

ОБЛАЧНЫЕ WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ

Ушакова Н.Ю.¹, Быковская Л.В.¹

¹ ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, e-mail: olaa56@mail.ru

При отсутствии возможности работать в лабораториях учебных заведений в процессе обучения студентов вузов используются виртуальные лаборатории – симуляторы электрических цепей. Целью проведенного исследования являлось определение на основании анализа функциональных возможностей и практической апробации облачных web-приложений наиболее оптимального приложения для организации виртуального лабораторного практикума по электротехнике при реализации образовательного процесса в дистанционной форме в высших учебных заведениях. В целях достижения поставленной цели были проанализированы и экспериментально апробированы программы для имитационного моделирования электрических цепей и электронных устройств; сформулированы необходимые критерии выбора, предъявляемые к симуляторам, которые могут быть использованы в учебном процессе при изучении курса электротехники. Для выполнения виртуальных лабораторных работ по электротехнике студентами при дистанционной форме обучения наиболее оптимальным определен симулятор Multisim Live как обладающий большими возможностями по анализу работы электрической цепи, доступный с любого цифрового устройства и предназначенный в первую очередь для учебных целей. Полученные в ходе исследования результаты могут быть использованы в учебном процессе высших учебных заведений преподавателями курсов «Теоретические основы электротехники», «Электротехника и электроника».

Ключевые слова: моделирование, электрическая цепь, электрическая схема цепи, симулятор электроцепи, дистанционное изучение электротехники, виртуальный лабораторный практикум, студент, вуз.

ON THE PRACTICE OF USING SPECIALIZED CLOUD WEB APPLICATIONS IN ELECTRICAL ENGINEERING DISCIPLINES

Ushakova N.Yu.¹, Bykovskaya L.V.¹

¹ FGBOU VO «Orenburg State University», Orenburg, e-mail: olaa56@mail.ru

In the absence of the opportunity to work in the laboratories of educational institutions, virtual laboratories – simulators of electrical circuits are used in the process of training university students. The purpose of the study was to determine, based on the analysis of the functionality and practical testing of cloud Web applications, the most optimal application for organizing a virtual laboratory workshop in electrical engineering when implementing the educational process in a remote form in higher educational institutions. To achieve this goal, we analyzed and experimentally tested programs for simulating electrical circuits and electronic devices; formulated the necessary selection criteria for simulators that can be used in the educational process when studying the course of electrical engineering. For performing virtual laboratory work in electrical engineering by students with distance learning, the Multisim Live simulator is the most optimal, as it has great capabilities for analyzing the operation of the electrical circuit, accessible from any digital device and intended primarily for educational purposes. The results obtained in the course of the study can be used in the educational process of higher educational institutions by teachers of the courses «Theoretical Foundations of Electrical Engineering», «Electrical Engineering and Electronics».

Keywords: simulation, electric circuit, electric circuit diagram, electric circuit simulator, remote study of electrical engineering, virtual laboratory workshop, student, university.

Компьютерное имитационное моделирование – один из основных методов исследования физических объектов, который применяется в случаях, когда проведение натурального эксперимента невозможно или связано со значительными материальными затратами. При изучении курсов «Теоретические основы электротехники» и «Электротехника и электроника» в Оренбургском государственном университете (ОГУ) имитационное моделирование на протяжении последних лет использовалось в основном как дополнение к

традиционному физическому моделированию на лабораторных стендах с реальным оборудованием или для верификации теоретических расчетов. Такой комбинированный подход позволял существенно расширить программу экспериментов и наиболее полно сформировать у студентов компетенции, заложенные в рабочих программах этих дисциплин [1]. В качестве основных программ моделирования электрических цепей использовались лицензионные Electronics Workbench (EWB) и NI Multisim.

Однако в 2020 г. в связи с ограничительными мерами лабораторные работы пришлось срочно полностью переводить в дистанционный формат. «При отсутствии возможности работать в лабораториях учебного заведения, в практической подготовке обучающихся используются удаленные виртуальные лаборатории, позволяющие без прямого взаимодействия с преподавателем моделировать поведение реальных объектов в компьютерной среде» [2].

В связи с переходом на дистанционное обучение стал актуальным вопрос выбора программ схемотехнического моделирования (симуляторов), которые можно было рекомендовать студентам для использования дома на личных цифровых устройствах. Приоритет отдавался свободно распространяемым программам. При выборе программы необходимо было принять во внимание и многообразие технических характеристик домашних устройств, используемых в дистанционном обучении, и различия в способности и готовности студентов разных направлений подготовки к быстрому освоению незнакомых для них программных продуктов, и легкость адаптации к новым симуляторам имеющегося методического обеспечения.

Из широкого спектра предлагаемых разработчиками программ – симуляторов работы электрических и электронных цепей для использования в виртуальном лабораторном практикуме по электротехнике авторами был отобран для апробации ряд программ, которые работают в режиме онлайн в облачных сервисах и не требуют установки на стационарный компьютер. Такой выбор был обусловлен преимуществами, которые имеют облачные приложения:

- не зависят от технических характеристик и операционной системы используемого цифрового устройства;
- не требуют установки каких-либо дополнительных программ и библиотек, для работы необходимы только браузер и доступ в Интернет;
- позволяют моделировать схемы и выполнять симуляцию без привязки к конкретному месту работы и устройству;
- поддерживают автоматическое обновление библиотеки элементов и самой программы;

– предоставляют возможность использовать схемы, смоделированные другими пользователями;

– обеспечивают оперативную техническую поддержку и связь с разработчиками системы.

Однако следует отметить, что, несмотря на явные достоинства, применение таких программ в образовательном процессе по электротехнике пока нельзя назвать массовым. Большая часть научных публикаций и учебных изданий по программам схемотехнического моделирования либо рассматривают в основном стационарные версии симуляторов, либо носят чисто обзорный характер [3, 4]. Поэтому анализ особенностей применения облачных web-приложений в виртуальных лабораторных практикумах с учетом специфики проведения лабораторных экспериментов в области электротехники является достаточно актуальным.

Цель исследования. На основании анализа функциональных возможностей и практической апробации облачных web-приложений определить наиболее оптимальное приложение для организации виртуального лабораторного практикума по электротехнике при реализации образовательного процесса в дистанционной форме.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи.

1. Сформулирован комплекс критериев выбора, которым должны отвечать симуляторы, используемые при изучении курса электротехники.

2. Проанализированы и экспериментально апробированы в учебном процессе онлайн-программы схемотехнического моделирования электрических цепей и электронных устройств DcAcLab, EveryCircuit, TinaCloud, Circuit Simulator Applet, PartSim, EasyEDA, Multisim Live.

3. Определены бесплатные программы, которые, по мнению авторов, наиболее целесообразно использовать в виртуальных лабораторных практикумах по электротехнике.

Результаты исследования и их обсуждение. Лабораторные работы являются необходимой частью освоения электротехники. Обучающиеся, проводя эксперименты, подтверждают неразрывную связь теории с практикой, учатся работать с электроизмерительным оборудованием, приобретают практические навыки по сборке электрических схем и простейших электронных устройств. На основании проведенных экспериментов студенты на практике убеждаются в справедливости законов электротехники, анализируют и систематизируют результаты.

Формирование аналогичных умений и навыков должны обеспечить и виртуальные лабораторные работы по электротехнике. Критерии выбора, предъявляемые к облачным программам-симуляторам, используемым в курсе электротехники, можно условно разделить на две группы. Первая группа – это общие системные требования, которые обусловлены

особенностями дистанционного обучения и могут быть предъявлены к программному обеспечению для виртуального лабораторного практикума в любой дисциплине. Программа должна:

- быть бесплатной или условно бесплатной;
- не зависеть от операционной системы и ресурсов личного цифрового устройства;
- иметь понятный и по возможности русифицированный интерфейс;
- предоставлять возможность работы с любого цифрового устройства (стационарного или мобильного);
- иметь простое и доступное руководство по ее использованию.

Вторая группа – это специфические требования, обусловленные особенностями проведения экспериментальных исследований и организации учебного процесса в конкретной дисциплине. В лабораторном практикуме по электротехнике такими требованиями являются:

- наличие минимально необходимого набора элементов для проведения экспериментов по всем разделам электротехники;
- возможность изменения конфигурации и параметров элементов схемы;
- наличие измерительных приборов, визуально близких к реальным аналогам;
- возможность интерактивного управления экспериментом непосредственно в процессе симуляции;
- возможность выбора типа симуляции в зависимости от исследуемой задачи;
- возможность получения графических зависимостей исследуемых токов и напряжений.

К наиболее популярным и часто упоминаемым в различных источниках онлайн-симуляторам, которые можно использовать в виртуальных лабораторных работах по электротехнике для имитационного моделирования, можно отнести DcAcLab, EveryCircuit, TinaCloud, Circuit Simulator Applet, PartSim, EasyEDA, Multisim Live. Рассмотрим кратко функционал и особенности каждого из них с учетом соответствия сформулированным выше требованиям.

Несмотря на разнообразие интерфейса, функциональных возможностей, используемого языка программирования, библиотек элементов, у этих программ достаточно много общего. В качестве вычислительного ядра почти во всех программных продуктах применяются различные модификации программы SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis).

DcAcLab (<https://dcaclab.com>) – облачный, простой в использовании симулятор, имеет интерфейс, приближенный к реальной плате для сборки схемы, 3D-вид компонентов. Набор идеализированных элементов ограничен, достаточен только для начального этапа изучения

электротехники, позволяет проводить динамический анализ, демонстрирует анимированное протекание токов в ветвях схемы. Главным недостатком является то, что программа – условно бесплатная. Свободная онлайн-версия на официальном сайте позволяет собрать только демосхему, в которой невозможны изменения параметров элементов, а функции мультиметра и осциллографа ограничены.

EveryCircuit (<http://everycircuit.com/app>) – онлайн-симулятор с эффектной графикой, имеет понятные интерфейс и методику сборки схемы, но очень простым его назвать нельзя. Предлагает на сайте банк примеров и предварительно разработанных схем. Помимо онлайн-версии, EveryCircuit имеет мобильные версии для Android и iOS, что является удобным для студентов при отсутствии компьютера. Расширенная версия симулятора, необходимая для полноценной работы, требует регистрации и оплаты.

TinaCloud (<https://www.tina.com/tinacloud>) – мультиязычная (включая и русский язык) облачная онлайн-версия популярного программного обеспечения Tina. Предоставляет достаточно широкие возможности моделирования и симуляции схем, большинство функций TinaCloud очень похожи на автономную версию Tina. Программа платная, бесплатно на официальном сайте доступна только ее демоверсия.

Из бесплатных симуляторов наиболее простой для освоения можно назвать Circuit Simulator Applet (<http://falstad.com/circuit>) – одну из первых программ-симуляторов. Моделировать электрические схемы возможно онлайн, интерфейс возможен на русском языке [5]. Элементы выбирают из текстовых меню. Кнопки с условными обозначениями отсутствуют, соответственно увеличивается время сборки схемы. Параметры элементов можно изменять. Симуляция сопровождается цветовыми анимациями и графиками с осциллограммами напряжения. К недостаткам программы, помимо неудобства сборки и редактирования схем, следует отнести сложность сохранения пользователем своих разработок.

Бесплатный симулятор PartSim (<https://www.partsim.com/simulator>) ориентирован на автоматизированную разработку и моделирование электронных схем с реальными компонентами. Программа не русифицирована, носит явно маркетинговый характер, так как адаптирована под элементную базу электронных деталей с конкретными характеристиками, которые предоставляет партнер компании-разработчика. Для использования в виртуальных лабораторных работах по электротехнике программа не совсем удобна.

EasyEDA (<https://easyeda.com>) – кроссплатформенное свободное приложение, которое сегодня возглавляет топ-10 онлайн-систем автоматизации электронного проектирования EDA (electronic design automation). Поддерживает русский язык. Имеет обширную, постоянно обновляемую элементную базу (более 200 000 промышленных компонентов), представляется

разработчиками как «простой и мощный онлайн инструмент для проектирования печатных плат». Имеет также настольную версию. Позволяет импортировать файлы в другие симуляторы и программы, создавать после проверки работоспособности цепи печатные платы, заказывать их изготовление. Как редактор схем и симулятор EasyEDA на первый взгляд представляется слишком сложным, но осваивается студентами очень быстро и при соответствующем методическом обеспечении может быть рекомендован для использования в виртуальных лабораториях электротехники.

Multisim Live (<https://www.multisim.com>) – это облачный симулятор, разработанный сравнительно недавно американской компанией National Instruments. Для работы требуется регистрация на сайте программы, все модели цепей хранятся в облаке на сайте разработчика и доступны для всех пользователей. Multisim Live имеет бесплатную и платную (Premium) версии. Бесплатная версия отличается от коммерческой меньшей элементной базой, ограничением при сборке схемы 25 компонентами (измерительные приборы в это число не входят), невозможностью сохранить свои схемы в приватном режиме и создать группы, числом типов моделирования. Моделирование в Multisim Live осуществляется подобно EWB или NI Multisim. К схемам можно получить доступ на любом компьютере или мобильном устройстве и поделиться ими из любого поддерживаемого браузера. Пакет только англоязычный. Присутствует раздел «Help», где кратко описаны возможности всех компонентов, особенности моделирования в Multisim Live. По сравнению с традиционным Multisim данная версия имеет ограниченный набор элементов и инструментов, подключения амперметров, вольтметров визуально далеки от реального включения приборов в цепь. Подключение осуществляется через зонды. Диалоговые окна приборов объемные, с большим числом параметров, что затрудняет настройку работы цепи. В то же время предлагаемый набор элементов позволяет провести полный курс лабораторных работ по электротехнике. Отличительным достоинством является наличие виртуальных моделей электрических машин.

В диалоговых окнах приборов показаны мгновенное значение, которое непрерывно изменяется в процессе симуляции, затем действующее значение. На экране можно установить три режима: только схема, только графические зависимости или сочетание того и другого. В отличие от реального прибора осциллографа, на экране можем наблюдать кривую изменения тока в ветви. Если навести курсор на какую-либо точку на кривой, то высвечивается численное значение. Результаты моделирования могут экспортироваться из программы в виде файлов-рисунков.

Результаты сравнительного анализа облачных web-приложений для организации лабораторных работ по электротехническим дисциплинам представлены в таблице.

Критерии выбора	Симулятор электроцепи						
	DcAcLab	Every Circuit	Tina Cloud	Circuit Simulator Applet	Part Sim	Easy EDA	Multisim Live
Бесплатное использование	демоверсия	—	демоверсия	+	+	+	+
Русифицированный интерфейс	+	—	—	+	—	+	—
Работа на стационарном и мобильном ЦУ	+	+	+	+	+	+	+
Наличие руководства	+	+	+	—		+	+
Наличие необходимого набора элементов	ограничен	ограничен	+	ограничен	ограничен	+	+
Возможность изменения конфигурации и параметров элементов	+	ограничена	+	+	ограничена	+	+
Наличие визуальных измерительных приборов	+	—	—	—	—	+	—
Возможность интерактивного управления экспериментом	+	+	+	+	+	+	+
Возможность выбора типа симуляции	+	+	+	+	+	+	+
Возможность получения графических зависимостей	+	+	+	+	+	+	+

По результатам апробации и совокупности критериев выбора наиболее полно предъявляемым требованиям отвечает онлайн-симулятор Multisim Live, который можно рекомендовать для использования в курсе электротехники. На сегодняшний день на кафедре АЭПЭМ и ЭТ Оренбургского государственного университета успешно разработаны и внедрены в учебный процесс виртуальные лабораторные работы в Multisim Live и соответствующее методическое обеспечение по всем основным разделам электротехники: линейные и нелинейные электрические цепи постоянного и синусоидального тока, трехфазные цепи, переходные процессы.

Заключение. Таким образом, в результате проведенной работы:

1. разработан комплекс критериев выбора виртуальных программ-симуляторов, учитывающий специфику проведения лабораторных экспериментов в электротехнических дисциплинах в условиях дистанционного обучения;
2. экспериментально определены функциональные возможности и особенности применения в виртуальных лабораторных работах по электротехнике облачных симуляторов DcAcLab, EveryCircuit, TinaCloud, Circuit Simulator Applet, PartSim, EasyEDA, Multisim Live;

3. обосновано использование бесплатного облачного приложения Multisim Live в качестве основной программы для организации виртуального лабораторного практикума по электротехнике при реализации учебного процесса в дистанционном режиме.

Список литературы

1. Зубова Н.Ф. Повышение уровня сформированности профессиональных компетенций студентов технических специальностей средствами компьютерного моделирования // Молодой ученый. 2018. № 50 (236). С. 332-334.
2. Гурина И.А., Медведева О.А., Шпак О.В. Дистанционная виртуальная лаборатория в современном образовании инженера // Современные проблемы науки и образования. 2020. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=30285> (дата обращения: 29.05.2021).
3. Лебедева С.В., Мерзляков В.И. Об особенностях использования программных пакетов в технических дисциплинах // Проблемы использования и инновационного развития внутренних водных путей в бассейнах великих рек: Труды международного научно-промышленного форума. Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2016. С. 32.
4. Спиридонов С.Б., Постников В.М. Сравнительный анализ и ранжирование пакетов программ схемотехнического моделирования // Вестник Евразийской науки. 2018. № 3. [Электронный ресурс]. URL: <http://esj.today/PDF/33ITVN318.pdf> (дата обращения: 29.05.2021).
5. Ушакова Н.Ю. Выбор симулятора электроцепи для виртуальных лабораторных работ по электротехнике // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции (г. Оренбург, 2020 г.). Оренбург: Издательство Оренбургского государственного университета, 2020. С. 2863-2866.