

# Модернизация учебно-методического комплекса «Электрические цепи» в НИЯУ МИФИ

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**В.И. Коротеев, Н.Н. Нечаев, А.Е. Новожилов, В.М. Рыжков**

**В электротехнике возникла новая ситуация, связанная с внедрением информационных технологий, которая обусловила необходимость изменения курса «Электрические цепи». Выдвинута парадигма модернизации, определены формы и методы работы в новых условиях, разработана техническая база с включением информационных технологий, начато заполнение образовательного пространства.**

**Ключевые слова:** электротехника, учебная деятельность, образовательное пространство.

**Key words:** electrical engineering, teaching activities, educational space.



**В.И. Коротеев**



**Н.Н. Нечаев**



**А.Е. Новожилов**



**В.М. Рыжков**

Успехи в развитии электроники, некогда отделившейся ветви электротехники, привели к новой ситуации, в которой происходит ее синтез с силовой частью электротехники. За счет более тонкого, интеллектуального управления потоками электромагнитной энергии мы получили возможность подключения широкого круга новых нелинейных нагрузок и расширили сферы применения старых. Так, синтез силовых полупроводниковых ключей с микроконтроллерами обеспечил управляемость асинхронного двигателя, который по всем учебникам считался неуправляемым. Появилась мощная импульсная техника, которая позволила работать при уровне мощностей  $10^{15}$  Вт, в то время как электроника позволяла регистрировать быстротекающие процессы. Образно говоря, современная электротехника переживает обратный переход от переменного тока Николы

Тесла к постоянному току Алессандро Вольта.

Одновременно компьютеризация и информатизация привнесли новые элементы в проектировочную деятельность и очень близкую к ней учебную. Современные программные комплексы позволяют полностью автоматизировать процессы проектирования, моделирования и в ряде случаев изготовления электрических устройств. Разработчик электронных приборов порой видит только дисплей компьютера и готовое изделие.

Критически рассмотрев в этом плане учебный процесс по электротехническим курсам, нам стала очевидна необходимость его глубокой модернизации.

Для этого, прежде всего, нам нужно было выбрать парадигму учебного процесса в качестве путеводной нити.

Современные педагогические подходы к организации учебного про-

цесса в высшей школе предложили нам понятие компетентности, которое они раскрывают как «компетентность – есть реализованная образованность» [1]. Но на утверждении, что «электрический ток есть реализованное напряжение», закон Ома не построишь. Для этого нужно еще понятие среды, по которой проходит ток, или где формируется компетентность и реализуется образованность. И это понятие среды мы нашли у Л.С. Выготского. Он рассматривал понятие социальной ситуации развития, как «своеобразное, специфическое для данного возраста, исключительное, единственное и неповторимое отношение между ребенком и окружающей его действительностью, прежде всего социальной» [2]. В дальнейшем это направление в педагогике и психологии нашло свое развитие в деятельностном подходе, который активно прорабатывался Г.П. Щедровицким и его коллегами [3].

Таким образом, мы в качестве нашей парадигмы можем выбрать понятие учебной деятельности, в основе которой лежит взаимодействие обучаемого со средствами производства. В качестве успешного примера реализации подобной парадигмы можно упомянуть известный факт развития учебного процесса в колонии А.С. Макаренко от столярных мастерских до современного оптомеханического завода [4].

То есть, проще говоря, учебную деятельность студента нужно организовывать так же, как организуется производственная деятельность. Только с небольшим отличием: результаты учебной деятельности студента могут не иметь коммерческой ценности и должны быть максимально освобождены от производственной рутины. Поэтому, прежде всего в основе организации учебного процесса должно лежать самостоятельное решение квазипроизводственных задач с использованием современных средств производства. Объем и тематика таких задач должна быть максимально широкой с разделением на минимальную, среднюю и

успешную успеваемость. Это только в армии зачетное время выставляется по последнему добежавшему бойцу.

Данная парадигма смещает акценты в традиционных формах учебного процесса: лекциях, семинарах, лабораторных и самостоятельных работах. На первое место выдвигается самостоятельная работа по моделированию (проектированию) и анализу (испытаниям) макетов электротехнических устройств. Причем место ее проведения – дома или в лаборатории – определяется только сложностью применяемой аппаратуры. Интернет и WEB-приборы вполне могут организовать рабочее место как специалиста, так и студента вне стен университета. Лекции и семинары получают функции расширенных консультаций по поиску как первичной информации (постановка задачи, изучение накопленного опыта и т.п.), так и вторичной (инструкции по эксплуатации, технические правила, нормативы и т.п.).

Море информационных материалов по электротехнике позволило достаточно быстро сформировать конспекты обзорных лекций в электронном виде, снабдив их слайдами, и выложить их в Интернете. А далее, как говорят в Оксфорде, «please read around the subject and find the explanation/description that is the best for you. Go to the Library!» [5].

Проблему несоответствия содержания количеству выделяемых часов довольно просто решить путем выделения основных и дополнительных тем. А если рассматривать лекции как обзорные консультации, то этой проблемы вообще нет, так как количество выделяемых в учебном плане часов определяет только присутствие лектора в аудитории и никак не затрагивает содержание его лекций. Программа курса теперь определяет учебную деятельность. Наличие исходных материалов 16-часового студенческого курса позволило нам очень быстро сформировать 40-часовой курс в системе повышения квалификации. Но в обоих случаях

отсутствовал блок самостоятельной практической работы, разработка которого оказалась непростым делом.

Прежде всего, нам потребовался четкий механизм организации учебной деятельности, с соответствующей ритмичностью и отчетностью. Студенческий поток из 150 работающих людей - это серьезный производственный коллектив, и обеспечить его работу непросто. Здесь нам помогла существующая в нашем университете система МИФИСТ, более известная как система «moodle» ([ru.wikipedia.org/wiki/Moodle](http://ru.wikipedia.org/wiki/Moodle)).

Организационно самостоятельная работа студентов была разбита примерно на двухнедельные отрезки, объединяемые общей темой и заканчивающиеся контрольным тестом. Полный набор успешно сданных тестов является основой для проставки зачета. Система МИФИСТ позволяет размещать эти тесты в Интернете и проводить их как обучающие, так и контрольные [6]. Здесь следует обратить внимание на то, что вычислительная машина как посредник между студентом и преподавателем обеспечивает прохождение только хорошо сформулированных задач. Это серьезный недостаток, который может быть решен в будущем, но пока не следует забывать про личное человеческое общение. С этой целью мы используем семинары и дополнительные консультации, на которые выносим нетрадиционные задачи и организуем их коллективное решение.

Внутреннее содержание каждой темы (отрезка) должно предусматривать дифференцированный подход, обеспечивающий минимальную, среднюю и успешную успеваемость. Это дает возможность не тормозить успешных студентов, а всем остальным самостоятельно определять траекторию своего развития.

Структурно для каждой темы разрабатывается комплекс заданий – домашнее задание (задачник), расчетное задание по лабораторной работе (математическое моделирова-

ние), лабораторный стенд для аналогового моделирования с описанием, рабочая тетрадь для записи результатов математического и аналогового моделирования, контрольный тест для программированного опроса.

Первым элементом комплекса является домашнее задание, которое состоит из 4 разделов: «Для тех, кто хочет, но не может» - задачи облегченного типа; «Для умников и умниц» - на уровне ведущих университетов; «Для особо одаренных» - задачи повышенной сложности, разработанные на нашей кафедре [7]; «Подготовка к тесту» - задачи, на основе которых создавался контрольный тест. В основу тестов были положены задачи, много лет использовавшиеся нами при программированном опросе, которые отличаются элементарной математикой и не требуют сложных ответов. Как показала практика, большинство студентов затрачивают на 5 задач теста в обучающем режиме от 10 до 60 мин.

Следующим элементом комплекса является расчетное задание по математическому моделированию электрических цепей, которые предполагается исследовать на лабораторном стенде. Это задание основано на значениях компонентов, которые имеются на лабораторном стенде, и состоит также из обязательных и дополнительных задач. Одним из результатов расчетной работы является примерный вид осциллограмм, которые студент получит при аналоговом моделировании. Это обусловлено тем, что в современной электротехнике сигнал, как правило, имеет импульсный характер и его вид во многом определяет решение задачи. И даже в первой теме, в которой изучаются элементарные цепи с гармоническим сигналом, основной упор делается на понимание его фазового сдвига.

Сложная форма сигнала и нелинейность применяемых компонентов приводит к необходимости применения моделирующих вычислительных программ. Для своих задач мы выбрали программу MicroCAP

(www.spectrum-soft.com) только потому, что производитель предлагает свободную студенческую версию в объеме рассчитываемых схем до 50 узлов. Этого вполне достаточно. В качестве альтернативы мы предлагаем также программу Multisim (www.ni.com/multisim), которая имеет очень образный интерфейс и органически связана с большим программным комплексом LabView, используемым на многих профилирующих кафедрах нашего университета. Однако условия ее лицензирования (45 USD для студенческой версии) всё-таки превышают студенческую стипендию, что может вызвать ограничения в ее домашнем применении. В основе своей эти программы мало отличимы и основаны на базовой программе расчёта электрических цепей Spice. Как показала практика, студенты осваивают их без особых трудностей, и, кроме того, по ним есть достаточно обширная учебная литература. Применение этих программ позволило ввести дополнительные задачи, которые довольно сложно реализовать в учебных лабораториях, например индукционный нагрев.

Наиболее сложным, с технической точки зрения, является лабораторный стенд, предназначенный для анализа (аналогового моделирования) схем, где вместо идеальных элементов используются уже реальные компоненты. За основу был принят отработанный принцип стенда «ЭЛЭС», который эксплуатировался нами более 30 лет. Идеология его проста – он является фактически автоматизированным рабочим местом инженера-электронщика. Поэтому в его состав был включен компьютер с пакетом необходимых программ и Интернетом, современный цифровой осциллограф TDS-2002B, позволяющий не только изучать аналоговые сигналы, но и переводить их в цифровую форму с последующей обработкой, а также источник постоянного тока и генератор специальных сигналов (гармонического и импульсного). Для измерения действующих значений

был оставлен цифровой мультиметр, который в дальнейшем предполагается заменить обычным тестером. Этот тип приборов широко используется в практике, и студент должен получить навыки работы с ним.

Основным элементом стенда является панель с компонентами и выводами. Исторически мы используем цепи из трех – четырех основных компонентов. В свое время это было связано с трудностями обсчета математических моделей, но, как показала многолетняя практика, на данном этапе подготовки студента большего и не требуется. По нашему представлению, наиболее целесообразным является компоновка базовых схем из трех рядов отдельных компонентов R, L, C, номиналы которых выбраны по рядам E24, E12 и E6 соответственно. Таким образом, мы получили 24 набора компонентов RLC, как 24 варианта заданий. Добавление одного переменного резистора и синфазного фильтра позволило скомпоновать на плате 150x100 мм компоненты для четырех основных тем: «Линейные электрические цепи с гармоническим сигналом», «Резонанс в линейных электрических цепях», «Магнито-связанные катушки» и «Переходные процессы в линейных электрических цепях». Для повышения надежности эксплуатации были применены простые ножевые разъемы 2,8 мм, так как длительная эксплуатация панелей стенда «ЭЛЭС» показала ненадежность круглых контактов штекерного типа. Стоимость одной платы находится в пределах тысячи рублей.

Мы отказались от упорно предлагаемого нам учебного комплекса фирмы Multisim по одной, но принципиальной, на наш взгляд, причине. Если посмотреть структуру программных комплексов по разработке электронных плат типа PCAD, то они строятся на введении компонентов, которые потом трассируются связями. То есть в реальном производстве первичен компонент, а связь вторична. В учебных комплексах Multisim первичны связи, в которые вставляются

компоненты. А это уже серьезное отличие от провозглашенной нами парадигмы учебной деятельности и больше напоминает кубики в детском саду, чем работу на производстве.

Остальные темы, такие как «Трехфазные цепи», «Трансформаторы», «Длинные линии», «Нелинейные элементы», где применяются специфические компоненты, формируются на отдельных платах по примерно той же технологии. В дальнейшем планируется разместить на этих стендах основную часть практических заданий по спецкурсу «Силовая полупроводниковая техника».

Изложенные нами принципы организации учебного места в электротехнической лаборатории могут быть легко реализованы в профессиональном образовании с настройкой под каждого преподавателя, под его конкретную методику.

В существующих реалиях высшей школы лабораторные работы встроены в расписание занятий. Поэтому мы сформировали 13 стендов в отдельном лабораторном помещении из расчета выполнения одной лабораторной работы двумя студентами при максимальном наполнении группы. При проведении в этом помещении семинаров используется проектор и планируется установить интерактивную доску.

Понимая, что проведение студентом самостоятельной работы, да еще с использованием оборудования, (также как и его работа в библиотеке или при выполнении домашних заданий), никак не может быть регламентировано учебным расписанием, мы выделили 5 дополнительных стендов в режим свободного доступа. Если в университете когда-нибудь поймут несуразность проведения лабораторных работ по звонку, то мы легко переведем всю лабораторию в «библиотечный» режим работы с выделением «читального зала» и «абонементов». При этом мы даже выиграем, так как появится возможность перейти к действительно индивидуальной работе с каждым обучаемым.

При подобном подходе к организации самостоятельной работы студентов ее легко вообще вывести за пределы учебной лаборатории. С этой целью для аналогового моделирования целесообразно использовать WEB-осциллографы и WEB-генераторы. В этом случае студент получает во временное пользование набор из платы с проводниками, тестер и WEB-прибор типа АК ИП-4107 или PV65, а также комплект документации с заданиями. А обеспечение конспектами лекций, выдача заданий, получение рабочих тетрадей с будущими отчетами по работе и прохождение контрольных тестов реализуется через Интернет, например с помощью комплекса МИФИСТ. Естественно, при этом личное общение студента с преподавателем никто не отменяет, но оно может проходить в более свободном режиме в форме консультаций и семинаров.

Первые результаты обкатки этих подходов четко выявили основной недостаток нашего образования – недостаточную нацеленность студентов на практическую деятельность и, как следствие, отсутствие мотивации в профессиональном развитии. По нашим данным, в лучшем случае только треть студентов проявляет минимальный интерес к учебной деятельности. Остальное – это, прямо можно сказать, балласт, который придется доучивать непосредственно на производстве. Тезис о том, что «студент не сосуд, который надо заполнить, а факел, который надо зажечь», не только всё ещё актуален в нашем образовании, но и требует самого серьезного подхода к его реализации. А это уже вопрос, который выходит за рамки нашей темы.

Основная сложность, возникшая перед нами, – это обеспечение ритмичности в учебной деятельности студентов. Отсутствие у них мотивации в профессиональном развитии привело к устранению внутреннего контроля своей повседневной работы, а внешний контроль обусловлен семестровым принципом организации

учебного процесса, который сложился в доисторические времена. Тогда не было еще такого свободного доступа к информации, какой нам сегодня предоставляют информационные технологии, и центральной фигурой образования был профессор, излагающий истины с высокой кафедры в буквальном смысле. И повседневный контроль был организован за высказываниями профессора (не дай бог, не то скажет), а не за деятельностью студентов. С тех пор это у нас не только осталось, но и возведено в ранг министерских указаний. Да еще сдобрено рудиментами, оставшимися от эпохи массовой подготовки специалистов в 30-е годы прошлого века.

Не вдаваясь подробно в эту тему, можно констатировать, что внедрение современных информаци-

онных технологий в учебный процесс сегодня входит в серьезное противоречие с его существующими организационными принципами.

В заключение можно сказать, что выбранный нами путь модернизации учебно-методического комплекса «Электрические цепи» не только повышает требования к самостоятельной работе студентов, но и открывает широкий фронт методической работы для преподавателей, что требует серьезного стимулирования их труда. Ибо, как сказал А.С.Макаренко, «сорок сорокарублевых педагогов могут привести к полному разложению не только коллектив беспризорных, но и какой угодно коллектив».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Татур Ю.Г. Компетентностный подход в описании результатов и проектировании стандартов высшего профессионального образования: материалы ко второму засед. методол. семина. Авт. версия. – М.: Исслед. центр проблем качества подгот. специалистов, 2004. – 18 с.
2. Выготский Л.С. Психология развития человека. – М.: Изд-во «Смысл»; Эксмо, 2005. – 1136 с.
3. Щедровицкий Г.П. Психология и методология (1): Ситуация и условия возникновения концепции поэтапного формирования умственных способностей. – М.: Путь, 2004. – 367 с. (Из архива Г.П. Щедровицкого; Т. 2, вып. 1).
4. Макаренко А.С. Педагогическая поэма / сост., вступ. ст., примеч., пояснения С. Невская – М.: ИТРК, 2003. – 736 с.
5. Will Moore, Circuit analysis 1(p2a1), DC Circuits, Oxford University, 2009.
6. Информационно-образовательный портал МИФИСТ исследовательского ядерного университета / А.И. Гусева, В. С. Киреев, А.Н. Тихомирова [и др.]. // Прогр. продукты и сист. – 2009. – №3. – С. 19.
8. Теория электрических цепей. Сборник качественных задач : учеб. пособие / Н.Н. Варламов и др. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 58 с.