлингтона	11
DIODE	Диод	13
IGBT	IGBT	102
INSTRUMENTATION_AMPLIFIERS	Инструментальный усилитель	4
JFET_N	N-канальный JFET-транзистор	2
MANUFACTURER_CAPACITORS	SMT-конденсаторы	4665
MOSFET_DRIVER	Драйвер MOSFET	54
OPAMP	Операционный усилитель	30
OPTOCOUPLER	Оптрон	10
POWER_MOS_COMP	Комплементарный N-P-канальный силовой MOSFET	3
POWER_MOS_N	N-канальный силовой MOSFET	760
POWER_MOS_P	P-канальный силовой MOSFET	45
SCHOTTKY_DIODE	Диод Шоттки	125
SPECIAL_FUNCTION	Специальные функции	7
SWITCHING_DIODE	Диодный переключатель	3
VOLTAGE_REFERENCE	Источник опорного напряжения	4
WIDEBAND_AMPS	Широкополосный усилитель	2
ZENER	Диод Зенера	179
Общее количество	—	6199

Таблица 3. Новые компоненты International Rectifier

Multisim семейство	Описание	Новые компоненты
DIODE	Диод	13
IGBT	IGBT	102
MOSFET_DRIVER	Драйвер MOSFET	54
POWER_MOS_COMP	Комплементарный N-P-канальный силовой MOSFET	2
POWER_MOS_N	N-канальный силовой MOSFET	353
POWER_MOS_P	P-канальный силовой MOSFET	23
SCHOTTKY_DIODE	Диод Шоттки	45
Общее количество	—	592

«Номинал» в таблице «Поля пользователя». Пользовательские поля применяются для

### Основные технические характеристики обновленной версии

Для установки системы Multisim 14.0 рекомендуется следующая конфигурация компьютера:

- операционная система  
Windows Vista/7/8/8.1 (32-bit & 64-bit),  
Windows XP (32-bit),  
Windows Server 2008 R2 (64-bit),  
Windows Server 2003 R2 (32-bit);
- процессор Pentium 4/M;
- предпочтительное разрешение экрана 1024×768 пикселей;
- рекомендуемый объем ОЗУ: 512 Мбайт (минимум 256 Мбайт);
- размер дискового пространства, требуемый для полной установки системы, — 2 Гбайт.

### Обзор основных отличий Multisim 14.0 от предыдущих версий

В 14-й версии программы Multisim стали доступны следующие новые функции:

- функция активного анализа;
- новая панель пробников тока, напряжения и мощности;
- расширенное окно результатов поиска компонентов;
- большое число новых компонентов;
- версия программы для работы на планшете;
- увеличено число примеров, поставляемых с программой;
- на панели инструментов «Моделирование» добавлена кнопка быстрого запуска окна выбора анализа;
- изменен интерфейс выбора анализа данных моделирования схемы.

### Новые компоненты и их поиск в библиотеке

Библиотека Multisim 14.0 содержит более 36000 компонентов ведущих производителей, таких как Analog Devices, Infineon, NXP, ON Semiconductor, Texas Instruments. В новой версии программы добавлено свыше 6000 новых компонентов, включающих имитационные модели и посадочные места для разработки печатных плат (табл. 1 и 2). Из них более 500 новых компонентов от компании International Rectifier, с которыми разработчики получили расширенные возможности моделирования мощных устройств, что позволяет не только выполнять моделирование преобразователей, выпрямителей, импульсных источников питания, но и осуществлять дальнейшее проектирование печатных плат разрабатываемых устройств. Также в библиотеку компонентов добавлены модели IGBT-модулей с рабочими напряжениями до 1200 В. Полный перечень новых компонентов International Rectifier представлен в таблице 3.

Для того чтобы получить доступ к новым компонентам библиотеки, необходимо в основном меню программы Multisim выбрать пункт «Вставить/Компонент», в результате будет открыто окно «Выбор компонента» (рис. 3). Для ускорения поиска компонентов можно воспользоваться строкой фильтра. Расширенный поиск компонента выполняется при помощи кнопки «Поиск», нажатие которой открывает окно «Поиск компонентов» (рис. 4). Параметры поиска можно указать как в верхней части окна (раздел размещения компонента в библиотеке, семейство компонента, функцию и название компонента, ID модели, название производителя, тип посадочного места), так и в колонке

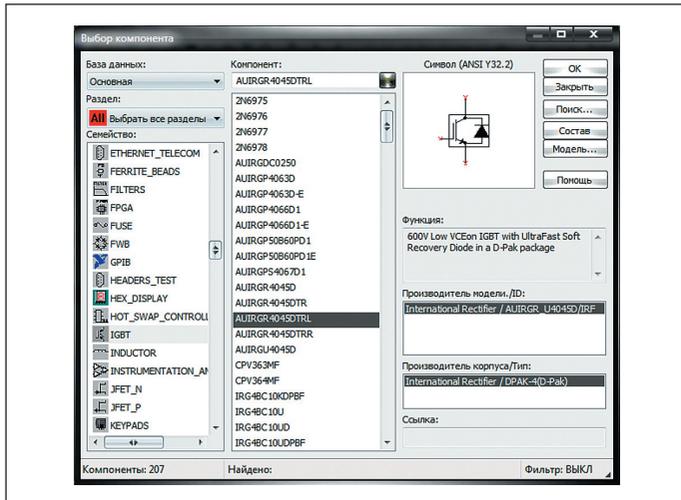


Рис. 3. Диалоговое окно «Выбор компонента»

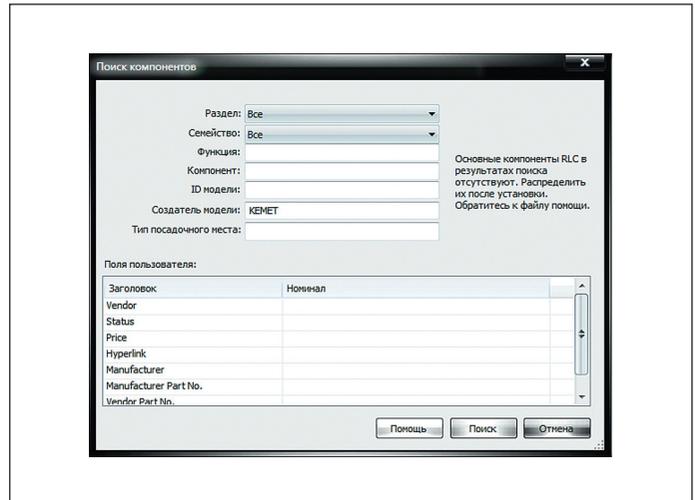


Рис. 4. Диалоговое окно «Поиск компонентов»

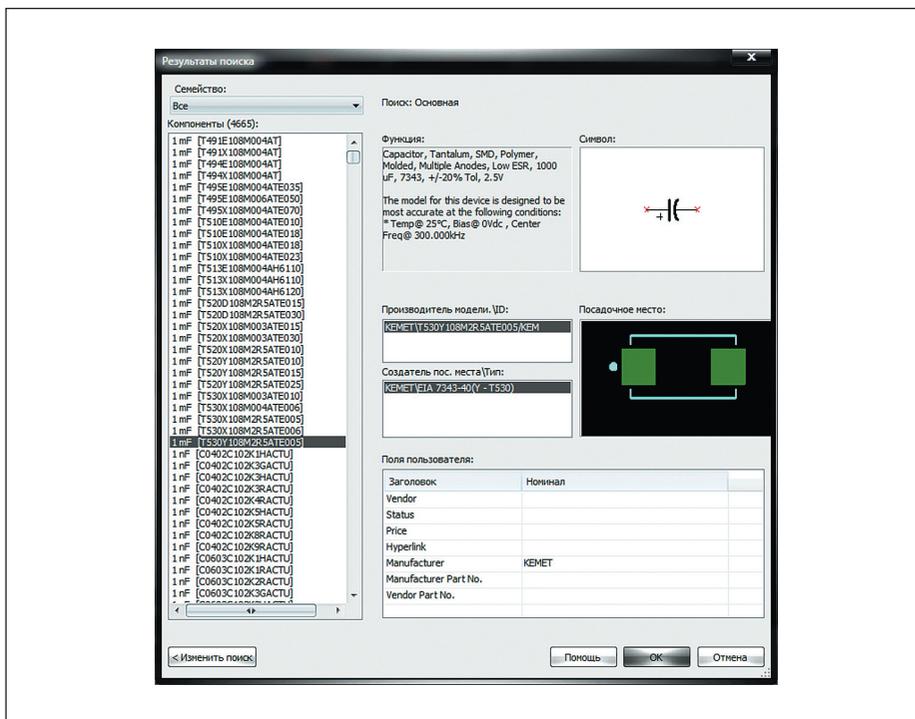


Рис. 5. Диалоговое окно «Результаты поиска» программы Multisim 14.0

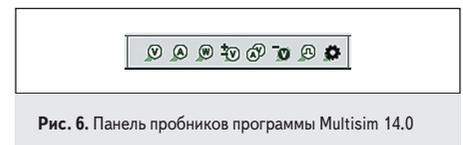


Рис. 6. Панель пробников программы Multisim 14.0

мощность, рассеиваемую компонентом, или же выполнить измерение частоты сигнала в разных точках схемы. Для этих целей в Multisim 14.0 можно использовать следующие виртуальные инструменты панели пробников (рис. 6):

- пробник напряжения;
- пробник тока;
- пробник напряжения и тока;
- пробник мощности;
- дифференциальный пробник напряжения;
- пробник опорного напряжения;
- логический пробник.

Логический пробник предназначен только для интерактивного моделирования, во время которого на его пиктограмме на схеме в зависимости от логического уровня сигнала динамически обновляются значения «1» (логическая единица), «0» (логический ноль), «X» (уровень логического сигнала точно не определен). Особенностью логического пробника является то, что он отображает мгновенное значение цифрового сигнала непосредственно внутри его пиктограммы, размещенной на схеме. Также логический пробник отображает частоту исследуемого сигнала.

Пробник для измерения мощности устанавливается на пиктограмму того элемента, мощность рассеивания которого необходимо измерить.

Нужно отметить, что панель пробников является еще одним новшеством 14-й версии Multisim. Добавить/удалить панель пробников можно при помощи команды «Вид/Панель инструментов/Установить пробник» основного меню программы.

Пробники могут быть размещены в рабочем проекте Multisim до запуска процесса

различных целей, к примеру для записи цены на компонент и названия поставщиков. Информация, указанная в пользовательских полях, может быть полезна при поиске в библиотеке наиболее подходящего компонента. После того как все параметры заданы, необходимо нажать кнопку «Поиск», вследствие чего откроется окно «Результаты поиска» (рис. 5), в котором будут отображены компоненты библиотеки, соответствующие заданным критериям поиска.

Например, для того чтобы найти все компоненты фирмы KEMET, необходимо в окне «Поиск компонентов» в поле «Создатель модели» ввести критерий KEMET и нажать на кнопку «Поиск». Кроме списка компонентов, в окне результатов поиска отобра-

жается следующая информация: функция компонента, название производителя модели, имя создателя и тип посадочного места, пользовательские поля, а также условное графическое обозначение и посадочное место компонента (эти поля были добавлены в 14-й версии программы).

С полным списком новых компонентов, включенных в Multisim 14.0, можно ознакомиться в документе [5].

### Панель пробников

При проектировании устройства на этапе разработки схемы принципиальной может возникнуть необходимость произвести проверку постоянного (переменного) напряжения или тока на участке цепи, определить

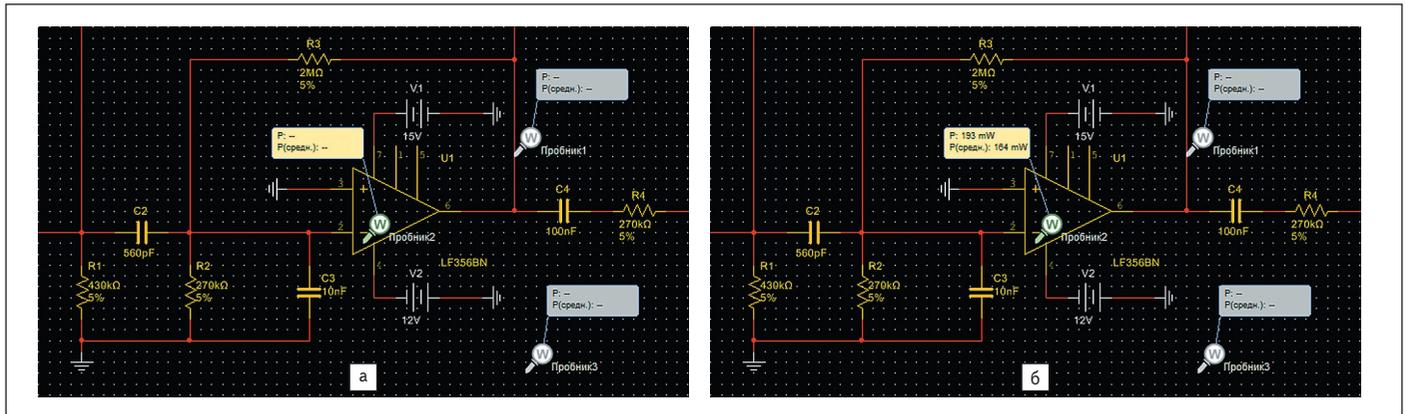


Рис. 7. Окно результатов пробника мощности на схеме: (а) до и (б) после запуска симуляции

симуляции схемы или во время симуляции. Для размещения измерительного пробника до запуска процесса симуляции необходимо на панели инструментов «Установить пробник» выбрать при помощи левой кнопки мыши пиктограмму нужного прибора (при этом курсор примет вид пробника с прикрепленным к нему окном результатов), подвести курсор к месту размещения пробника и щелкнуть левой кнопкой мыши по проводнику или компоненту схемы. Если пробник успешно подсоединен к схеме, то его окно результатов изменит цвет, а сам пробник приобретет более насыщенный оттенок. Результаты измерения (напряжение, ток, частота, мощность) будут отображены после запуска симуляции схемы в окне результатов измерительного пробника.

На рис. 7 представлены примеры размещения пробника мощности на схеме. Пробник 3 еще не подсоединен к схеме, а пробник 1 подключен к схеме неправильно (пробник мощности должен быть размещен непосредственно на компоненте, так как он измеряет мощность, рассеиваемую или сгенерированную компонентом). В подобных случаях окно результатов (по умолчанию) отображается синим цветом (при необходимости цвет окна

результатов можно изменить в настройках пробника). Пробник 2 правильно размещен — окно результатов изменило цвет с синего на желтый, а пиктограмма пробника приобрела более насыщенный оттенок по сравнению с не подключенными к схеме приборами (пробник 1 и пробник 3).

Для размещения измерительного пробника на схеме во время симуляции необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. На панели инструментов «Установить пробник» выбрать при помощи левой кнопки мыши пиктограмму нужного прибора.
2. С помощью мыши переместить измерительный пробник на схему.
3. Щелкнуть левой кнопкой мыши на схеме в месте измерения.

В Multisim 14.0 (в отличие от предыдущих версий) измерительный пробник, добавленный в проект во время симуляции схемы, отображает все параметры измерения. При этом измерения при помощи измерительного пробника можно производить и без его размещения на схеме. Для этого на панели инструментов «Установить пробник» следует выбрать при помощи левой кнопки мыши

пиктограмму нужного прибора и, после того как курсор примет вид пробника с прикрепленным к нему окном результатов, подвести курсор к месту измерения на схеме.

Результаты измерения (значения мгновенного напряжения, напряжения от пика до пика (p-p), действующего напряжения (rms), постоянного напряжения (dc), частоты и другие) будут отображены в окне результатов. После того как результаты получены, можно подвести курсор мыши к следующей цепи схемы, в которой необходимо произвести измерения, или к следующему компоненту схемы в случае применения пробника мощности. В окне результатов будет отображен новый набор результатов измерений. Окно результатов показывает результаты только в том случае, если запущена симуляция схемы и курсор помещен на проводник или на компонент схемы (если используется пробник мощности).

Пиктограммы измерительных пробников, а также их подключение к схеме демонстрирует рис. 8. Зеленая стрелка на пиктограмме пробников тока, напряжения и тока отображает полярность подключения пробника, которую можно изменять следующим образом: щелкните на пробнике правой кнопкой мыши и в открывшемся контекстном меню выберите пункт «Полярность подключения». Также изменить полярность можно и командой меню «Моделирование/Полярность подключения».

Параметры пробников можно настроить глобально при помощи команды «Моделирование/Параметры пробника» основного меню программы или нажав кнопку «Параметры пробника» панели пробников, в результате чего будет открыто окно «Установки пробников». Это окно содержит три вкладки:

- «Параметры» (рис. 9а);
- «Видимость» (рис. 9б);
- «Графики» (рис. 9в).

На вкладке «Параметры» в поле «Значения параметров» посредством установки переключателя в одну из позиций можно задать режим работы пробников:

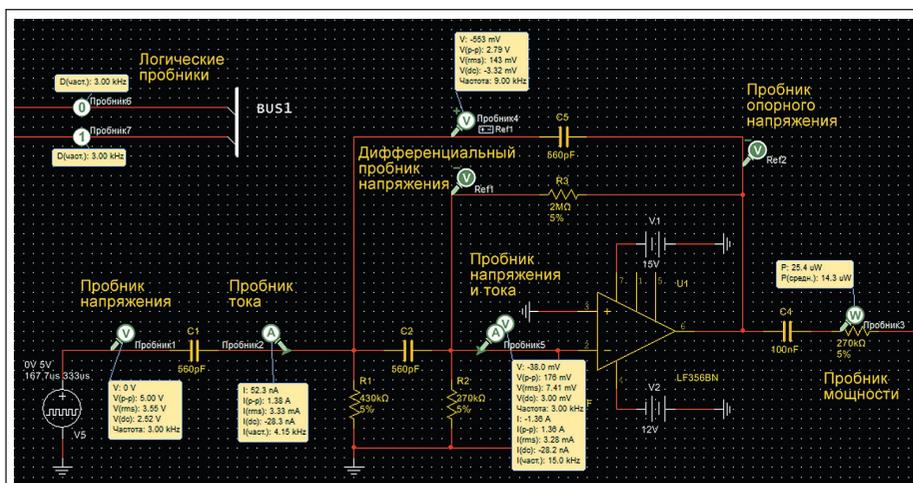


Рис. 8. Подключение измерительных пробников к схеме

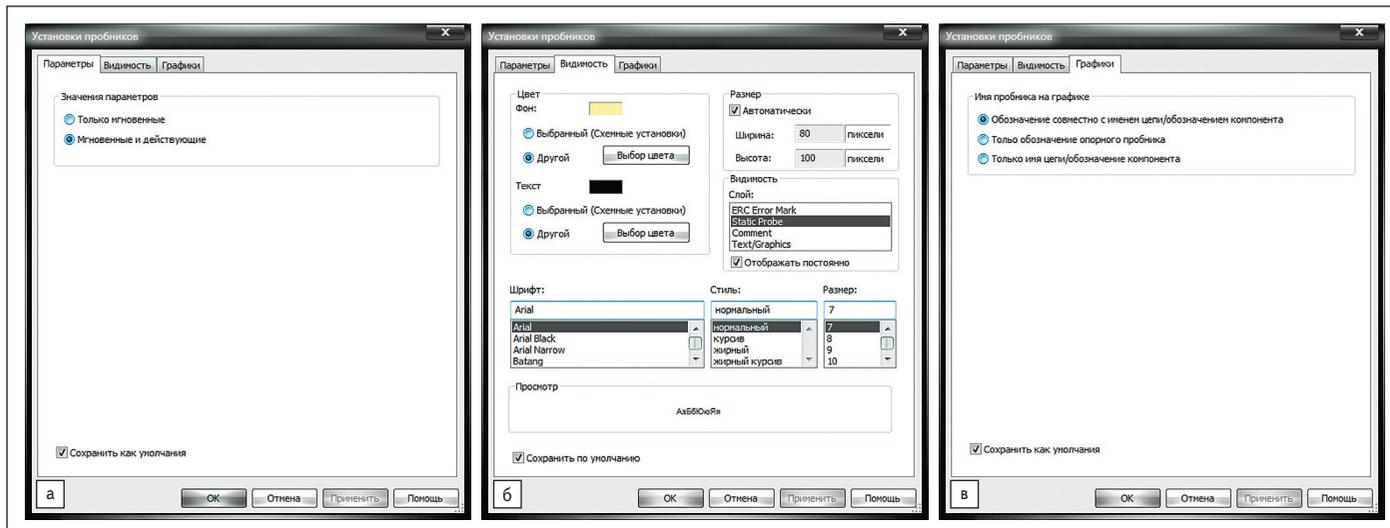


Рис. 9. Окно «Установки пробников», вкладка: а) «Параметры»; б) «Видимость»; в) «Графики»

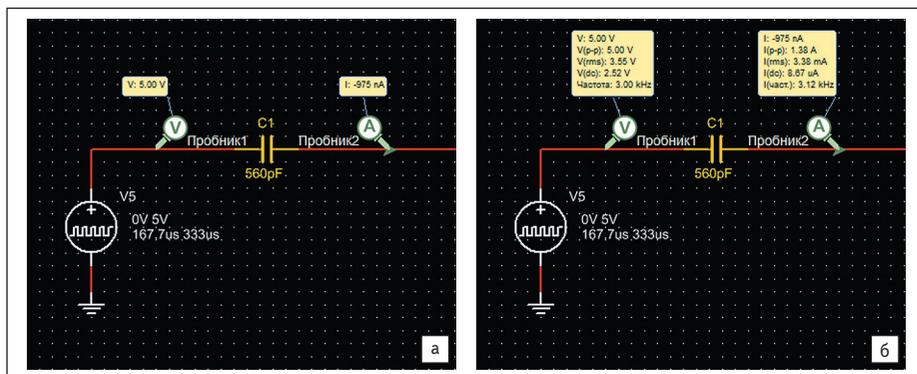


Рис. 10. Результаты измерений, выполненных при помощи пробников напряжения и тока в режиме: а) «Только мгновенные»; б) «Мгновенные и действующие»

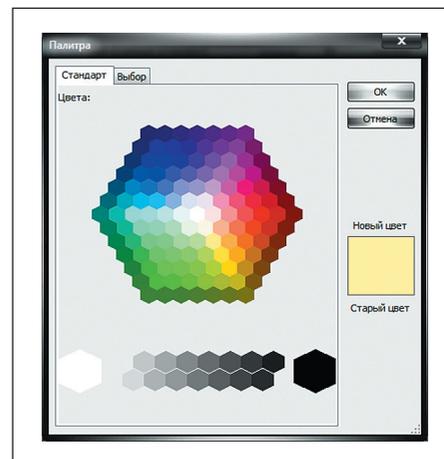


Рис. 11. Окно «Палитра»

- «Только мгновенные» — измерение мгновенных значений (рис. 10а);
- «Мгновенные и действующие» — измерение мгновенных и действующих значений сигналов (рис. 10б).

Рассмотрим вкладку «Видимость». В левой верхней части вкладки находится окно «Цвет», в котором, установив переключатели в позицию «Выбранный (Схемные установки)» или «Другой», можно задать цвет фона окна результатов измерений и цвет текста, отображаемого в этом окне. Выбирают нужный цвет кнопкой «Выбор цвета». После нажатия на эту кнопку откроется окно «Палитра» (рис. 11), в котором на вкладке «Стандарт» можно задать цвет, для чего необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши по ячейке с нужным цветом. Новый цвет отобразится в правой нижней части окна в поле «Новый цвет». Если выбранный цвет подходит, нажмите на кнопку **ОК**. Для выбора цвета можно использовать и вкладку «Выбор» диалогового окна «Палитра».

В правой верхней части вкладки «Видимость» находится окно «Размер», в котором в полях «Ширина» и «Высота» посредством ввода с клавиатуры можно задать раз-

мер окна результатов измерительного пробника в пикселях. Также рассматриваемое окно содержит поле «Автоматически». В случае установки флажка в данном поле параметры ширины и высоты окна результатов измерений будут изменяться автоматически, в зависимости от количества отображаемых параметров.

В окне «Видимость» посредством установки/снятия флажка в поле «Отображать постоянно» можно задать видимость окна результатов измерений измерительных пробников на схеме. В поле «Слой» можно выбрать слой, на котором будет отображаться окно результатов. Предопределенным слоем является Static Probe, но вы можете при необходимости выбрать другой слой.

Параметры шрифта для отображения позиционного обозначения измерительного пробника и результатов измерений на схеме настраиваются в полях:

- «Шрифт» — выбор шрифта;
- «Стиль» — выбор стиля шрифта (жирный, курсив, нормальный, жирный курсив);
- «Размер» — выбор размера шрифта.

В нижней части вкладки «Видимость» расположено окно «Прозор», которое позво-

ляет предварительно просмотреть созданный шрифт.

На вкладке «Графики» задается способ отображения имени пробника на графике при проведении анализа. Сделать это можно путем установки переключателя в одну из трех позиций:

- «Обозначение совместно с именем цепи/обозначением компонента»;
- «Только обозначение опорного пробника»;
- «Только имя цепи/обозначение компонента».

После того как все настройки в окне «Установки пробников» выполнены, необходимо нажать на кнопку **«Применить»**, в результате изменения будут применены ко всем пробникам в программе. Для закрытия окна нажмите кнопку **ОК**.

Для каждого отдельного пробника на схеме можно настроить локальные параметры, для чего необходимо при помощи левой кнопки мыши выделить пробник, при помощи правой кнопки мыши вызвать контекстное меню и указать в нем пункт «Свойства». В результате откроется окно «Параметры пробника x» (где x — тип пробника: на-

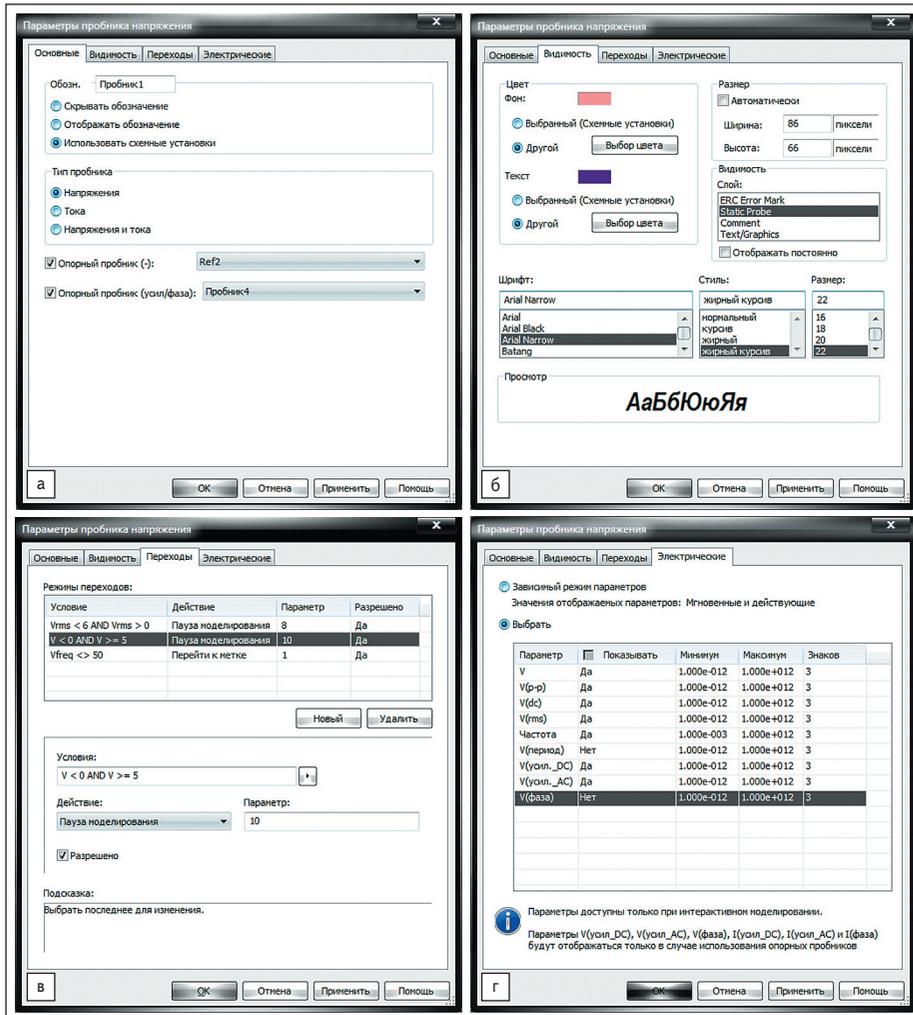


Рис. 12. Окно «Параметры пробника напряжения», вкладка: а) «Основные»; б) «Видимость»; в) «Переходы»; г) «Электрические»

пряжения, мощности и др.), набор вкладок и полей которого для каждого типа пробника может отличаться. К примеру, окно настроек параметров пробника напряжения содержит следующие вкладки:

- «Основные» (рис. 12а);
- «Видимость» (рис. 12б);
- «Переходы» (рис. 12в);
- «Электрические» (рис. 12г).

Рассмотрим вкладку «Основные». В ее верхней части находится окно «Обозн», в котором путем установки переключателя в необходимое положение можно выбрать для позиционного обозначения измерительного пробника одну из следующих опций:

- «Скрывать обозначение» — позиционное обозначение не будет отображаться на схеме;
- «Отображать обозначение» — позиционное обозначение будет отображаться на схеме;
- «Использовать схемные установки» — отображение позиционного обозначения будет зависеть от правил проекта.

Название позиционного обозначения при необходимости можно изменить в поле «Обозн».

Тип пробника можно изменить в одноименном окне, для чего необходимо установить переключатель в одну из позиций:

- «Напряжения» (по умолчанию);
- «Тока»;
- «Напряжения и тока».

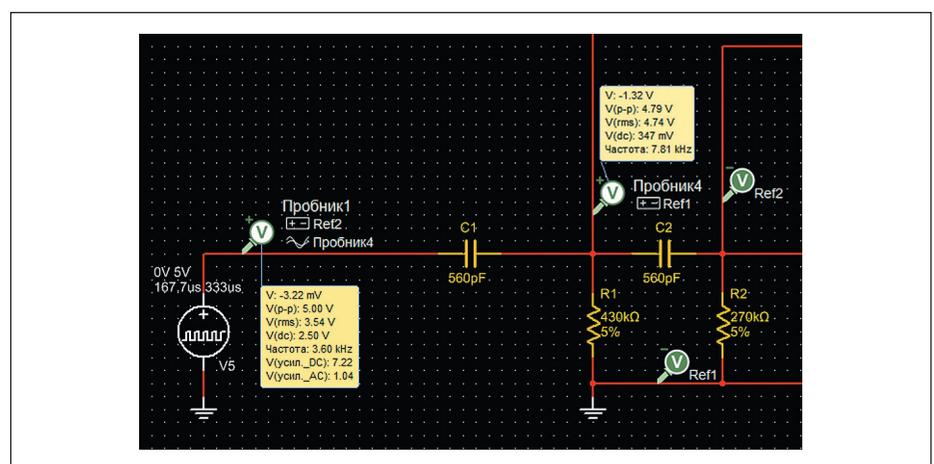


Рис. 13. Проведение измерений при помощи пробника напряжения (Пробник 1) с использованием опорных пробников (Ref2, Пробник 4)

В нижней части вкладки посредством установки флажков в полях «Опорный пробник (-)», «Опорный пробник (усил/фаза)» и выбора из выпадающего списка названий пробников можно задать нужную привязку настраиваемого пробника напряжения. В выпадающем списке отображаются названия уже размещенных на схеме опорных пробников и дифференциальных пробников напряжения. В результате измерения, произведенные для текущей пробы, будут сделаны со ссылкой на выбранную привязку пробника, что позволит отображать в окне результатов такие дополнительные параметры измерений, как коэффициент усиления по напряжению или фазовый сдвиг. При применении данной опции возле позиционного обозначения настраиваемого измерительного пробника отобразятся значки установленных в его настройках опорных пробников (рис. 13).

Настройка локальных параметров измерительного пробника напряжения на вкладке «Видимость» окна «Параметры пробника напряжения» выполняется аналогично настройке глобальных параметров на одноименной вкладке в окне «Установки пробников».

На вкладке «Переходы» можно создать триггер — средство, позволяющее задавать выполнение определенного действия по достижении выбранным параметром определенного условия. В верхней части вкладки находится окно «Режимы переходов», которое содержит список и описание уже имеющихся триггеров. Для создания или удаления триггера используются кнопки «Новый» и «Удалить». Для того чтобы создать новый триггер, необходимо нажать на кнопку «Новый», в результате чего в окне «Режимы переходов» появится новая строка с описанием только что созданного триггера. Для удаления триггера выделите при помощи левой кнопки мыши строку с описанием триггера и нажмите на кнопку «Удалить». В поле «Условия» можно задать условия для таких параметров измерительного пробника напряжения, как:

- напряжение;
- напряжение p-r;
- напряжение DC;
- напряжение rms;
- частота AC.

При этом в выражении условия могут быть использованы следующие операторы: =, <, >, <=, >=, <>, AND, OR, XOR, NOT и функции: cos (косинус), sin (синус), tan (тангенс), abs (абсолютная величина).

Представим пример выражения условия. Предположим, что в схемном проекте необходимо выполнять паузу моделирования всякий раз, когда действующее напряжение rms меньше 6 В и больше 0 В. В таком случае выражение условия может иметь следующий вид:  $V_{rms} < 6 \text{ AND } V_{rms} > 0$ .

Для облегчения ввода в выражении условия параметров и операторов можно в строке «Условия» использовать кнопку со стрелкой. После нажатия на данную кнопку открывается контекстное меню, из которого можно выбрать необходимые операторы, функции и параметры.

В строке «Действие» из выпадающего списка можно выбрать действие, которое будет выполняться по достижении заданного условия. При этом в поле «Параметр» необходимо установить параметры для заданного действия. К примеру, если в поле «Действие» было выбрано значение «Пауза моделирования», то в поле «Параметр» нужно ввести время паузы в секундах, а при выборе такого действия, как «Перейти к метке», — в поле «Параметр» нужно ввести метку листа описания. Необходимо отметить, что выбор такого действия, как «Остановить прокрутку», не требует ввода параметров.

Установка (снятие) флажка в чекбоксе «Разрешено» разрешает или запрещает работу созданного триггера во время симуляции схемы. Поле «Подсказка» содержит пояснения относительно возникших ошибок создания триггера. Для вступления в силу произведенных настроек используйте кнопки «Применить» и «ОК», которые расположены в нижней части вкладки «Переходы».

На вкладке «Электрические» посредством установки переключателя в одну из двух позиций задается режим отображения параметров измерений. Если переключатель установлен в позицию «Зависимый режим параметров», на схеме будут отображаться значения мгновенных и действующих параметров. Если задана позиция «Выбрать», то настройка параметров, которые будут отображаться на схеме в окне результатов измерений пробника напряжения, выполняется пользователем вручную.

В центральной части вкладки «Электрические» размещена таблица параметров измерений. Отображение каждого из данных параметров в окне результатов измерений на схеме задается в колонке «Показывать» переключением значения «Да»/«Нет». Выполнить переключение можно щелчком

ком левой кнопкой мыши по уже установленному в колонке значению. Установить одновременно все значения данной колонки в позицию «Да» можно, активировав флажок в чекбоксе «Показывать», соответственно установить все значения данной колонки в позицию «Нет» можно путем снятия флажка в этом же чекбоксе. Колонки «Минимум» и «Максимум» таблицы параметров измерений предназначены для установки диапазона изменений параметров. В колонке «Знаков» можно задать количество значащих цифр для отображения параметров. Необходимо отметить, что параметры V (усил\_DC), V (усил\_AC), V (фаза) будут отображаться только в случае использования опорных пробников. Для вступления в силу произведенных изменений используйте кнопки «Применить» и «ОК», которые расположены в нижней части окна «Параметры пробника напряжения».

Рассмотрим окно настроек параметров логического пробника (рис. 14), которое содержит две вкладки:

- «Основные»;
- «Видимость».

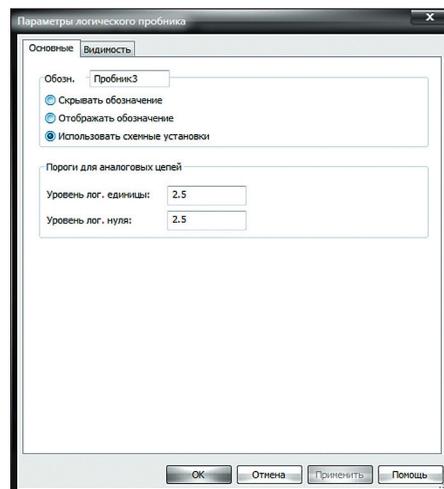


Рис. 14. Вкладка «Основные» окна «Параметры логического пробника»

На вкладке «Основные» размещено два окна: «Пороги для аналоговых цепей» и «Обозн». Логический пробник определяет напряжение в конкретной точке схемы, и если исследуемая точка имеет напряжение, равное или большее значения напряжения срабатывания, указанного в поле «Уровень лог. единицы» окна «Пороги для аналоговых цепей», то на пробнике отобразится значок «1». Если исследуемая точка имеет напряжение меньше значения напряжения срабатывания, указанного в поле «Уровень лог. нуля» окна «Пороги для аналоговых цепей», то на пробнике отобразится значок «0».

В окне «Обозн» путем установки переключателя в необходимое положение можно выбрать для позиционного обозначения логического пробника одну из следующих опций:

- «Скрывать обозначение» — позиционное обозначение не будет отображаться на схеме;
- «Отображать обозначение» — позиционное обозначение будет отображаться на схеме;
- «Использовать схемные установки» — отображение позиционного обозначения будет зависеть от правил проекта.

Название позиционного обозначения при необходимости можно изменить в поле «Обозн».

Настройка локальных параметров логического пробника на вкладке «Видимость» окна «Параметры логического пробника» выполняется аналогично уже рассмотренной настройке глобальных параметров на одноименной вкладке в окне «Установки пробников». Для вступления в силу произведенных в окне «Параметры логического пробника» изменений нужно нажать кнопку «Применить», а для закрытия окна настроек — кнопку «ОК». Открыть окно «Параметры логического пробника» можно с помощью двойного щелчка левой кнопки мыши на пиктограмме данного прибора на схеме.

Для ускорения выполнения измерений и получения результатов моделирования, а также для упрощения работы пользователя в Multisim 14.0 подключенные к схеме пробники автоматически добавляются в качестве переменных для следующих анализов: «Рабочая точка DC», «Анализ на AC», «Анализ переходных процессов», «Изменения на DC», «Одночастотный анализ на AC», «Изменение параметров», «Анализ Фурье», «Изменения температуры», «Анализ искажений».

Рассмотрим данную функцию на конкретном примере. В схему трехфазного инвертора (рис. 15) к линиям сигналов S1–S6 подключаем шесть логических пробников, к цепи V1 подсоединим пробник тока, а к цепям LegA и LegB — пробники напряжения. Также разместим в рабочем поле проекта еще один пробник напряжения и запустим анализ переходных процессов, для чего на панели инструментов «Моделирование» нажмем на кнопку быстрого запуска окна выбора анализа. В открывшемся окне «Анализ и моделирование» в поле «Доступные анализы» выберем пункт «Анализ переходных процессов» и в настройках параметров данного анализа в правой части окна «Анализ и моделирование» перейдем на вкладку «Переменные». Как видно из рис. 16, все подсоединенные к исследуемой схеме пробники отобразились в качестве переменных для анализа (поля «Аналоговый» и «Цифровой»). Исключением является переменная V (пробник 7), поскольку пробник 7 не был подсоединен ни к одной цепи схемы. Настройки параметров анализа на вкладках «Установки моделирования» и «Параметры анализа» оставим по умолчанию. При помощи кнопки «Пуск» запустим анализ на выполнение (рис. 17). Результаты анализа приведены

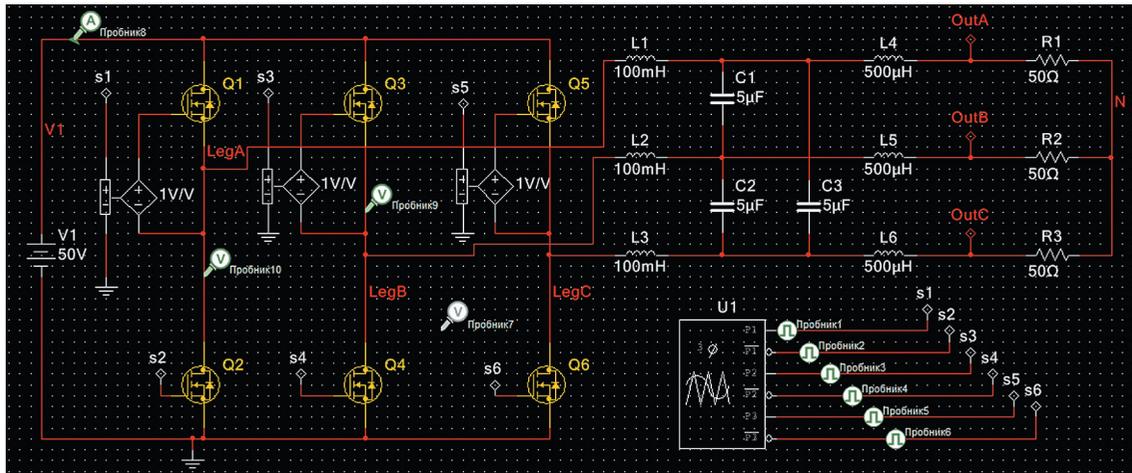


Рис. 15. Схема трехфазного инвертора и размещенные на ней измерительные пробники

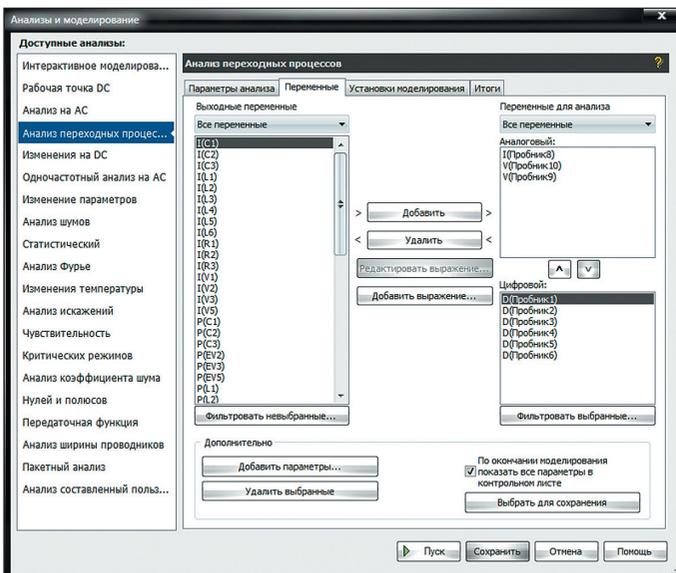


Рис. 16. Настройка параметров анализа переходных процессов на вкладке «Переменные»

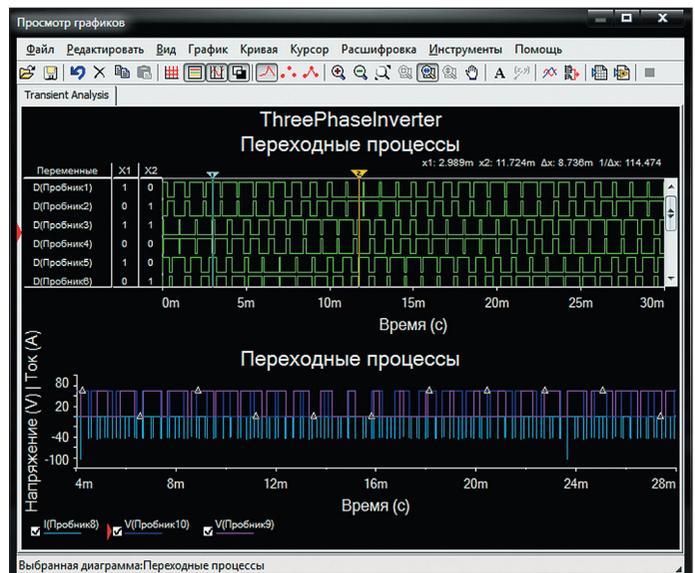


Рис. 17. Результат выполнения анализа переходных процессов

в окне «Просмотр графиков». Значения переменных пробников напряжения и тока отображаются в нижней части окна на аналоговом графике, а значения переменных логических пробников — на цифровом графике в верхней части окна.

### Новая функция активного анализа

Новый интерфейс выбора анализа данных моделирования программы Multisim 14.0 в сочетании с новыми типами пробников значительно упрощает и ускоряет процесс настройки параметров анализа. Все виды анализов теперь доступны для запуска из окна «Анализ и моделирование», которое можно открыть кнопкой быстрого запуска окна выбора анализа (на этой кнопке отображается название активного (выбранного) анализа) панели инструментов «Моделирование» или посредством выбора

команды «Моделирование/Анализ и моделирование» в основном меню программы.

До тех пор пока не выбран анализ, на кнопке быстрого запуска отображается надпись «Интерактивный». В этом режиме после запуска симуляции схемы выполняется обычное моделирование. Функция активного анализа предполагает запуск выбранного анализа (название которого будет отображено на кнопке быстрого запуска) каждый раз после запуска симуляции схемы. При этом сразу открывается окно просмотра графиков с результатами анализа, и нет необходимости предварительно входить в меню «Анализ и моделирование» для выбора анализа и настройки его параметров. Подключенные к схеме пробники автоматически добавляются в качестве переменных для анализа. Выбор анализа и настройка его параметров выполняются единой командой.

Рассмотрим симуляцию схемы в режиме «Интерактивный» и работу функции активного анализа на конкретном примере. Для чего из поставляемых с системой Multisim 14.0 примеров выберем схему речевого фильтра (команда «Файл/Открыть примеры» основного меню программы) и откроем ее. По умолчанию примеры файлов схем находятся на диске компьютера в каталоге `C:\Users\Public\Documents\National Instruments\Circuit Design Suite 14.0\samples`. Файл схемы речевого фильтра находится в папке Analog и имеет название `SpeechFilter.ms14`. Подсоединим к схеме два пробника напряжения и тока и пробник мощности. После чего запустим симуляцию схемы в режиме «Интерактивный». Полученные значения напряжения, тока и мощности будут отображены в окнах результатов измерительных пробников (рис. 18).

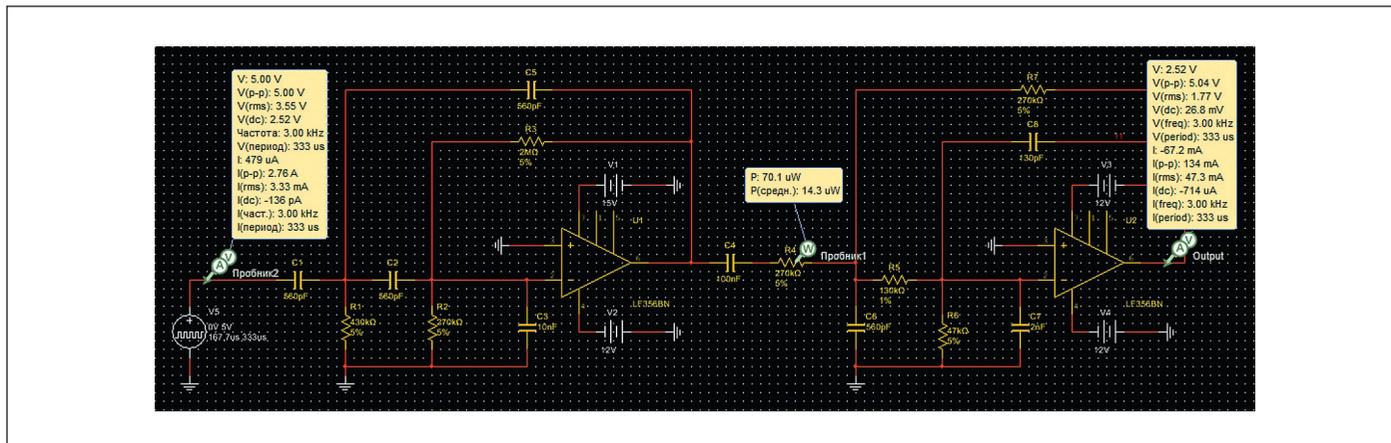


Рис. 18. Результаты моделирования схемы речевого фильтра в режиме «Интерактивный»

Остановим симуляцию, нажмем на кнопку быстрого запуска окна выбора анализа и в открывшемся окне «Анализ и моделирование» выберем в качестве активного анализа по переменному току — строка меню выбора анализа «Анализ на АС».

При анализе по переменному току вводятся понятия «комплексные напряжения» и «комплексные токи». Это означает, что в расчетах в процессе вычислений потенциалы и токи могут принимать комплексные значения. На выходе расчетная процедура выдает вещественные величины для сравнения с результатами измерений.

Анализ на переменном токе используется для вычисления частотного отклика для линейных цепей. В «Анализ на АС» анализ рабочей точки на постоянном токе — это первый расчет для получения линейных, малосигнальных моделей для всех нелинейных компонентов. Затем создается комплексная матрица (содержащая и реальную, и мнимую компоненты). При создании матрицы DC-источники получают нулевые значения. AC-источники, конденсаторы и индуктивности представляются их AC-моделями. Нелинейные компоненты представлены линейными AC мало-сигнальными моделями, производными от решения DC рабочей точки. Все входные источники рассматриваются как синусоидальные. Частота источников игнорируется. Если функциональный генератор установлен для работы с прямоугольными или треугольными сигналами, он автоматически будет переключен внутренне для работы на синусоидальном сигнале для анализа. «Анализ на АС» затем вычисляет AC-отклик схемы как функцию частоты.

При подготовке к анализу необходимо настроить его параметры. Окно настройки анализа по переменному току содержит четыре вкладки:

- «Параметры частоты» (рис. 19а);
- «Переменные» (рис. 19б);
- «Установки моделирования» (рис. 19в);
- «Итоги» (рис. 19г).

На вкладке «Параметры частоты» настраиваются следующие параметры:

- «Начальная (FSTART)» — начальная частота (отрицательные значения частоты не допускаются; если значение начальной частоты не указано, то расчет не будет произведен);
- «Конечная (FSTOP)» — конечная частота (отрицательные значения частоты не допускаются);
- «Хар-ка изменения» — тип изменения: декадный, линейный, октавный (определяет распределение вычисляемых точек в диапазоне частот);
- «Кол-во точек на декаду» — количество точек, в которых производится расчет частотных характеристик в процессе анализа (при увеличении количества точек будут получены наиболее точные результаты, однако может снизиться скорость симуляции схемы);
- «Вертикальная шкала» — вертикальная шкала: логарифмическая, линейная, затухания (дБ), октавная (данный параметр управляет масштабом по оси Y на выходном графике).

При необходимости можно вернуть значения по умолчанию, нажав кнопку «По умолчанию».

Вкладка «Переменные» содержит два окна, в одном из которых отображаются все возможные выходные переменные для текущей схемы (окно «Выходные переменные»), а в другом — переменные, которые будут использоваться в анализе (окно «Переменные для анализа»). Добавление переменных в анализ производится при помощи перемещения их названия из первого окна во второе, путем выбора переменной левой кнопкой мыши в окне «Выходные переменные» и последующего нажатия на кнопку «Добавить». При необходимости переменную можно вернуть обратно в исходное окно, для этого используйте кнопку «Удалить». В Multisim 14.0 подключенные к схеме пробники автоматически добавляются в качестве переменных для анализа.

В нашем примере это переменные I (Output), I (пробник2), P (пробник1), V (Output), V (пробник2).

Для того чтобы в конце моделирования в журнале моделирования/анализа были показаны значения всех компонентов и моделей схемы, установите флажок в чекбоксе «По окончании моделирования показать все параметры в контрольном листе». При помощи кнопки «Выбрать для сохранения» можно открыть окно «Выбрать переменные для сохранения» (рис. 20). В данном окне указывают тип переменных, которые будут сохранены в файле результатов моделирования. После окончания моделирования все сохраненные переменные могут быть использованы для добавления кривых в плоттер Grapher.

Рассмотрим вкладку «Установки моделирования». В ее верхней части расположено поле «Установки SPICE», в котором посредством установок переключателя в нужную позицию можно задать настройки параметров Multisim по умолчанию либо пользовательские.

Установка флажка в чекбоксе «Выполнить проверку последовательности перед запуском» позволит произвести проверку схемы на уместность применения выбранного анализа к данной схеме. Разрешение этого параметра дает указание Multisim автоматически определять такие несовместимости, как открытые конденсаторы, пустые файлы схемы, отсутствие заземления схемы. В поле «Заголовок» отображается заголовок анализа, при необходимости его можно изменить, введя с клавиатуры новое значение.

В нашем случае настройки параметров анализа на вкладках «Установки моделирования» и «Параметры частоты» оставим по умолчанию.

Для просмотра информации об анализе предназначена вкладка «Итоги». На ней представлен обзор всех установок анализа.

Для того чтобы запустить анализ с текущими установками, нужно в окне настроек анализа нажать на кнопку «Пуск». Для со-

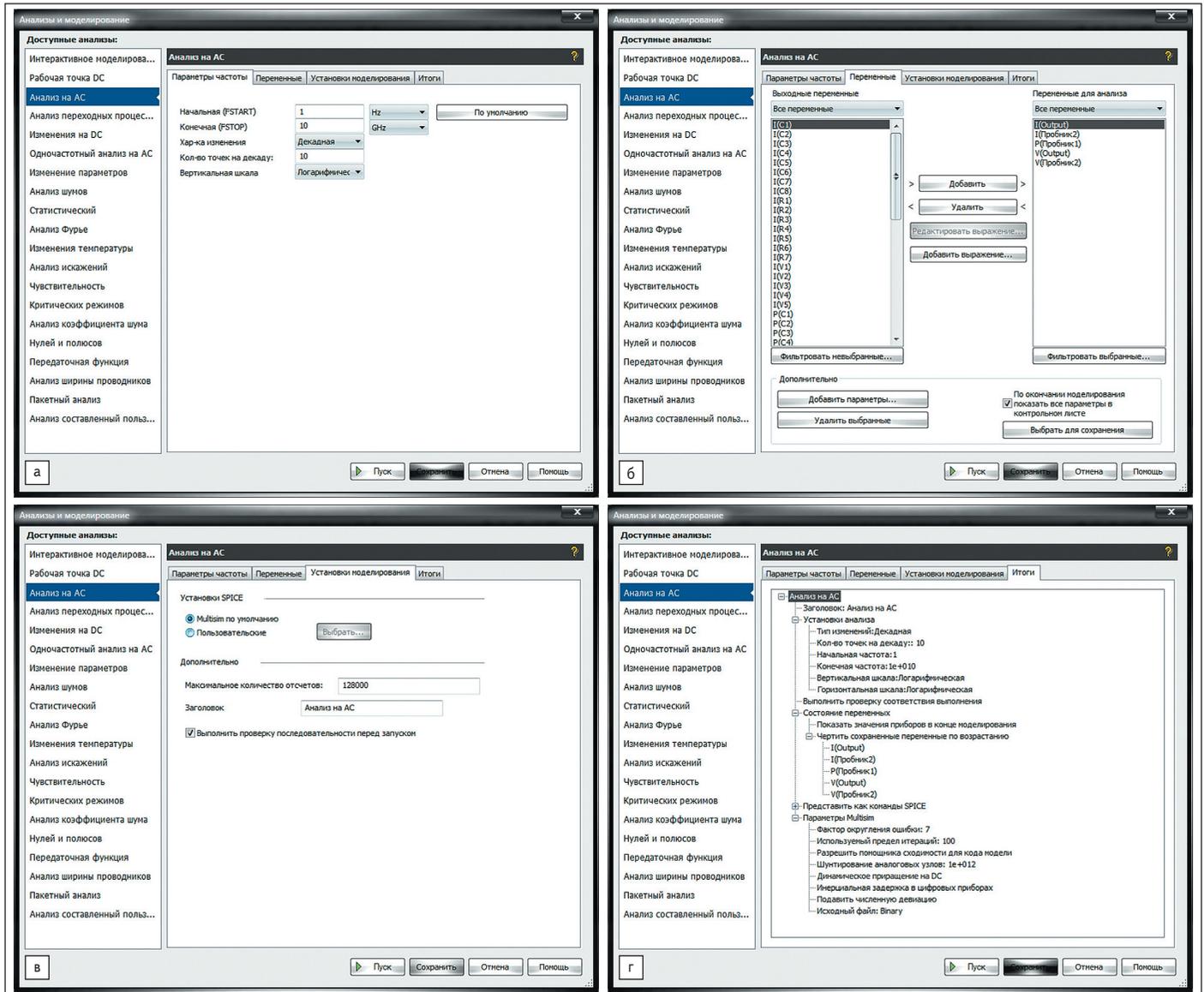


Рис. 19. Окно настроек анализа по переменному току, вкладка: а) «Параметры частоты»; б) «Переменные»; в) «Установки моделирования»; г) «Итоги»

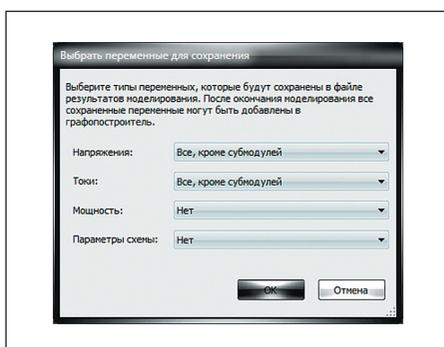


Рис. 20. Диалоговое окно «Выбор переменные для сохранения»

хранения выполненных настроек и закрытия окна «Анализ и моделирование» нажмите на кнопку «Сохранить». В этом случае анализ на выполнение не будет запущен, но станет активным, и его название отобразится на кнопке быстрого запуска окна выбора

анализа на панели инструментов «Моделирование».

Основным инструментом просмотра результатов анализа является плоттер Grapher, в котором данные отображаются в виде графиков или таблиц. На графике представлена одна или несколько зависимостей вдоль вертикальной или горизонтальной оси. В таблице показаны строки и колонки текстовых данных. Окно плоттера разделяется на несколько закладок, число которых зависит от количества выбранных анализов. У каждой закладки имеются две возможные активные зоны, определяемые красной стрелкой 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 другие. 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 их дальнейшей обработки, что предоставляет возможность значительно повысить качественный уровень проведения лабораторных и практических исследований.

Результаты анализа по переменному току (окно плоттера Grapher) представлены на рис. 21. Анализ, выбранный активным, будет запускаться каждый раз, после того как активирована симуляция схемы.

Для того чтобы изменить вид активного анализа, нажмите кнопку быстрого запуска окна выбора анализа на панели инструментов «Моделирование», в результате откроется окно «Анализ и моделирование», в котором надо выбрать нужный анализ, настроить его параметры и нажать кнопку «Пуск» или «Сохранить». Теперь после каждого запуска

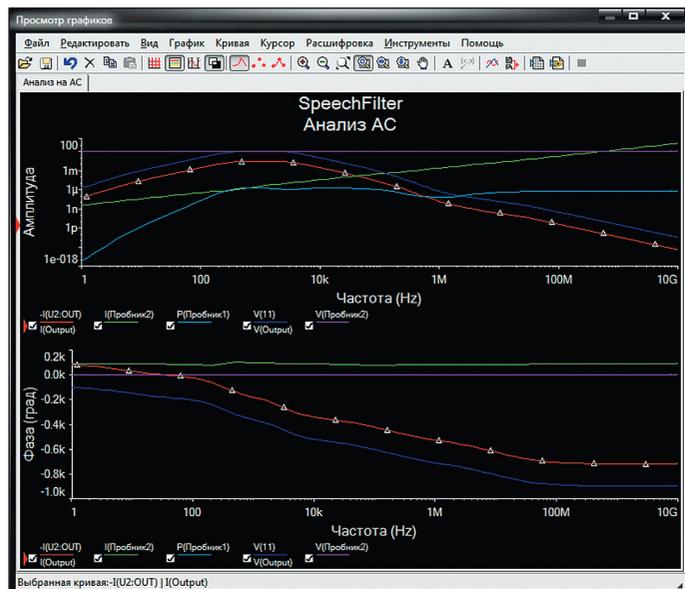


Рис. 21. Результаты анализа по переменному току (окно плоттера Grapher)

симуляции будет выполняться запуск выбранного анализа, при этом его название отобразится на кнопке быстрого запуска окна выбора анализа панели «Моделирование».

Применение функции активного анализа позволяет сократить время, необходимое для подготовки и проведения анализа сложных схем, в которых требуется осуществлять контроль параметров в нескольких точках. Для проведения обычного моделирования схемы используйте интерактивный режим — пункт «Интерактивное моделирование» меню выбора анализа окна «Анализы и моделирование».

Рассмотрев новые возможности Multisim 14.0, можно сделать вывод, что программа стала еще более удобной и простой в использовании.

## Литература

1. NI Circuit Design Suite — Getting Started Guide, National Instruments, April 2015.
2. Multisim Help, National Instruments, April 2015.
3. [www.ni.com/white-paper/52651/en](http://www.ni.com/white-paper/52651/en)
4. [www.ni.com/white-paper/52652/en](http://www.ni.com/white-paper/52652/en)
5. [www.download.ni.com/pub/gdc/tut/new\\_components\\_14.0.0.pdf](http://www.download.ni.com/pub/gdc/tut/new_components_14.0.0.pdf)
6. [www.ni.com/multisim/whatis/ossupport](http://www.ni.com/multisim/whatis/ossupport)