

## **Опыт выполнения виртуальных лабораторных работ в учебном процессе по ТОЭ**

**Денник В.Ф., Корощенко А.В., Черноус В.П.**  
Донецкий национальный технический университет

The experience of elaboration and application of the virtual laboratory works on the subject "Theoretical fundamental of electrical engineering" to studies is set out. Shown are the benefits of realization of such laboratory works as well as imperfections discovered. Drawn is a conclusion about their effectiveness and expediency of further elaboration and application to studies.

Дисциплина «Теоретические основы электротехники» (ТОЭ) по ряду причин является одной из сложных для студентов специальностей электротехнического профиля и в то же время чрезвычайно важной, поскольку она является базой и фундаментом, на котором строится всё здание знаний будущего инженера-электрика [1]. И этот фундамент должен быть прочным. Поэтому любое нововведение, направленное на более эффективное освоение студентами этой дисциплины, заслуживает повышенного внимания и распространения.

Лабораторные работы имеют большое значение для дисциплин, которые могут быть объединены понятием «Теоретическая электротехника». Это «Теоретические основы электротехники», «Теория электрических и магнитных цепей», «Теория электромагнитного поля» и ряд других. Выполняя лабораторные работы, студенты не только проверяют и закрепляют знание теоретических положений, изложенных на лекциях, но и получают возможность воочию познакомиться с основными видами электрооборудования (реостаты, катушки индуктивности, конденсаторы и т.д.), приобретают весьма важные практические навыки работы с электрическими цепями (сборка электрических схем, порядок их включения, правильное определение показаний измерительных приборов и т.д.). Выполнение большинства лабораторных работ сопряжено и с проработкой методов расчета электрических схем. По указанным причинам в учебных планах вышеуказанных дисциплин выделяется от 30 до 50% от общего числа часов аудиторных занятий на выполнение лабораторных работ.

Лаборатории, в которых студенты выполняют работы, требуют достаточно больших площадей, сложного и дорогостоящего оборудования, а также контрольно-измерительных приборов и комплексов. Так, кафедра электромеханики и ТОЭ располагает 6 лабораториями общей площадью около 600 м<sup>2</sup>, а перечислить их оборудование в рамках данной работы не представляется возможным. Вместе с тем, эти лаборатории и их оборудование не дают возможности охватить лабораторными работами все разделы, входящие в дисциплины, о которых идет речь, и по которым хотелось бы иметь лабораторные работы. Более того, по некоторым разделам этих дисциплин таким как «Линии с распределенными параметрами», «Высоковольтные линии электропередачи», «Теория переменного электромагнитного поля» и др. организовать физические лабораторные стенды практически невозможно.

Появившаяся в последнее время возможность широкого использования ПЭВМ открывает новые перспективы в вопросе о наполнении учебного процесса достаточным количеством качественных лабораторных работ, не используя большого количества дорогостоящего оборудования. Это так называемые виртуальные лабораторные работы, представляющие собой по сути дела математические модели физических лабораторных стендов и реальных электрических устройств. Для их организации требуются лишь компьютеры и соответствующее программное обеспечение, а необходимость наличия сложного и дорогостоящего электрооборудования отпадает.

По курсу ТОЭ лабораторные работы выполняются в трёх лабораториях кафедры, причем две из них являются идентичными и работы в них выполняются по одним и тем же «Методическим указаниям к выполнению лабораторных работ по курсу «Теоретические основы электротехники» (для студентов всех форм обучения). Часть 1 и часть 2/ Сост.: В.А.Эсауленко, В.Ф.Денник, Н.П.Рыбалко.- Донецк: ДПИ, 1990. Именно эти методические указания взяты за основу и в качестве первоисточника при разработке программного обеспечения виртуальных лабораторных работ по ТОЭ.

Программное обеспечение для выполнения виртуальных лабораторных работ разработано в системе MathCad, которая имеет следующие преимущества по сравнению с другими системами и языками программирования [3,4].

1. Математические выражения, в отличие от большинства языков программирования, имеют привычный вид, принятый в курсах математики и ТОЭ.
2. Графические возможности этой системы, не являясь трудоёмкими, позволяют наглядно представлять графики, векторные и волновые диаграммы исследуемых процессов.
3. Имеется возможность получения анимационных эффектов.

Всё это позволяет несколько по-другому взглянуть на методику проведения лабораторных работ по ТОЭ. На наш взгляд использование ПЭВМ для проведения лабораторных работ, кроме преимуществ,

указанных выше, позволяет существенно повысить обучающую функцию последних, укреплять знания по таким «труднодоступным» разделам курса ТОЭ как: аварийные режимы в трёхфазных цепях, стоячие волны в длинных линиях, распределение полей потенциалов и напряженностей в высоковольтных линиях электропередачи и др.

Большинство виртуальных лабораторных работ разработано согласно инструкциям, приведенным в [2], сохранено их название и им присвоены те же номера. При их разработке на первый план ставилась обучающая функция лабораторных работ. Поэтому мы отказались от принципа: введи свои исходные данные – получи результат. При выполнении лабораторных работ студент должен сам составить уравнения, определяющие состояние цепи, или ввести формулы расчета требуемых величин (по памяти или по литературным данным), сам строить векторные диаграммы и графики (или самостоятельно организовывать построение графиков компьютером). Из этого вытекает, что для успешного выполнения работы студент должен быть предварительно подготовленным. Таким образом, при выполнении этих работ на плечи ПЭВМ ложится в основном лишь вычислительная работа, которую она выполнит безошибочно, а всю интеллектуальную часть работы выполняет студент, закрепляя при этом знания, полученные на лекциях. Поскольку студент освобождается от трудоёмких вычислений, то это приводит к существенному уменьшению времени выполнения работы и особенно времени на оформление отчета по ней.

С учетом высказанных соображений нами разработаны программы выполнения следующих виртуальных лабораторных работ: № 2, № 3-4, № 7, № 11, № 12, № 13 и № 15. Кроме того, разработаны программы выполнения новых виртуальных лабораторных работ, аналогов которым в [2] нет и реализовать выполнение которых на физических стендах невозможно. Это виртуальные лабораторные работы: № 26 «Исследование зависимости энергетических показателей трёхфазной длинной ЛЭП при изменении напряжения и мощности её нагрузки», № 27 «Исследование электрического поля высоковольтной трёхфазной ЛЭП», № 28 «Исследование электрического поверхностного эффекта в плоской проводящей шине» и № 29 «Исследование электрического поверхностного эффекта в проводнике кругового сечения». В стадии разработки находятся программы выполнения еще ряда виртуальных лабораторных работ.

Опробование виртуальных лабораторных работ прежде всего произведено преподавателями кафедры электромеханики и ТОЭ. Они подтвердили работоспособность всех разработанных программ. Для оценки предполагаемых затрат времени на выполнение виртуальных лабораторных работ и оформление отчетов по ним была выбрана работа № 3-4, которая по общему мнению преподавателей является наиболее трудоёмкой. Работу выполняли: ст. пр. Фурсов В.И., опытейший преподаватель ТОЭ, но совершенно не имеющий опыта работы в системе MathCad, асс. Немолякина Л.Г., опытный преподаватель ТОЭ, имеющий удовлетворительный опыт работы в системе MathCad, и асс. Малеев Д.М., хорошо владеющий системой MathCad, но преподающий ТОЭ только один год. Все они выполнили виртуальную лабораторную работу № 3-4 и оформили по ней отчет на специальном бланке, разработанном на кафедре ТОЭ. Затраты времени на выполнение работы и оформление отчета по ней составили: у ст.пр.Фурсова В.И. – 1 час 50 мин, у асс. Немолякиной Л.Г. – 1 час 05 мин, у асс. Малеева Д.М. – 1 час 20 мин. Студенты, выполняя эту же работу на физическом стенде, затрачивают не менее 1 часа 20 мин, плюс еще на оформление отчета по планам отводится 2 часа, а фактически бывает и несколько больше. Приведенные данные свидетельствуют о возможном существенном уменьшении времени на выполнение лабораторных работ и оформление отчетов по ним, если их выполнять как виртуальные.

Опробовано выполнение некоторых виртуальных лабораторных работ и студентами. Так, студенты гр. СПУ-00 выполняли виртуальные лабораторные работы № 3-4, № 11 и № 12. Причем отчетом по этим работам были их личные наработки на компьютере, т.е. отчет был не на бумаге, а в электронном варианте. За двухчасовое занятие большинство студентов этой группы успевало в полном объеме выполнить эти работы (отчет – в электронном варианте). Студенты гр. ЭС-00 и ЭсиС-00 выполняли виртуальную лабораторную работу № 27, и также за двухчасовое занятие большинство студентов этих групп успевало в полном объеме выполнить эту работу (отчет – в электронном варианте).

С примерами отчетов по виртуальным лабораторным работам можно ознакомиться в [5].

По опыту проведения виртуальных лабораторных работ преподаватели выявили ещё ряд их положительных качеств по сравнению с работами на физических стендах: полученные результаты обладают большей наглядностью (красочные графики, компьютерные картинки, анимационные эффекты и т.д.), имеют значительно более высокую точность из-за отсутствия погрешностей измерений приборами и отсутствия отклонений параметров элементов цепи от номинальных значений и др.

Не следует сбрасывать со счетов и увлечение студентов компьютерной техникой и использовать его для повышения эффективности освоения курса ТОЭ.

При внедрении виртуальных лабораторных работ в учебный процесс обнаружился целый ряд трудностей, а именно:

- Явно недостаточный парк компьютеров в дисплейном классе кафедры ТОЭ (6 единиц), не позволяющий эффективно (по одному студенту за компьютером) выполнять работы даже половиной группы.
- Очень трудно согласовать расписание занятий студентов с расписанием работы дисплейного класса.

- У многих студентов очень мало (а то и совсем нет) навыков работы в системе MathCad и много времени уходит на обучение их этим навыкам. Это приводит к значительному увеличению времени выполнения первых виртуальных лабораторных работ.

Результатом этих недостатков является тот факт, что широкое внедрение в учебный процесс виртуальных лабораторных работ в настоящее время неосуществимо.

На кафедре ТОЭ в качестве эксперимента было предложено студентам, имеющим домашний компьютер, выполнять виртуальные лабораторные работы дома и отчет по ним представлять в электронном варианте. К нашему удивлению на это предложение откликнулось мало студентов, имеющих домашний компьютер. Причем среди откликнувшихся наибольший интерес вызвала именно возможность представления отчета в электронном варианте. Больше всего на это предложение откликнулись студенты факультета КИТА (гр. ПЭ-01а,б). Следует заметить, что качество отчетов у этих студентов оказалось на достаточно высоком уровне.

Следует указать также отношение преподавателей дисциплины ТОЭ к виртуальным лабораторным работам. В целом оно положительное, однако все они сошлись во мнении, что виртуальные лабораторные работы нужно проводить в разумном комбинировании с работами на физических стендах. Выполнение же только виртуальных лабораторных работ из-за оторванности студентов от реальных объектов приведет к обеднению учебного процесса, к частичной потере тех положительных качеств, которые дает выполнение работ на физических стендах.

## ВЫВОДЫ

1. В системе MathCad разработаны программы-задания на выполнение 8 виртуальных лабораторных работ, аналогичных работам, выполняемым на физических стендах, и 4 программы-задания на выполнение вновь разработанных работ, которые выполнять на физических стендах невозможно.

2. Опробование наиболее трудоёмкой виртуальной лабораторной работы преподавателями ТОЭ показало возможность значительного сокращения времени на её выполнение и особенно на оформление отчета по ней. Это же подтверждено результатами выполнения ряда виртуальных лабораторных работ студентами, правда при условии оформления отчета по работе в электронном варианте.

3. Многие из разработанных виртуальных работ внедрены в учебный процесс и успешно выполняются.

4. Накопленный опыт выполнения виртуальных лабораторных работ выявил такие их положительные стороны:

а) их проведение способствует более глубокому усвоению теоретического материала и уяснению физической сущности процессов, происходящих в электрических устройствах;

б) существенно расширяется возможность индивидуализации выполнения работ в отличие от их выполнения на физических стендах, которые выполняются бригадами по 3-4 студента;

в) по некоторым разделам курса ТОЭ лабораторные работы возможны только в виде виртуальных;

г) отпадает необходимость в наличии сложного и дорогостоящего оборудования для организации физических лабораторных стендов.

5. Положительные результаты дал эксперимент, когда студенты выполняли виртуальные лабораторные работы дома и представляли отчеты по ним в электронном варианте.

6. Опыт проведения виртуальных лабораторных работ показал целесообразность наличия принтеров для распечатки графиков, рисунков и даже полных отчетов по выполненным работам.

7. Виртуальные лабораторные работы целесообразно проводить в разумном комбинировании с работами на физических стендах.

8. Работу по составлению программ-заданий на выполнение виртуальных лабораторных работ и внедрению их в учебный процесс целесообразно продолжить.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Основы теории цепей / Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, С.В. Страхов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.

2. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Теоретические основы электротехники» (для студентов всех форм обучения). Часть 1 и часть 2 / Сост.: В.А.Эсауленко, В.Ф.Денник, Н.П.Рыбалко.- Донецк: ДПИ, 1990, 79 с. и 67 с.

3. Дьяконов В.П. Справочник по MathCAD PLUS 7.0 PRO – М.: СК Пресс, 1998. 352 с.

4. Дьяконов В.П., Абраменкова И.В. MathCAD 7.0 в математике, физике и в Internet. – М.: «Нолидж», 1999. – 352 с.

5. Исследование путей совершенствования преподавания курса ТОЭ в современных условиях и внедрение их в учебный процесс. Отчет по НИР М 1-2000. – Донецк: ДонНТУ, 2002, 100с.