

Издается с 2004 года

**Председатель
редакционного совета**
Г. Г. Себряков, чл.-корр. РАН

Главный редактор
И. А. Каляев, чл.-корр. РАН

**Заместители председателя
редакционного совета:**
С. Ю. Желтов, чл.-корр. РАН
М. Н. Красильщиков, д.т.н.

Редакционный совет:
В. И. Аверченков, д.т.н.
(зам. гл. редактора)
А. И. Башмаков, к.т.н.
С. Н. Васильев, акад. РАН
Ю. В. Визильтер, д.ф.-м.н.
А. И. Кибзун, д.ф.-м.н.
П. Е. Клейзер (зам. гл. редактора)
Ю. Н. Кофанов, д.т.н.
В. В. Лебедев, чл.-корр. РАН
Е. А. Микрин, акад. РАН
В. В. Попов, д.т.н.
А. В. Рыбаков, к.т.н.
Р. Л. Смелянский, чл.-корр. РАН

Региональные редсоветы:

Белгород И. С. Константинов, д.т.н.	Орел В. Т. Еременко, д.т.н. А. В. Коськин, д.т.н.
Волгоград В. А. Камаев, д.т.н.	Переславль-Залесский С. М. Абрамов, чл.-корр. РАН
Иркутск И. В. Бычков, акад. РАН	Ростов-на-Дону В. И. Минкин, акад. РАН А. В. Солдатов, д.ф.-м.н.
Курск О. И. Атакишев, д.т.н.	Санкт-Петербург Ю. А. Гатчин, д.т.н.
Минск (Беларуссия) С. В. Абламейко, акад. НАНБ	Ставрополь П. А. Аверичкин, д.т.н.
Нижний Новгород Р. Я. Вакулenco, д.э.н. С. И. Ротков, д.т.н.	Таганрог В. В. Курейчик, д.т.н.
	Тэгү (Южная Корея) Р. А. Зиятдинов, к.ф.-м.н.
	Филлах (Австрия) А. Пестер, д-р

Редакция:
О. В. Мочалина
Н. В. Пантина

Журнал зарегистрирован
в Министерстве Российской Федера-
ции по делам печати, телерадио-
вещания и средств массовых
коммуникаций.

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-46365 от 26.08.2011 г.

Тел. редакции: (495) 589 56 41,
514 76 50

Адрес редакции: 119048, г. Москва,
ул. Усачева, д. 35, стр. 1

E-mail: vkit@idspektr.ru;
vkitpost@rambler.ru
Http://www.vkit.ru

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, КОНСТРУИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Абрамов А. Д., Никонов А. И. Анализ и корреляционный метод устранения погрешности оптико-электронного определения микрорельефных параметров 3

Криони Н. К., Колоденкова А. Е., Халикова Е. А., Коробкин В. В. Оценка затрат времени на создание программного обеспечения информационно-управляющих систем в условиях нечеткости исходных данных 10

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ. СЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Небаев И. А. Анализ помехоустойчивости системы передачи данных с перфорированным кодом на основе модели канала с замираниями 17

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Тарасов А. Д. Адаптивный генетический алгоритм в задаче проектирования систем физической защиты критически важных объектов 23

Щеглов К. А. Постановка и подходы к решению задачи защиты информации от несанкционированного доступа в общем виде 32

ПРОГРАММНОЕ И АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ

Баринов П. И., Березко А. Е., Фролов С. М. Конструирование микросерверов на базе унификации ключевых элементов 41

Губский Д. С., Земляков В. В., Мамай И. В. Интеграция компьютерной модели векторного анализатора цепей в виртуальную СВЧ-лабораторию 49

ИНФОРМАЦИЯ

Указатель статей, опубликованных в 2015 г. 55

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении, или непосредственно в издательстве.

Индексы по каталогам: «Роспечать» – 84197, «Пресса России» – 39244, «Почта России» – 60263

Журнал входит в перечень изданий, утвержденных ВАК РФ, для публикации трудов соискателей ученых степеней

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале «Вестник компьютерных и информационных технологий», допускаются со ссылкой на источник информации и только с разрешения редакции

Д. С. Губский, канд. физ.-мат. наук, В. В. Земляков, канд. физ.-мат. наук, И. В. Мамай
(Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону);
e-mail: ds@sfedu.ru

ИНТЕГРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ВЕКТОРНОГО АНАЛИЗАТОРА ЦЕПЕЙ В ВИРТУАЛЬНУЮ СВЧ-ЛАБОРАТОРИЮ

Представлен общий подход к построению компьютерных моделей измерительных приборов. Создана и включена в состав измерительной лаборатории модель современного векторного анализатора СВЧ-цепей, наделенная функциями, достаточными для получения навыков работы с высокотехнологичной и дорогостоящей аппаратурой. Приведено описание программной реализации алгоритма компьютерной модели и ее интеграция в лабораторию. Рассмотрены модели проборов, имеющие компьютерный интерфейс, полностью аналогичный реальным устройствам, позволяющие повысить эффективность виртуальных лабораторий, которые могут использоваться в учебном процессе.

Ключевые слова: компьютерное моделирование; лабораторная работа; виртуальная лаборатория; дистанционное образование; векторный анализатор цепей.

D. S. Gubsky, V. V. Zemlyakov, I. V. Mamay (Southern Federal University, Rostov-on-Don)

THE INTEGRATION OF VECTOR NETWORK ANALYZER COMPUTER MODEL IN THE VIRTUAL MICROWAVE LABORATORY

Recently much attention is paid to development of virtual laboratory works. The created models of devices allow studying various processes and regularities and making available the hi-tech and expensive equipment. It is possible to allocate two tendencies in their creation: real remote laboratory works and computer models.

Computer models can work at the local computer or distant with use of modern Internet technologies. There is a special interest in application and use of various cloudy technologies. As the review of literature shows, in this area there are many interesting practical solutions. For creation of laboratory works various packages of computer simulation are widely used. Very often for laboratory works design the developers use the widespread environment of graphic programming NI LabVIEW or create applications with the web interface. However, the main disadvantage is that the user interface of computer model of the measuring device possesses only conceptual similarity to real analog or has no such at all. So, the user doesn't get practical working skills on the modern hi-tech and expensive equipment. Therefore the creation of such virtual models which have the user interface completely similar to real devices is almost necessary.

In this work the way of creation of computer models with the realistic interface and creations of virtual laboratory works which are earlier described by authors is used for creation of computer model of the vector network analyzer Rohde&Schwarz ZVA 40. This device is provided first of all for measurement of S-parameters which describe how the studied device will transform the signal passing through it.

The created interface of computer model has to be completely similar to the real device, i.e. have full photographic similarity. Highlights of computer model creation with the use of high level language C++ (Microsoft Visual Studio 2010) and Digia Qt 5.1 package are considered. An example of autonomous laboratory work creation for studying of the filter is described. For creation of the filter model the special program of Nuhertz Technologies firm is used. It allows to synthesize the filter with the parameters set and to receive an approximate analytical formula for calculation of its transfer function.

Keywords: Computer modeling; Laboratory work; Virtual laboratory; Remote education; Vector network analyzer.

Введение

В настоящее время разработке виртуальных лабораторных работ уделяется большое внимание. Создаваемые модели приборов и устройств позволяют изучать различные процессы и закономер-

ности и в той или иной степени делают доступным высокотехнологичное и дорогостоящее оборудование. Выделяются два способа в их создании: удаленные лабораторные работы и компьютерные модели.

Особенностью удаленных лабораторных работ [1] – их выполнение на реальном оборудовании, работающем в круглосуточном режиме с подключенными к нему реальными устройствами для изучения. Такой подход имеет неоспоримое преимущество, так как пользователь удаленно работает на реальном оборудовании. Однако существуют и недостатки: отсутствие возможности реализовать одновременно большое число рабочих мест и интерфейс удаленной работы с измерительным прибором, как правило, отличается от реальной его эксплуатации.

Создание компьютерных моделей [2] позволяет работать на локальном компьютере или удаленно с использованием современных интернет-технологий. Отметим возможности внедрения и использования различных облачных технологий для компьютерных моделей [3]. В данной области имеется множество практических решений [4, 5]. Для построения лабораторных работ широко используются различные пакеты компьютерного моделирования. Часто при проектировании лабораторных работ разработчики применяют популярную среду графического программирования LabVIEW [5] или идут по пути создания приложений с веб-интерфейсом [2]. Однако большинству разработок присущ один существенный недостаток: пользовательский интерфейс компьютерной модели измерительного прибора обладает лишь концептуальным сходством с реальным аналогом или вообще не имеет такового. Например, генератор *сверхвысоких частот (СВЧ)* имеет два элемента управления типа «полоса прокрутки» (scrollbar), с помощью которых задаются частота и амплитуда сигнала. Текущие значения частоты и уровня сигнала отображаются в соответствующих текстовых метках. Такие лабораторные работы допускают изучение моделируемых процессов и характеристик устройств, но не дают пользователю возможности получить практические навыки по работе на современном высокотехнологичном и дорогостоящем оборудовании. Поэтому необходимо создание таких виртуальных моделей, которые имеют пользовательский интерфейс, полностью ана-

логичный реальным приборам, что и является новизной рассматриваемого подхода к построению компьютерных моделей измерительных приборов.

Постановка задачи

Предложенные в работах [6 – 8] способ построения компьютерной модели с реалистичным интерфейсом и метод создания виртуальных лабораторных работ применимы для построения компьютерной модели векторного анализатора цепей ZVA 40 – одного из лидеров рынка измерительного оборудования фирмы Rohde&Schwarz (Германия). Данный прибор предназначен в первую очередь для измерения *S*-параметров, которые показывают, как *изучаемое устройство (ИУ)* преобразует сигнал, проходящий через него. В данном случае ИУ представлено в виде четырехполюсника, который подключается к двум портам 1 и 2 векторного анализатора цепей. На рис. 1 показана схема измерения *S*-параметров изучаемого устройства, где a_i и b_i – амплитуды соответственно падающих и прошедших волн. Матрица рассеяния **S** связывает эти амплитуды уравнением следующего вида:

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix},$$

где S_{ij} – коэффициенты передачи амплитуд волн напряжения с j -й линии в i -ю при подключении согласованных нагрузок; при $i = j$ – коэффициент отражения. Пользователей чаще всего интересуют S_{11} – комплексный коэффициент отражения и S_{21} – комплексный коэффициент передачи.

Векторный анализатор цепей позволяет отображать на экране как модуль данных комплексных параметров, так и их фазовые характеристики. В простейшем случае при проведении измерений наибольший интерес представляют характеристики модулей коэффициентов отражения $|S_{11}|$ и передачи $|S_{21}|$. Поэтому задача сводится к построению такой компьютерной модели, которая может получать по своим запросам от изучаемого устройства значения *S*-параметров, обрабатывать их и отображать на экране прибора. При этом должен реализовываться функционал прибора, позволяющий пользователю проводить все необходимые измерения и использовать большинство возможностей векторного анализатора цепей для анализа характеристик изучаемого устройства. Интерфейс компьютерной модели создается полностью аналогичным реальному прибору, т.е. имеет полное фотографическое сходство.

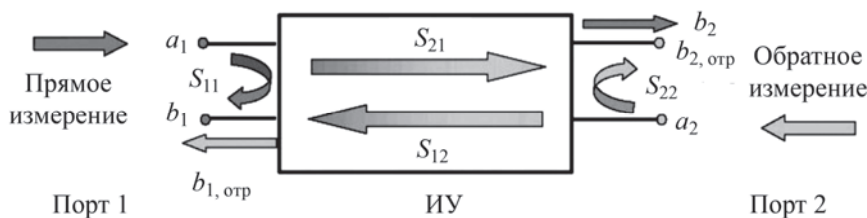


Рис. 1. Схема измерения *S*-параметров изучаемого устройства

Программная реализация компьютерной модели

При построении компьютерной модели векторного анализатора цепей использован разработанный общий подход [9], позволяющий включить данную модель в состав виртуальной лаборатории [7] или создать новую автономную лабораторную работу. При этом компьютерная модель описывается набором входных и выходных сигналов, с помощью которых она подключается к изучаемому устройству. Один из выходных сигналов – набор частот развертки, в ответ на который создаваемая модель ожидает на входе (входной сигнал, получаемый с выхода ИУ) набор S -параметров, обработанный в соответствии с настройками измерительного прибора и отображенный на его экране.

Рассмотрим основные моменты создания компьютерной модели, для разработки которой использован язык высокого уровня C++ (Microsoft Visual Studio 2010) и пакет Digia Qt 5.1.

Моделируемый измерительный прибор обладает различными функциональными возможностями. Однако при реальной его эксплуатации, число часто используемых функций незначительно и их вполне достаточно для проведения всех необходимых измерений. Поэтому для первоначального обучения пользователей основам работы с векторным анализатором цепей вполне достаточно реализовать ограниченное число функций. Рассмотрим некоторые из них, которые программно реализованы в данной компьютерной модели. Пользователю доступны:

- выбор диапазона частотной развертки (Start/Center и Stop/Span);

- калибровка измерительного прибора (Cal), которая осуществляется в учебно-демонстрационном режиме, позволяющем понять смысл и назначение данного процесса;

- отслеживание в процессе работы совпадения выбранного диапазона частотной развертки и частот, установленных при калибровке, с выводом соответствующей информации на экран, что разрешает пользователю в процессе работы получить навыки по отслеживанию режимов работы и калибровке прибора;

- режим выбора измеряемых параметров (Meas) – модулей коэффициентов отражения $|S_{11}|$ или передачи $|S_{21}|$;

- режим форматирования выводимых результатов на экран прибора (Scale);

- режимы работы с маркерами, устанавливаемыми на кривые и используемыми для удобства выполнения измерений (Marker, Search, Marker Funct);

- выбор некоторых режимов отображения меню на экране прибора (Display Config);

- некоторые функции по вводу данных, выбору единиц измерения и т.д.

Для выбора нужной функции и выполнения ее функционала пользователь должен «нажать» с помощью компьютерной мыши на соответствующую клавишу прибора и(или) выбрать соответствующий пункт экранного меню. По нажатию соответствующей клавиши выполняется ряд определенных действий, которые условно разделяются на два вида: с перерисовкой характеристики изучаемого устройства на экране прибора и без нее. Компьютерный интерфейс векторного анализатора цепей ZVA 40 фирмы Rohde&Schwarz приведен на рис. 2.

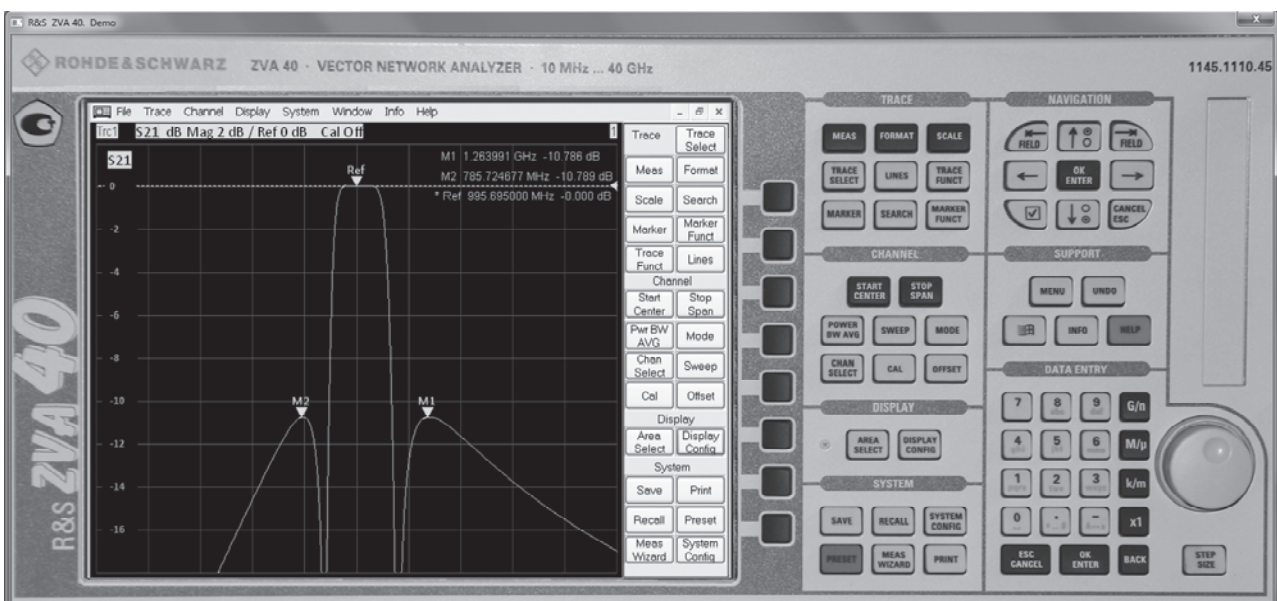


Рис. 2. Компьютерный интерфейс векторного анализатора цепей ZVA 40 фирмы Rohde&Schwarz

При обнаружении события «нажатие левой кнопки мыши» вызывается обработчик, который определяет по координатной сетке, какая из «кнопок» прибора нажата. При обнаружении «нажатия» пользователем разрешенной кнопки вызывается соответствующий ей метод. Если перерисовка характеристики не требуется, например, установка маркеров, поиск экстремумов на отображаемой характеристике и тому подобное, то выполняемые действия не требуют обращения к изучаемому устройству. В таком случае весь функционал реализуется внутренними методами созданного класса «Векторный анализатор цепей». Например, при выборе пользователем функции поиска максимального значения на отображаемой кривой (Marker Funct / Max Search) вызывается метод, осуществляющий поиск максимального значения в ранее полученном от ИУ наборе S -параметров и сохраненном в специальном массиве, индекс которого – частота. После нахождения максимального значения вызывается соответствующий метод «отрисовки» маркера с заданными координатами и отображаемыми на экране значениями. По аналогичному алгоритму реализованы и все остальные возможности прибора.

При необходимости перерисовки характеристики ИУ на экране прибора осуществляется обращение к компьютерной модели данного устройства. Причем такая операция имеет два разных алгоритма, зависящих от программной реализации модели векторного анализатора цепей.

В *первом* алгоритме, если модель прибора представляет собой «изолированный» модуль для автономной лабораторной работы (скомпилированный exe-файл), состоящий из измерительного прибора и ИУ, то обмен данным реализуется с помощью технологии «сигнал/слот языка Qt». В момент вывода характеристики изучаемого устройства измерительный прибор формирует сигнал (метод emit языка Qt) о запросе значений отображаемых величин (модули коэффициентов отражения $|S_{11}|$ или передачи $|S_{21}|$) для конкретной частоты f_i . Значения запрашиваемых частот находятся в установленном пользователем диапазоне частотной развертки векторного анализатора цепей. Изучаемое устройство, рассматриваемое как некий «черный ящик» [6, 10], через соответствующий слот реагирует на сигнал измерительного прибора и, вызвав свой сигнал, возвращает векторному анализатору цепей конкретное значение. Если изучаемое устройство описано аналитически, то возвращаемое значение вычисляется, в противном случае, – выбирается из базы данных (например, для экспериментальных наборов данных или в случае построения модели ИУ с помощью сторонних пакетов проектирования). При необходимости, в целях улучшения качества отображаемой характеристики,

проводится аппроксимация данных. В большинстве случаев достаточно использовать полином Ньютона второй степени [6].

Во *втором* алгоритме при создании модели устройства для включения его в виртуальную лабораторию придерживаются определенных правил [6]. При этом класс устройства «Векторный анализатор цепей» создается на базе абстрактного индикаторного модуля, входящего в состав измерительной лаборатории. Для обмена данными с ИУ необходимо использовать приватный метод функтора-сигнала, который описывает реализацию математической модели поведения ИУ [9]. Тогда обмен данными происходит по единожды разработанным правилам, в соответствии с которыми модель прибора формирует выходной сигнал, подключенный к ИУ, а в ответ от него через входной сигнал, соединенный с выходом ИУ, получает набор S -параметров. После его обработки создается специальный массив, индекс которого – значение частоты, принадлежащее заданному диапазону развертки. Именно такой массив используется далее всеми внутренними методами созданного класса «Векторный анализатор цепей». Подключение входных и выходных измерительных приборов и ИУ осуществляется при сборке лабораторной работы с помощью ранее созданного компоновщика [8]. Наличие массива, используемого при перерисовке характеристики ИУ на экране прибора, значительно сокращает обмен данными между моделью векторного анализатора цепей и самим ИУ, что дает пользователю возможность изменять режимы работы прибора и проводить измерения в реальном времени.

Такой подход позволяет подключать к компьютерной модели векторного анализатора цепей для изучения любые ранее созданные модели устройств, например, микрополосковый резонатор, полосно-пропускающий фильтр, фильтры на сложных волноводах и др. [10, 11].

Пример реализации лабораторной работы

В качестве простейшего примера рассмотрим создание автономной лабораторной работы по изучению фильтра, выполнение которой позволит пользователю не только изучить физические характеристики полосно-пропускающего фильтра, но и освоить основные приемы работы с высокотехнологичным и дорогостоящим оборудованием – векторным анализатором цепей ZVA 40. Для построения модели фильтра воспользуемся специальной программой фирмы Nuhertz Technologies (США) [12], позволяющей синтезировать фильтр (рис. 3) с заданными параметрами и получить приближительную аналитическую формулу для расчета его передаточной функции:

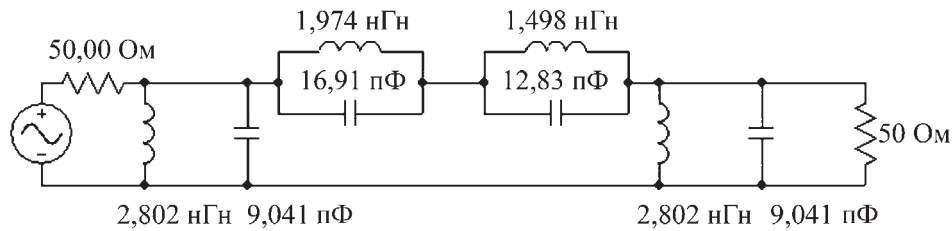


Рис. 3. Прототип фильтра, синтезированный программой фирмы Nuhertz Technologies (США)

$$K = \frac{1,366 \cdot 10^9 f^5 + 1,12 \cdot 10^{29} f^3 + 2,129 \cdot 10^{48} f}{f^6 + 3,058 \cdot 10^9 f^5 + 1,222 \cdot 10^{20} f^4 + 2,456 \cdot 10^{29} f^3 + 4,823 \cdot 10^{39} f^2 + 4,767 \cdot 10^{48} f + 6,153 \cdot 10^{58}}$$

и модуля коэффициента передачи

$$|S_{21}| = 20 \log_{10}(\text{abs}(K)).$$

Обмен данными между векторным анализатором цепей и модулем ИУ реализован с использованием технологии сигналы/слоты. По запросу (сигналу) измерительного прибора ИУ («черный ящик» [6, 10]) принимает его, используя соответствующий слот, вычисляет для полученного значения частоты значение модуля коэффициента передачи $|S_{21}|$ и, вызвав соответствующий сигнал модуля ИУ, возвращает его анализатору для прорисовки на экране индикатора. Пользователю предоставляется соответствующий интерфейс и возможности для проведения всех необходимых измерений (см. рис. 2).

Таким образом, в процессе выполнения лабораторной работы пользователь научится изменять положение характеристики фильтра на экране прибора, используя функции масштабирования, выбирать оптимальную полосу обзора, использовать для измерения характеристики фильтра маркеры, измерительную линию и встроенные функции векторного анализатора цепей. Представленная компьютерная модель прибора может быть интегрирована в ранее созданную виртуальную СВЧ-лабораторию [6, 7].

Заключение

Показан общий подход к построению компьютерных моделей приборов и устройств, создана и включена в состав измерительной лаборатории модель векторного анализатора цепей ZVA 40 фирмы Rohde&Schwarz (Германия). Компьютерная модель измерительного прибора с точки зрения пользовательского интерфейса идентична реальному устройству. Интеграция нового прибора в состав СВЧ-лаборатории расширяет ее функциональные возможности по изучению устройств СВЧ-диапазона. Данный программный продукт может быть исполь-

зован при реализации образовательных программ и поддержке очного, заочного, дистанционного и электронного обучения.

Библиографический список

1. **Матлин А. О., Фоменков С. А.** Модель виртуальной лабораторной работы в автоматизированной системе создания интерактивных средств обучения // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2012. № 9. С. 56 – 59.
2. **Web-Based 3D Interactive Virtual Control Laboratory Based on NCSLab Framework / W. Hu et al.** // International Journal of Online Engineering. 2014. V. 10, N 6. P. 10 – 18.
3. **Muniasamy V., Ejalani I. M., Anandhavalli M.** Moving Towards Virtual Learning Clouds from Traditional Learning: Higher Educational Systems in India // International Journal of Emerging Technologies in Learning. 2014. V. 9, N 9. P. 70 – 76.
4. **Грибова В. В., Федорищев Л. А.** Обучающие виртуальные системы и средства их создания // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2012. № 3. С. 48 – 51.
5. **Kalantzopoulos A., Zigouris E.** Online Laboratory Sessions in System Design with DSPs using the R-DSP Lab // International Journal of Online Engineering. 2014. V. 10, N 4. P. 4 – 12.
6. **Компьютерное моделирование приборов и устройств для виртуальных лабораторных работ / Д. С. Губский и др.** // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2014. № 3. С. 38 – 42.
7. **Gubsky D. S., Zemlyakov V. V., Mamay I. V.** The Modern Approach to Virtual Laboratory Workshop // International Journal of Online Engineering. 2014. V. 10, N 2. P. 56 – 59.
8. **Создание виртуальных лабораторных работ / Д. С. Губский и др.** // Дистанционное и виртуальное обучение. 2013. № 9. С. 19 – 25.
9. **Object-Oriented Approach to Software Implementation of Virtual Laboratory Workshop / D. S. Gubsky et al.** // Proc. of IEEE East-West Design & Test Symposium

(EWDTS'2013). Rostov-on-Don, Russia, September 27 – 30, 2013. P. 239 – 242.

10. Gubsky D. S., Mamay I. V., Zemlyakov V. V. Virtual Laboratory for Microwave Devices // Progress In Electromagnetics Research Symposium (PIERS). Stockholm, Sweden, Aug. 12 – 15, 2013. P. 527 – 530.

11. Антенны и устройства СВЧ [Электронный ресурс] // Виртуальная лаборатория. URL: <http://www.virtlab.sfedu.ru> (дата обращения: 15.09.2015).

12. The Best in Filter Design Software [Электронный ресурс] // Nuhertz Technologies: офиц. сайт. URL: <http://www.nuhertz.com/> (дата обращения: 15.09.2015).

References

1. Matlin A. O., Fomenkov S. A. (2012). Model of a virtual laboratory work in the automated system of interactive learning tools creation. *Vestnik komp'iuternykh i informatsionnykh tekhnologii*, (9), pp. 56-59.

2. Hu W. et al. (2014). Web-based 3D interactive virtual control laboratory based on NCSLab framework. *International Journal of Online Engineering*, 10(6), pp. 10-18. doi: 10.3991/ijoe.v10i6.3845

3. Muniyasamy V., Ejalani I. M., Anandhavalli M. (2014). Moving towards virtual learning clouds from traditional learning: higher educational systems in India. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. 9(9), pp. 70-76. doi: 10.3991/ijet.v9i9.4183

4. Gribova V. V., Fedorishchev L. A. (2012). Virtual learning environment and tools for its development. *Vestnik komp'iuternykh i informatsionnykh tekhnologii*, (3), pp. 48-51.

5. Kalantzopoulos A., Zigouris E. (2014). Online laboratory sessions in system design with DSPs using the R-DSP lab. *International Journal of Online Engineering*. 10(4), pp. 4-12. doi: 10.3991/ijoe.v10i4.3270

6. Gubsky D. S., Zemlyakov V. V., Mamay I. V., Sinyavsky G. P. (2014). Computer simulation of the devices for virtual laboratory works. *Vestnik komp'iuternykh i informatsionnykh tekhnologii*, (3), pp. 38-42, doi: 10.14489/vkit.2014.03.pp.038-042

7. Gubsky D. S., Zemlyakov V. V., Mamay I. V. (2014). The modern approach to virtual laboratory workshop. *International Journal of Online Engineering*, 10(2), pp. 56-59. doi: 10.3991/ijoe.v10i2.3496

8. Gubsky D. S. et al. (2013). Engineering of virtual labs. *Distantionnoe i virtual'noe obuchenie*, (9), pp. 19-25.

9. Gubsky D. S. et al. (2013). *Object-oriented approach to software implementation of virtual laboratory workshop*. Proc. of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013). Rostov-on-Don, Russia, September 27 – 30, pp. 239-242.

10. Gubsky D. S., Mamay I. V., Zemlyakov V. V. (2013). *Virtual laboratory for microwave devices*. Progress In Electromagnetics Research Symposium (PIERS). Stockholm, Sweden, Aug. 12-15, pp. 527-530.

11. *Antennas and microwave devices*. Virtual Lab. Available at: <http://www.virtlab.sfedu.ru> (Accessed: 15.09.2015).

12. *The best in filter design software*. Nuhertz Technologies: official site. Available at: <http://www.nuhertz.com/> (Accessed: 15.09.2015).

Статья поступила в редакцию 20.05.2015 г.



Шелихов Г.С.

МАГНИТОПОРОШКОВАЯ ДЕФЕКТОСКОПИЯ

Под ред. В.В. Клюева. – М.: Издательский дом «Спектр», 2010. – 336 с.: ил. ISBN 978-5-904270-29-2

Цена (с НДС 10%) – 500 руб.

Описаны технологические операции магнитопорошкового контроля. Приведены методики контроля конкретных деталей, расшифровки индикаторных рисунков дефектов, образуемых осаждением порошка над различными дефектами. Рассмотрены схемы и фотографии индикаторных рисунков мнимых дефектов и даны способы их расшифровки. Указаны области применения и технические характеристики дефектоскопов и приборов. Приведены примеры расчетов режимов намагничивания деталей, соответствующие требованиям стандарта по магнитопорошковой дефектоскопии.

Для специалистов промышленности, работников служб контроля, эксплуатации и ремонта, а также для специалистов, обслуживающих медицинскую и таможенную технику, может быть полезна преподавателям и студентам вузов.

ООО «Издательский дом «Спектр», 119048, Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1

Заявки принимаются по почте, по телефону или по e-mail: info@idspektr.ru, idezakaz@rambler.ru

Контактные телефоны: (495) 514-26-34, 514-76-50. Подробная информация на сайте www.idspektr.ru