

УДК 621.372(075)  
КП  
№ госрегистрации  
Инв. №

Министерство образования и науки Украины  
Донецкий национальный технический университет  
(ДонНТУ)  
340000, г. Донецк, ул. Артема, 58; тел. 92 90 19, факс (0622) 92 12 78

У Т В Е Р Ж Д А Ю  
Проректор по научной работе  
д-р техн. наук, проф.  
\_\_\_\_\_ Е.Башков

О Т Ч Е Т  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ № М1-2006

«Усовершенствование методики проведения практических занятий и самостоятельной работы студентов по теоретической электротехнике»  
(заключительный)

Зав.кафедрой электромеханики и ТОЭ  
д-р техн. наук, проф. \_\_\_\_\_ М.Федоров

Руководитель НИР  
канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_ А.Корощенко

Рукопись закончена 20 ноября 2009 г.  
Результаты этой работы рассмотрены Ученым Советом  
электротехнического факультета ДонНТУ, протокол от 02.12.09 № 11

2009 г.

## СПИСОК АВТОРОВ

Руководитель НИР канд. техн. наук, доц.	А.Корощенко (введение, разд.1, 3, выводы, прилож.3, 4)
Ответственный исполнитель канд. техн. наук, доц.	Е.Журавель (разд. 2)
Канд. техн. наук, проф.	В.Денник (разд. 4, прилож. 5)
Канд. техн. наук, доц.	В.Антамонов (разд. 1)
Канд. техн. наук, доц.	В.Чорноус (разд. 3, прилож. 1, 2)
Ст. преподаватель	В.Фурсов (разд. 4)
Асс.	Л.Немолякина (разд. 1)

## РЕФЕРАТ

Отчет о НИР: 86 с., 7 табл., 22 источника, 5 приложений.

Объект исследования – методика проведения практических занятий по курсу ТОЭ.

Цель работы – повышение эффективности проведения практических занятий по курсу «Теоретические основы электротехники» в современных условиях путем разработки новых задач для практических занятий и значительно более широкого использования персональных ЭВМ в учебном процессе как при проведении аудиторных занятий, так и при выполнении студентами самостоятельной работы.

Методы исследования – аналитический и экспериментальный.

Дисциплина «Теоретические основы электротехники» (ТОЭ) является фундаментальной, базовой дисциплиной для студентов электротехнических специальностей. Поэтому любое улучшение, направленное на упрочение у студентов знаний по ТОЭ, способствует повышению квалификации будущих специалистов электротехнического направления. В то же время ситуация с освоением курса ТОЭ в настоящее время существенно ухудшилась по нескольким причинам, основная из которых – снижение уровня подготовки студентов, начинающих изучать дисциплину ТОЭ.

Весьма важной составной частью учебного процесса по ТОЭ являются практические занятия, как проводимые в аудитории, так и во время самостоятельной работы студентов. Этот вид работ сопряжен с большими затратами времени на выполнение трудоёмких вычислений, обойтись без которых невозможно, если иметь в виду получение прочных знаний по ТОЭ. В результате работ, выполненных в рамках данной темы, появилась возможность существенно уменьшить затраты времени на выполнение указанных вычислений без ущерба для процесса усвоения курса ТОЭ. Такую возможность дало рациональное использование персональных ЭВМ.

Авторами отчета разработаны новые задачи для проведения практических занятий, что нашло своё отражение в подготовке учебных пособий по решению задач по теоретической электротехнике по всем трём частям курса, методики проведения виртуальных практических занятий и программы решения с помощью ПЭВМ наиболее трудоёмких задач РГР по всем трём частям курса ТОЭ, опробовано их применение в учебном процессе. Убедительно доказана эффективность использования компьютеров для выполнения задач РГР и при проведении практических занятий по ТОЭ.

ВИРТУАЛЬНОЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ, КУРС, ПРЕПОДАВАНИЕ, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ, УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	5
1. Существующие методики проведения практических занятий, направления усовершенствования методики преподавания. ....	8
2. Усовершенствование методики проведения практических занятий в аудитории, её апробирование и результаты внедрения в учебный процесс .....	16
3. Разработка программ для проведения виртуальных практических занятий, их опробование и результаты внедрения в учебный процесс .....	22
4. Разработка новых материалов, повышающих эффективность самостоятельной работы студентов, их внедрение в учебный процесс и исследование эффективности использования .....	30
Выводы .....	38
Перечень ссылок .....	40
Приложения:	
1. Перечень разработанных видеофильмов, тренажёров, виртуальных практических занятий .....	43
2. MathCAD-программа тренажёра №12 «Представление несимметричной системы векторов симметричными составляющими» .....	45
3. Инструкции по проведению разработанных виртуальных практических занятий .....	46
4. MathCAD-программы, используемые при проведении виртуальных практических занятий .....	52
5. MathCAD-программы решения задач РГР .....	60

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в системе высшего образования Украины в связи с интеграцией страны в европейское сообщество, втягиванием Украины в Болонский процесс, построением капиталистического общества наметились следующие тенденции: снижение уровня финансирования, уменьшение количества аудиторных часов за счёт увеличения часов на самостоятельную подготовку, повышение самостоятельности и мобильности студентов, компьютеризация процесса обучения. Сегодня настоятельно необходим переход от знаниево ориентированной к личностно ориентированной парадигме образовательного процесса ([1]-[5]), от знаниевого подхода к деятельностному подходу [6].

Традиционное образование ориентируется на личность. Безусловно, традиционные системы развивают студента, но они в основном ориентированы не на субъектную, личностную природу студента, а на субъективность преподавателя. Требования выполнять указания, этапы, порядок действия задаются преподавателем. У студентов формируется готовность подчиняться преподавателю. Цель же личностно ориентированного образования – не сформировать личность с заранее заданными свойствами, а создать условия для их проявления и развития, найти в обучаемом, поддержать в нем, развить компоненты самовоспитания, самореализации, саморазвития. Центр его – путь познания, то есть процесс нахождения каждым человеком истины. Человек может научить себя только сам. Чтобы это произошло, надо менять представления о роли учителя в учебном процессе ([2], [3]). Он должен выступать не как источник информации, а как организатор деятельности учащихся. Однако надо признать, что личностный подход в образовании распространяется медленно и дает пока незначительные результаты. Видимо, страна к этому еще не готова. Нет еще государственной концепции личностного обучения. Для реализации этой концепции нужны новые учебники. Необходимо материальное стимулирование инновационной деятельности педагога. Нужны новые педагогические технологии. При

подготовке к личностно ориентированным занятиям перед преподавателем встает непривычная задача: планировать не содержание учебного материала, а слова и действия свои и учащихся.

Всё это требует изменений в проведении практических занятий по дисциплинам, вынесения ряда вопросов на самостоятельное изучение. Дисциплина «Теоретические основы электротехники» (ТОЭ) является фундаментальной, базовой дисциплиной для студентов специальностей не только электротехнического направления, но и для таких как «Вычислительная техника», «Телекоммуникационные системы», «Системы программного обеспечения» и др. Без знания курса ТОЭ практически невозможно изучить такие специальные дисциплины как «Электрические машины», «Электрические аппараты», «Электрические сети и системы», «Промышленная электроника» и многие другие, связанные с электротехникой. ТОЭ – это фундамент, на котором строится все здание знаний инженера, связанного с электротехникой. И если этот фундамент непрочный, то и здание может рухнуть в любой момент. Поэтому любое улучшение, направленное на упрочение у студентов знаний по ТОЭ, способствует повышению квалификации будущих специалистов электротехнического направления. Основой преподавания, одной из целей дисциплин, объединённых термином теоретическая электротехника, является решение задач. Поэтому нужно особое внимание уделить совершенствованию проведения практических занятий и переработке существующих задач [6]. «...конечной целью обучения является формирование *способов действий*, которые обеспечивают осуществление будущей профессиональной деятельности, но не запоминание знаний; ... механизмом осуществления учебной деятельности является *решение задач*, а не проработка учебного материала; ...» [7]. Практические занятия, решение задач являются мостиком между чистой теорией с голыми формулами и практикой, реальными устройствами. Задача – это ещё не реальное устройство, но уже и не голая теория.

В данной работе поставлена задача повысить эффективность преподавания дисциплины «Теоретические основы электротехники» путем: а) совершенствования методики проведения практических занятий; б) более широкого применения персональных ЭВМ как на аудиторных занятиях, так и особенно при выполнении студентами самостоятельной работы; в) разработки и внедрения в учебный процесс проблемных задач. Разумное использование ПЭВМ особенно при проведении виртуальных практических занятий, а также при решении задач расчетно-графических работ (РГР) позволяет освободить студентов от рутинной вычислительной работы, высвобождая им время для выполнения чисто инженерной интеллектуальной работы, связанной с расчетом и анализом электрических цепей и их схем.

# 1. СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, НАПРАВЛЕНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ

## 1.1. Анализ существующих методик

Существующие методики проведения практических занятий в различных вузах можно проследить на примере их методических указаний [8-16]. Курсовое проектирование также может быть отнесено к разряду практических занятий.

Можно горячо утверждать, что существующие методики проведения практических занятий устарели, что они не ориентированы на применение компьютеров, что будущее вообще за дистанционным обучением. Действительно, такие средства обучения как доска, мел и тряпка, конечно, устарели. Возросшие требования к выпускникам, технические достижения в науке и технике, конечно же, отражаются и на образовательном процессе. Некоторое время назад в нашем вузе активно внедрялось учебное телевидение. С его помощью предполагались занятия не только непосредственно в вузе, но и дистанционное обучение, например, в масштабах региона. Разработано много методических пособий. Предполагалась некая панацея от нудно-обременительного рисования схем, записи сложных выводов формул на доске. Казалось, что роль преподавателя теперь можно спокойно свести к роли суфлёра за экраном. Но потом выяснилось, что студент не может усвоить пусть даже богато иллюстрированный материал, лишь созерцая его на экране. Психика не позволяет. Да и живого человека-преподавателя не хватает.

На смену телевидению в конце 90-ых годов пришёл персональный компьютер, а затем и Интернет, способные обеспечить ещё более широкие возможности. Чтобы избежать ненужных иллюзий, по-видимому, необходимо тщательно проанализировать, где, в каких моментах практического занятия и в каком объёме будет рационально применение компьютеров.



Рассмотрим подробнее методологические моменты реального практического занятия по дисциплине «Теоретические основы электротехники».

Основной задачей практических занятий по любой дисциплине в классическом понимании является закрепление теоретических положений темы, изложенной на лекции или имеющейся в учебниках. Помимо такой традиционной трактовки задачи обучения, для современного инженера важно также умение анализировать и обобщать накопленные знания, информацию, а также умение критически отбирать из потока информации лишь необходимые данные.

Подобные объёмные задачи всегда решаются, говоря языком философии, сочетанием «индивидуального» и «общего, коллективного».

Для западных систем образования характерен уклон на подавляющее преобладание самостоятельной работы студентов. Такой подход к обучению, на первый взгляд, представляется совершенно правильным. Но по времени обучения он будет весьма растянутым, а способность к обобщению и анализу информации вряд ли будет эффективной. Это всё равно, как если бы заставить каждого ребёнка из выученных букв самостоятельно строить всем давно известные слова, а потом ещё и осмысленно связывать их в предложения.

Для нашей системы образования более характерен уклон в сторону «коллективного» в обучении студентов. Прежде чем материал вынести на самостоятельную проработку студентам, он должен быть изложен на лекциях, на занятиях в аудитории. Некоторые исследователи критикуют такую методику обучения, называя её «знаниево-ориентированной» и задаваемой личностью преподавателя. Однако такой подход к обучению имеет свои несомненные достоинства.

Практическое занятие в аудитории обычно начинается с так называемой разминки – сжатого, быстрого напоминания основных моментов темы. Преподавателем это будет сделано качественней и без больших затрат времени, хотя и должно базироваться на знаниях, вынесенных студентами из лекции.

Специальной «домашней» подготовки для этого не требуется. Само же изучение темы, также с меньшими затратами времени, чем при самообразовании, может быть достигнуто коллективно, в аудитории, когда преподаватель решает задачу на доске. И только потом такое «разъяснительное коллективное занятие» должно быть завершено самостоятельной работой студентов. Это должно быть решение несложных, типовых примеров с помощью конспекта, поскольку «на слух или на взгляд» знания не закрепляются. Подобные малые самостоятельные работы – МСР, будучи постоянными, лучше других мероприятий способствуют систематической самостоятельной работе студента над материалом курса в течение всего семестра.

Но даже при такой «хитрой» экономии времени не все важные моменты темы могут быть даны преподавателем в часы занятий. При рассмотрении переходных процессов в  $R,L,C$  –цепи обычно рассматривают, как изменяется вид процесса при изменении сопротивления  $R$ , что подтверждается математическими выкладками. Всё это убедительно, но недостаточно наглядно для добротного усвоения студентами. На пояснение же или даже на просто иллюстрацию влияния индуктивности или ёмкости вообще не остаётся времени. Перегружать студента дополнительными задачами для усвоения этих положений – просто нерационально, так как за деталями можно потерять и главное. Именно в таких случаях и именно в виде дополняющего (а не заменяющего) видеосредства целесообразно применение компьютера.

Аудиторное, под руководством преподавателя, занятие более эффективно в развитии способности к критическому анализу и систематизации полученных знаний. Это особенно важно в такой теоретизированной дисциплине как курс ТОЭ. Начиная с одной конкретной изучаемой темы, преподаватель помогает студенту понять связь разделов курса, а затем и вообще всех изучаемых дисциплин. Этот методично повторяемый элемент практического занятия потихоньку, естественным образом переходит в собственную способность студента к анализу, отбору и обобщению изученного материала. При любой,

сколько угодно большой доле самостоятельной работы студента в его обучении, вряд ли эта цель будет достигнута эффективнее, чем под руководством преподавателя.

Наиболее оправдано требование к самостоятельной работе студента над выполнением расчётно-графических, курсовых работ и контрольных заданий студентов-заочников. В настоящее время выполнение расчётно-графических, курсовых работ и контрольных заданий обеспечено достаточно подробными методическими пособиями. Несколько раньше были разработаны пособия для самостоятельной подготовки студентов к практическим занятиям. В разработке нуждаются, пожалуй, пособия по изучению разделов, не излагаемых на лекциях, но входящих в программу курса. Именно в этой части образовательного процесса можно ожидать большей эффективности от использования компьютеров.

Один из приоритетов эвристического образования принадлежит проблемному обучению, в частности логическим заданиям. Решение проблемных задач раскрепощает мышление студента, развивает самостоятельность в суждениях и выводах, умение аргументировать, вычленять научные и социальные проблемы, осуществлять альтернативный выбор наиболее оптимальных вариантов. Сюда можно отнести также задачи с избыточным или недостаточным объёмом данных. Причём практика показывает, что задачи с избыточными (лишними) данными студенты решают даже хуже, чем с некоторыми отсутствующими данными, которые требуется добавить по своему усмотрению.

Современное общество имеет дело с информационным бумом. Так, научная информация удваивается каждые 5-12 лет в зависимости от области знаний. И научить инженера работать с этой информацией, ориентироваться в ней – важная задача образовательного процесса. Именно решение проблемных задач учит работать с новой информацией, критически отбирать необходимые данные и т.п.

Таковы основные моменты типовой версии практического занятия.

## 1.2. Направления совершенствования методики проведения практических занятий

Обобщая опыт проведения практических занятий преподавателями кафедры «Электромеханика и ТОЭ» и материалов указанных методических указаний можно отметить следующее.

Применительно к изучению технической дисциплины ТОЭ процесс обучения, как таковой, содержит несколько обязательных и реализуемых в определённой последовательности этапов познания:

- изучение теоретического материала по теме путём проработки лекций материала и учебников по дисциплине;

- ознакомление с решением типовых задач как под руководством преподавателя в аудитории (решение задачи преподавателем на доске), так и с задачами из сборника задач;

- самостоятельное решение небольших типовых задач в аудитории или в домашних условиях, с консультированием у преподавателя;

- самостоятельное решение задач с оформлением их в соответствии с требованиями кафедры и единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Решение выполняется с использованием любой вспомогательной литературы и не ограничено во времени. Это обычное выполнение задач РГР или контрольных заданий у заочников;

- решение задач без использования вспомогательной литературы и с ограничением во времени. Сюда относятся опросы на лекциях или перед лабораторными работами, промежуточный контроль по объёмной теме, модульные контроли, экзамен в семестре.

Оценивая с этих позиций существующие подходы к обучению студентов, можно сказать, что все эти этапы могут быть пройдены студентом самостоятельно. Методика обучения с более глубоким сочетанием самостоятельной работы студента с проведением занятий в аудитории под руководством преподавателя, более эффективна, так как позволяет

акцентировать внимание студента на усвоении наиболее важных моментов изучаемой темы и развивает его способность к анализу, обобщению и более осмысленному применению накопленных знаний в самостоятельной деятельности.

Очевидно, что при совершенствовании методики проведения практических занятий по курсу ТОЭ должны быть сохранены, в том или ином виде, все изложенные выше этапы обучения. С уменьшением же количества аудиторных часов, отводимых на изучение курса, необходимо найти способы прохождения этих этапов в виде самостоятельной работы студента, обеспечив их соответствующими методическими пособиями. Совершенствование методики должно быть направлено на развитие способности выпускника ориентироваться в большом потоке новой информации, способности к критическому анализу информации и альтернативному выбору решений.

Как следует из уже отработанной методики обучения, развития той или иной способности обучаемого можно достигнуть путём подбора и решения практических задач определённой направленности. Поэтому и в данном случае необходимо, прежде всего, разработать глубоко дифференцированный пакет задач, которые бы обеспечивали выполнение каждого из этапов обучения. С учётом использования в учебном процессе компьютеров (виртуальные практические занятия), задания, помимо прямых обучающих функций, должны учитывать специфические электронно-дидактические функции [17], связанные с восприятием информации с экрана:

- *наглядность* информации, которая бы способствовала осознанному (осмысленному) восприятию предлагаемых понятий;
- *информативность*, т.е. чтобы представленное на экране сложилось у студента в упорядоченное знание той или иной темы;
- *адаптивность*, т.е. материал должен излагаться таким образом, чтобы сохранялась преемственность знаний и создавались благоприятные условия для протекания процесса обучения. Например, задания для самостоятельного решения не могут опережать изложение теоретических положений;

- *компенсаторность*, т.е. изложение решения должно сопровождаться такими пояснениями, чтобы студент мог видеть достижение результата наиболее рациональным путём, с наименьшими затратами времени или сил;

- *интегративность*, позволяющая студенту оценить место данного вопроса или данной задачи в составе некоей большой темы, раздела.

Задачи практических занятий, малых самостоятельных работ, домашних расчётно-графических работ должны быть подразделены на несколько, следующих друг за другом, уровней:

- иллюстрационные задачи для лекций;

- типовые, подробно решённые задачи с пояснениями и графикой, выполненными в соответствии со стандартными требованиями к оформлению технических документов;

- тестовые (опросные) задачи с ответами, рассчитанные на использование одного-двух теоретических положений или формул;

- достаточно объёмные задачи расчётно-графической работы, предназначенные для решения в домашних условиях и охватывающие определённый раздел теории;

- задачи творческого характера. Этот класс задач вполне может содержать в себе элементы проблемного характера: недостаток или излишек данных, возможность решения различными методами.

Чтобы стимулировать самостоятельную работу студентов, все задачи, кроме показательных, должны предлагаться в многовариантном виде.

Необходимо также определение тем и разделов курса, где было бы рационально использование ПЭВМ. Выработка методики разумного использования ПЭВМ при проведении практических занятий по ТОЭ будет полезна и для многих других дисциплин.

### 1.3. Выводы

1. Существующие методики преподавания достаточно отработаны и имеют ряд несомненных достоинств. Однако нарастающий поток новой

информации, обусловленный развитием науки и достижениями техники, резко повысили требования к качеству и современности знаний и умений выпускников высшей школы, что, в свою очередь, требует совершенствования существующих методик обучения.

2. Совершенствование методики должно быть направлено на развитие способности выпускника ориентироваться в потоке новой информации, самостоятельно делать осознанный аргументированный выбор оптимального.
3. Для совершенствования методики необходима разработка методических пособий, способных обеспечить как повышение качества знаний, так и развитие аналитических способностей студентов.
4. Методические пособия должны содержать глубоко дифференцированный многоуровневый пакет задач для практических занятий в аудитории и для внеаудиторной самостоятельной работы студентов.
5. Приоритетное внимание следует уделить разработке задач творческого (проблемного) характера, развивающих у студентов способность к самостоятельному анализу и поиску рациональных методов решения задачи в конкретно заданных условиях, в том числе с использованием возможностей ПЭВМ.

## 2. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ В АУДИТОРИИ, ЕЁ АПРОБИРОВАНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС

Подготовка студентов к практическим занятиям по курсу ТОЭ является обязательным условием учебного процесса. Решение задач на практических занятиях помогает студентам самостоятельно проработать основные теоретические положения лекционного материала, собственноручно «прощупать» все методы расчета как простых, так и сложных электрических и магнитных цепей. По этой причине практические занятия входят в учебные планы студентов практически всех специальностей, изучающих курс ТОЭ, но на их проведение отводится не всегда достаточное число часов (например, для студентов электротехнического факультета – 1 час в неделю).

Поэтому на первый план выдвигается проблема усовершенствования методики проведения практических занятий, что позволит существенно изменить ситуацию в лучшую сторону.

### 2.1. Описание методик, подвергнутых анализу

В процессе исследований были проанализированы и апробированы следующие методики поведения практических занятий.

В группах ЭСЭ-06а,б занятия проводила асс. Немолякина Л.Г. Студенты этих групп были ознакомлены с графиком практических занятий в семестре и имели возможность готовиться к ним, изучая теоретический материал, изложенный на лекциях или прочитанный в учебниках. В начале аудиторного практического занятия проводился короткий устный опрос (до 10 минут), во время которого проверялись уровень готовности студентов к занятиям и степень усвоения ими теоретического материала, выявлялись характерные ошибки, которые затем устранялись. Затем преподавателем у доски решалась одна достаточно объемная типовая задача по тематике занятия. Если позволяло время, то уже студенты решали у доски простые задачи. Контроль усвоения



материала осуществлялся путем проведения контрольной работы по окончании крупной темы.

Достоинства данной методики: планомерность подготовки студентов в течение семестра, стимуляция студентов к подготовке к каждому практическому занятию, подробный разбор материала.

Недостатки: потеря времени на каждом занятии в связи с проведением опроса, малое количество разобранных задач, в результате чего некоторые важные темы приходилось выносить на самостоятельное изучение.

Результаты успеваемости студентов приведены в табл. 2.1.

В группах ЭСЭ-06в, ЭСиС-06 и СПУ-06 занятия проводит проф. Денник В.Ф. В начале семестра студентам выдана электронная версия учебного пособия по решению задач по теоретической электротехнике [18, 19], а также имелась возможность получения напечатанного пособия в библиотеке. Подразумевалось, что, пройдя теоретическую часть курса на лекциях, студенты самостоятельно попытаются разобраться с типовыми решенными задачами. Во время аудиторного занятия эти же задачи сравнительно быстро разбирались преподавателем у доски, а студенты задавали вопросы по непонятным местам задач. В конце занятия студентам давались рекомендации по решению задач для самостоятельной работы. Контроль освоения материала осуществлялся путем проведения контрольной работы по окончании крупной темы.

Достоинства методики: большой объем прорабатываемого материала, студенты во время занятия имели возможность получить квалифицированную консультацию по вопросам решения задач.

Недостатки: методика рассчитана на высокоподготовленную аудиторию, добросовестную работу студентов по анализу проведенного занятия.

Результаты успеваемости студентов приведены в табл. 2.1.

Ст. преп. Фурсов В.И. проводил занятия в группе ЭлС-06 по курсу «Теория электромагнитного поля». Студенты были ознакомлены с планом практических занятий в семестре, им выданы учебные пособия по решению задач по теории электромагнитного поля, в котором задачи сгруппированы следующим

образом: решенные задачи для домашней подготовки, задачи контрольного опроса, задачи для решения в аудитории на практическом занятии. При подготовке к занятию студенты должны были просмотреть решенные задачи. На занятиях в течение 15 минут проводился письменный опрос по задачам контрольного опроса. Далее студенты самостоятельно решали аудиторские задачи, используя любую вспомогательную литературу, и имели возможность консультироваться у преподавателя. Контроль усвоения материала осуществлялся по степени сдачи расчетно-графических работ.

Достоинства методики: развивается высокий уровень самостоятельной подготовки студентов, возможность планирования ими учебного процесса выбором решаемых задач.

Недостатки: методика рассчитана на высокоподготовленную аудиторию, у большинства студентов возникало достаточно большое количество вопросов, так как у доски преподавателем решалось малое количество задач, причем иногда в общем виде, в результате чего студенты вынуждены посещать консультации.

В группе А(ЭСиС)-06 с углубленным изучением английского языка занятия проводил доц. Корощенко А.В. Здесь учтен малочисленный состав группы, благодаря чему специального различия между лекциями и практическими занятиями не делалось. По окончании изложения теоретического материала по определенной теме сразу же проводилось практическое занятие с решением типовых задач. В связи с этим студенты заранее к практическим занятиям не готовились, однако они имели свободный доступ к учебному пособию по решению задач. Поэтому иллюстрационные задачи рассматривались преподавателем без подробного изложения, но с остановкой на узловых моментах задачи. Таким образом, за отведенное время удавалось рассмотреть все необходимые задачи, причем с комментариями, как на русском, так и на английском языках.

С учетом сравнительно хорошей математической подготовки студентов эта методика дала хороший результат. Успеваемость студентов приведена в табл. 2.1.

Были попытки применения этой методики этим же преподавателем в потоке РЭС-ТЗИ. Однако от нее пришлось отказаться, поскольку студенты не были готовы глубоко разобраться с задачами самостоятельно. Требовался постоянно очень подробный разбор задач в аудитории, что привело к отставанию от графика занятий, дополнительным консультациям, вынесению части материала на самостоятельное изучение и, как следствие, к низкой успеваемости (см. табл. 2.1).

Достоинства данной методики: возможность освоения всего спектра учебного материала во время аудиторных занятий, что значительно экономит время студентов, отводимое на самостоятельную работу.

Недостатки: методика годится только для малочисленной группы студентов с хорошей математической базой.

## 2.2. Результаты апробации методик проведения практических занятий

Все методики проведения практических занятий были опробованы в основном на студентах электротехнического факультета, а также частично – на студентах других специальностей. Цель добиться стопроцентного охвата студентов всех специальностей не ставилась.

Какую бы методику проведения практических занятий мы ни выбрали с учетом уменьшения количества аудиторных часов, необходимо найти такую оптимальную методику проведения занятий, при которой улучшилось бы качество обучения и успеваемость студентов.

В табл. 2.1 приведены результаты апробации различных методик проведения практических занятий.

Таблица 2.1 – Результаты апробации методик проведения практических занятий

Группа	Число студентов	Кол-во решенных задач в аудитории	Наличие опроса	Наличие учебного пособия	Результаты контрольного опроса	
					Успеваемость, %	Качество, %
ЭСЭ 06а	27	1	+	-	50	34,4
ЭСЭ 06б	22	1	+	-	48,3	27,6
ЭСЭ 06в	23	3	-	+	49,5	29
А(ЭСиС) 06	12	3-5	-	+	92,3	85,2
ЭСиС 06	22	2-4	-	+	75	65,5
СПУ 06	28	3-5	-	+	91,5	78,6
ЭлС 06	34	1	+	+	35,5	10
РЭС 06	22	2	-	+	44,2	11,5
ТЗИ 06а	23	2	-	+	38,3	19,5
ТЗИ 06б	14	2	-	+	42,1	20,8

Как видно из табл. 2.1, наличие у студентов учебного пособия по решению задач по теоретической электротехнике и ознакомление с решенными задачами, а также решение в аудитории достаточно большого количества задач позволило в группах А(ЭСиС)-06, ЭСиС-06 и СПУ-06 получить сравнительно высокую успеваемость при лучшем среди студентов курса качестве знаний. В то же время, проведение небольших опросов по сравнению с количеством разобранных задач в аудитории не привело к улучшению качества полученных знаний у студентов.

Таким образом, можно сделать вывод, что универсальной методики проведения практических занятий не существует. Выбор методики обязательно должен зависеть от подготовленности студентов, от их желания осваивать

предлагаемый материал, от количества часов, отводимых на практические занятия учебным планом, от наличия методических и учебных пособий.

Можно заметить, что во всех методиках проведения практических занятий основными инструментами были доска, мел и тряпка. Было бы желательно во время проведения практических занятий демонстрировать разработанные учебные фильмы и программы (см. раздел 3).

### 2.3. Выводы

По результатам выполнения этапа 6 календарного плана по теме № М1– 06 можно сделать следующие выводы.

1. Преподавателями секции ТОЭ кафедры «Электромеханика и ТОЭ» разработаны эффективные методики проведения практических занятий.
2. В учебном процессе опробовано применение разработанных методик.
3. Применение учебных и методических пособий, опросов по изучаемым дисциплинам приводит к повышению качества подготовки студентов и улучшению успеваемости.
4. Материальная база вузов не соответствует современным требованиям и нуждается в кардинальном улучшении. Только при этих условиях возможно применение новых методик проведения практических занятий в аудитории.

### 3. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, ИХ ОПРОБОВАНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС

#### 3.1. Разработка программ для проведения виртуальных практических занятий

Виртуальные программы можно разделить на следующие виды:

1) Иллюстрационные программы (видеофильмы). Используются для иллюстрации теоретического материала во время лекций или практических занятий, однако их можно использовать и во время самостоятельной работы студента над теоретическим материалом.

2) Готовые программы (тренажёры), в которых студент должен задать свои исходные данные (или несколько вариантов данных) и получить результаты, которые нужно оценить и сделать выводы.

3) Программы (математические модели), которые студенты составляют самостоятельно во время виртуального практического занятия на компьютере. В этом случае студент должен быть снабжен методическими указаниями по составлению и использованию математической модели (компьютерной программы). В дальнейшем программа оформляется в виде отчёта о занятии.

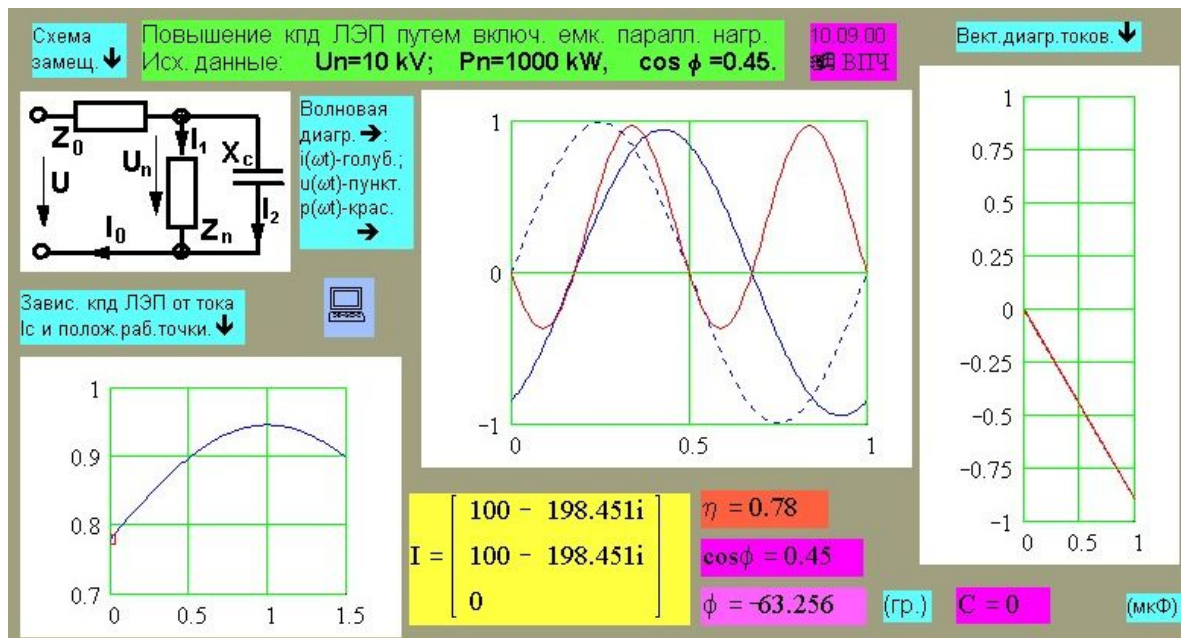
Коллектив авторов разработал программы и методические указания для проведения виртуальных практических занятий по большинству тем, охватывающих весь курс ТОЭ. Эти программы охватывают как теоретическую часть курса, так и практические вопросы, учитывающие все нюансы материала курса. Поскольку программы разработаны на компьютере, то студенты имеют возможность ознакомиться с ними в компьютерном варианте в процессе подготовки к виртуальному практическому занятию. Перечень видеофильмов (15 штук), тренажёров (22 штуки) и виртуальных практических занятий (7 штук) приведен в приложении 1.

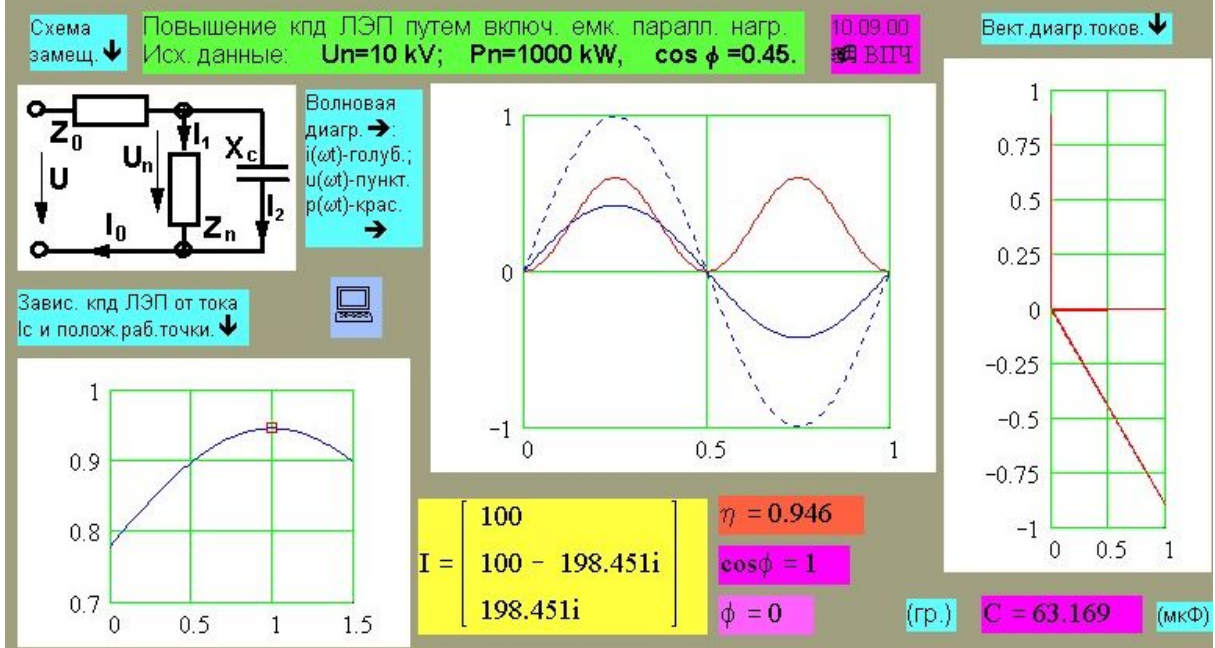
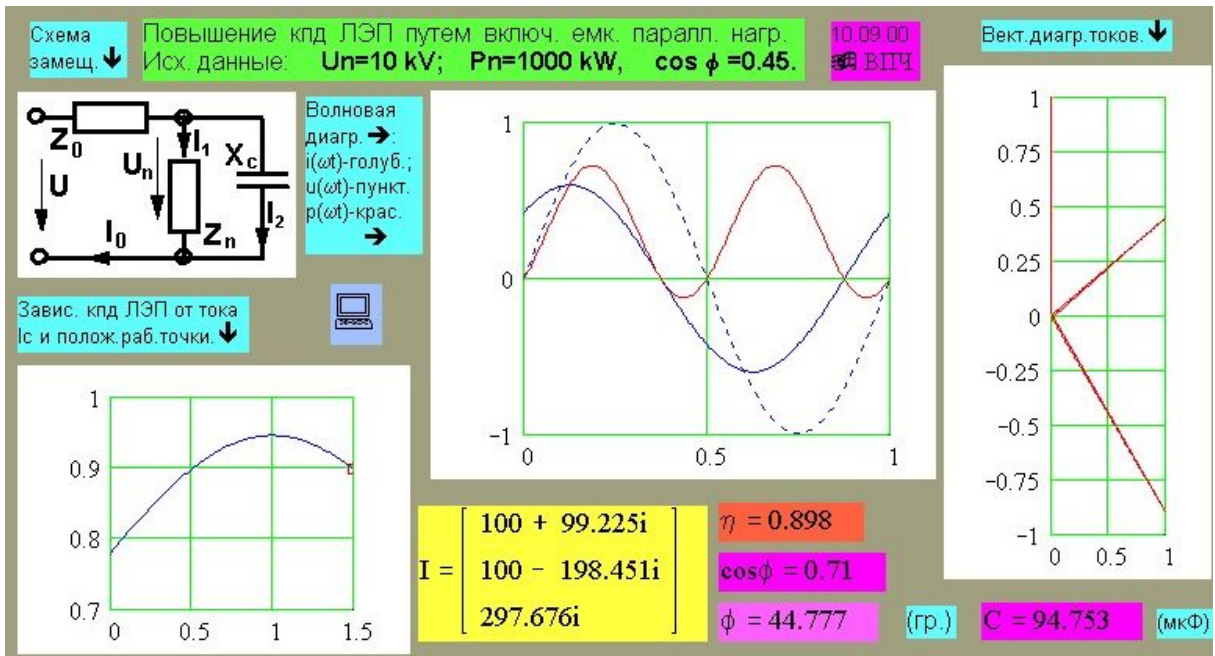
В качестве иллюстрации приведём некоторые из разных видов программ, реализованных при выполнении данной методической работы.

## ВИДЕОФИЛЬМ № 1. Повышение кпд ЛЭП путём включения ёмкости параллельно нагрузке.

В предлагаемом видеофильме рассматривается изменение кпд линии от подключения ёмкости  $C$  параллельно сопротивлению нагрузки  $Z_n$  при следующих исходных условиях:  $U_n = 10 \text{ кВ}$ ,  $P_n = 1000 \text{ кВт}$ ,  $\cos\varphi = 0,45$ ,  $Z_0 = 5,7 \text{ Ом}$ . Для наглядности приведена схема замещения, для одного периода представлены графики мгновенных значений напряжения, тока и мощности в конце линии, график зависимости кпд ЛЭП от тока ёмкости и положение рабочей точки на графике, а также векторная диаграмма токов в конце линии. Подключаемая ёмкость  $C$  изменяется от 0 до  $94,8 \text{ мкФ}$ .

Ниже приведены три характерных кадра: исходное состояние, когда ёмкость  $C = 0$ ; состояние, когда при  $C = 63,17 \text{ мкФ}$  кпд максимален, а в цепи наблюдается резонанс токов ввиду полной компенсации реактивной составляющей тока нагрузки; и конечное состояние при ёмкости  $C = 94,8 \text{ мкФ}$ , когда из-за перекомпенсации кпд вновь снижается.





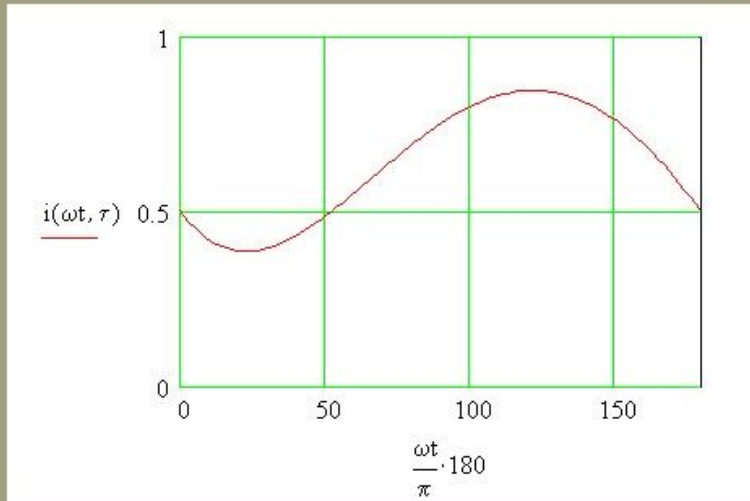
### ВИДЕОФИЛЬМ № 9. Исследование кривой тока при работе выпрямителя на r-L-нагрузку.

В видеофильме показано, как изменяется кривая тока нагрузки однофазного мостового выпрямителя при изменении постоянной времени нагрузки  $\tau = L/r$  в пределах от 0 до длительности периода  $T$ .

Ниже приведен один кадр, соответствующий одному из значений постоянной времени цепи  $\tau = T/8$ .



Дослідження кривої струму при роботі выпрямляча на r-L навантаження при збільшенні індуктивності.



Постійна часу:

$$\tau = 2.5 \cdot 10^{-3}$$

Середнє значення струму:

$$\frac{I_0(\tau)}{I_m} = 0.637$$

Діюче значення струму:

$$\frac{I(\tau)}{I_m} = 0.657$$

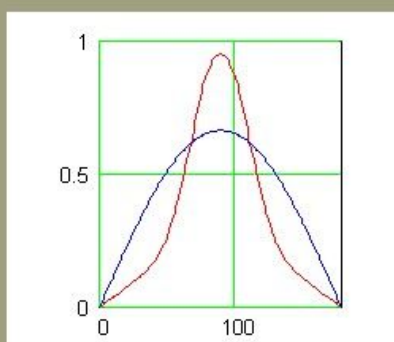
**ВИДЕОФИЛЬМ № 10. Исследование катушки с ферромагнитным сердечником.** Данный видеофильм показывает, как изменяется кривая тока в катушке с ферромагнитным сердечником при изменении напряжения питания от 0 до 215 В. Одновременно приводятся линейчатый спектр кривой тока и местоположение рабочей точки на кривой намагничивания. Расчётные данные катушки: сечение сердечника  $25 \text{ см}^2$ , число витков 300, длина сердечника 40 см.

Нижче приведено один кадр, відповідний напругі живлення 215 В.

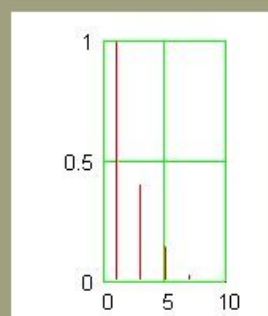
Дослідження еквівалентної індуктивності, форми кривої та гармонічного складу струму ідеалізованої катушки зі сталлю. **Етап 2:  $U=155 \dots 215 \text{ В}$ .  $\delta=0$  Масштаб струму збільшено в 4 рази**

Дані катушки:  $l_s = 0.4$      $S = 2.5 \cdot 10^{-3}$      $w = 300$      $\delta = 1 \cdot 10^{-8}$

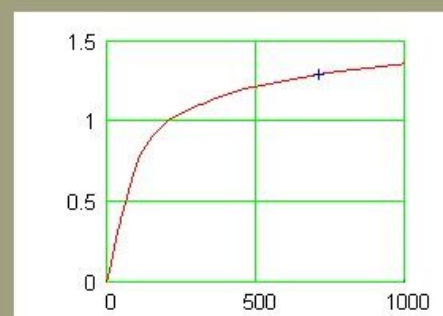
Залежності  $i(t)$ ,  $i_e(t)$ .



Лінійчатий спектр.



Точка  $B_m(H_m)$  на кривій намагнічення.



Результати:

$$U = 215$$

$$B_m = 1.29$$

$$i_e = 0.47$$

$$I_m = 0.952$$

$$L_e = 1.457$$

Имеется аналогичный видеофильм, в котором исследуется изменение тока катушки при изменении воздушного зазора от 0 до 2,5 мм при напряжении питания 215 В.

**ТРЕНАЖЁР № 12. Представление несимметричной системы векторов симметричными составляющими.**

В этом тренажёре в комплексной форме задаётся несимметричная система векторов, для проверки выводится их векторная диаграмма. Далее программа выполняет расчёт симметричных составляющих и строит их векторную диаграмму с одновременным выводом результатов в комплексной форме.

Вид этого тренажёра приведен в приложении 2.

Виртуальные практические занятия предполагают решение следующих задач [20]: 2.3, 3.5, 5.3, 5.4, 6.1, 7.4, 7.5, 7.6, 8.5. Необходимость проведения виртуальных практических занятий продиктована уменьшением и даже ликвидацией расчётно-графических работ, которые выполняют студенты в соответствии с учебным планом. Поэтому часть задач вынесена на аудиторские занятия в компьютерном классе. Выполнение громоздких вычислений переложено на плечи компьютера, что позволило сэкономить время студентов, отведенное на самостоятельную работу. Кроме того, по сравнению с условием задач РГР [20] задание виртуальных практических занятий содержит дополнительные пункты. В приложении 3 приведены инструкции к указанным виртуальным практическим занятиям, а в приложении 4 – MathCAD-программы выполнения некоторых из них.

3.2. Опробование, результаты внедрения в учебный процесс программ виртуальных практических занятий и исследование эффективности их применения

Все разработанные программы опробованы в основном студентами специальностей ЭС, ЭСиС, ЭлС, СУА, а также частично студентами других

специальностей. Цель добиться стопроцентного охвата студентов виртуальными практическими занятиями не ставилась. Программы предлагались для ознакомления также студентам заочной формы обучения, однако широко распространения не получили.

На первом занятии лекторы оповещали студентов о наличии учебных фильмов и тренажёров. Студенты имели возможность при желании обратиться к своему преподавателю и переписать указанные программы. Количество обратившихся в течение двух лет наблюдения колебалось от 15 до 35%. В основном, это были хорошо успевающие студенты, проявляющие к учёбе повышенный интерес. Доц. А.В. Корощенко (группы с углубленным изучением английского языка А(ЭСиС)-05 и А(ЭСиС)-06) и доц. В.П. Черноус (группы ЭлС-05, ЭлС-06, СУА-05а и б, СУА-06а и б) проводили для студентов дополнительные консультации после начитки соответствующего лекционного материала, где демонстрировали указанные видеофильмы с комментариями. По отзывам студентов, данное мероприятие способствовало повышению у них интереса к темам и улучшало понимание материала. С тренажёрами студенты работали в домашних условиях, однако точных данных о количестве и качестве этой работы не имеется.

Виртуальные практические занятия регулярно проводил лишь доц. А.В. Корощенко в группах А(ЭСиС)-05 и А(ЭСиС)-06). Для оценки целесообразности проведения виртуальных практических занятий были произведены сравнения результатов успеваемости аналогичных групп, в которых были студенты как ознакомившиеся с разработанными программами, так и не ознакомившиеся. Результаты этих исследований приведены табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Оценка влияния проведения виртуальных практических занятий на результаты сдачи экзамена и курсовой работы по дисциплине

Группа	Число студентов	Результаты сдачи экзамена по ТОЭ		Результаты сдачи курсовой работы по ТОЭ	
		Успеваемость, %	Качество, %	Успеваемость, %	Качество, %
ЭС-04а-3	13	38	23	-	-
ЭС-04нде-3	12	50	33	-	-
ЭС-04н-3	10	80	60	-	-
ЭСиС-04-3	12	59	25	-	-
А-04-3	8	88	62	-	-
ЭС-04а-4	13	38	31	85	62
ЭС-04нде-4	12	58	33	100	58
ЭС-04н-4	10	80	80	100	100
ЭСиС-04-4	12	67	33	75	50
А-04-4	8	88	75	100	88
ЭС-05а-3	23	70	39	-	-
ЭС-05нде-3	24	75	42	-	-
ЭС-05н-3	7	86	57	-	-
ЭСиС-05-3	28	50	31	-	-
А-05-3	10	70	50	-	-
ЭС-05а-4	23	78	48	100	61
ЭС-05нде-4	24	83	42	100	58
ЭС-05н-4	7	100	71	100	86
ЭСиС-05-4	27	67	33	81	48
А-05-4	7	100	86	100	86

Как видно из табл. 3.1, проведение виртуальных практических занятий с использованием пакета программ MathCAD позволило в группах А-05 и А-06 получить значительно более высокую успеваемость. Особенно это сказалось при выполнении курсовой работы, которая базируется на использовании MathCADa. Студенты групп А-05 и А-06 получили большую практику при работе с программой MathCAD и это обеспечило лучшие результаты при выполнении курсовой работы. Проведение виртуальных практических занятий в группах А-05 и А-06 оказалось возможным ввиду их малочисленности.

### 3.3. Выводы

По результатам выполнения работ по теме № М1-06 можно сделать следующие выводы.

1. Преподавателями секции ТОЭ кафедры «Электромеханика и ТОЭ» по большинству изучаемых в курсе ТОЭ тем разработаны учебные видеофильмы, тренажёры и программы проведения виртуальных практических занятий.
2. В учебном процессе опробовано применение всех разработанных программ.
3. Применение разработанных программ приводит к повышению качества подготовки студентов; заинтересовывает студентов и побуждает их изучать теоретический материал более качественно; закрепляет знание теоретического материала.
4. Широкому внедрению в учебный процесс разработанных программ виртуальных практических занятий препятствует ограниченный доступ студентов к работе на компьютерах из-за малого их парка.
5. Работу по составлению программ виртуальных практических занятий и внедрению их в учебный процесс целесообразно продолжить.

#### 4. РАЗРАБОТКА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОВЫШАЮЩИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ, ИХ ВНЕДРЕНИЕ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Самостоятельная работа студентов осуществляется по нескольким направлениям. Это – подготовка к аудиторным занятиям (лекциям, упражнениям, лабораторным работам), а также выполнение домашних заданий по решению задач расчетно-графических работ (РГР). Что касается подготовки к аудиторным занятиям, то в методобеспечении каждой дисциплины излагаются рекомендации по наиболее рациональному выполнению этого вида работы, добавить к которым что-то новое вряд ли удастся. А вот с РГР ситуация иная.

Выполнение задач расчетно-графических работ является важнейшей частью учебного процесса по ТОЭ. Оно помогает студентам самостоятельно проработать основные теоретические положения лекционного материала, собственноручно «пощупать» все методы расчета как простых, так и достаточно сложных электрических и магнитных цепей (как линейных, так и нелинейных), причем как в установившихся режимах, так и при переходных процессах, а также порепетироваться в расчете электромагнитных полей, если изучение последних входит в учебный план специальности студента. По этой причине РГР входят в учебные планы студентов всех специальностей, изучающих курс ТОЭ, и на их выполнение отводится достаточно большое число часов (до 30% от числа часов, отводимых на аудиторные занятия).

В большинстве задач РГР осуществляется проверка правильности решения, поскольку неправильное решение может привести к очень серьезным неприятным последствиям, в том числе и к аварийным ситуациям. По этому поводу среди электриков ходит поговорка: электричество ошибок не прощает. Многие студенты не имеют необходимых навыков правильной счетной работы, что приводит к ошибкам вычислений, к тому, что решение не сходится и его

приходится повторять, а зачастую и неоднократно. Это приводит к значительному увеличению времени решения задач по сравнению с запланированным и отвлекает студентов от их главной задачи – умения составлять уравнения электрического состояния цепей и умения анализировать полученные результаты. Именно это является отличительным признаком инженера-электрика, хотя умение правильно вести расчеты электрических цепей должно быть также присущим ему.

На наш взгляд рациональное использование персональных ЭВМ (ПЭВМ) позволяет существенно изменить ситуацию в лучшую сторону.

#### 4.1. Разработка новых программ решения с помощью ПЭВМ наиболее трудоемких задач ТОЭ

Попытки использования ПЭВМ для решения задач РГР предпринимались и ранее. Наиболее удачный опыт отражен в [21]. Применение ПЭВМ для решения задач РГР оказалось настолько эффективным, что было решено существенно расширить круг задач, решаемых с использованием компьютера. Коллектив авторов настоящего отчета разработал целый ряд новых программ решения с помощью ПЭВМ не только наиболее трудоемких задач РГР, но и более сложных задач, которые могут быть предметом научно-исследовательской работы студентов, задачами олимпиад по ТОЭ и т.д. При их разработке мы исходили из того, что всю интеллектуальную или инженерную часть работы (подготовка электрической схемы к расчету, составление уравнений ее состояния, анализ результатов) выполняет студент, а на плечи ПЭВМ перекладывается вся вычислительная работа, которая выполнит её безошибочно. Все программы разработаны в системе MathCAD [22], которая ориентирована на решение инженерных задач и, по нашему мнению, в настоящее время является наиболее совершенной системой, позволяющей успешно решать задачи ТОЭ.

Все студенты, изучающие курс ТОЭ, выполняют РГР по следующему источнику: «Методические указания и домашние задания для выполнения расчетно-графических работ (РГР) по теоретической электротехнике» [20]. В дополнение к ранее разработанным [21] нами составлено 17 новых программ решения задач из этого источника, которые как по нашему мнению, так и по мнению студентов являются также наиболее трудоёмкими. В приложении 5 приведены примеры некоторых из вновь разработанных программ. Там же приведены некоторые программы решения на компьютере более сложных задач, не входящих в вышеуказанные методуказания по РГР [20]. Всего было разработано 8 таких программ.

4.2. Опробование, результаты внедрения в учебный процесс программ решения наиболее трудоёмких задач РГР и исследование эффективности их применения

Все разработанные программы опробованы в основном студентами специальностей ЭС, ЭСиС, ЭСЭ, СПУ, ЭАПУ, ТКС, АСУ, ЭлС, а также частично студентами других специальностей. Правда добиться стопроцентного охвата студентов решением задач РГР на ПЭВМ не удастся из-за отсутствия достаточного количества компьютеров. В этом плане несколько облегчающим обстоятельством является то, что всё большее и большее число студентов имеют домашние компьютеры и используют их для решения задач РГР. Правда, процент таких студентов пока невелик (примерно 20%). Для оценки целесообразности применения ПЭВМ для решения задач РГР были произведены исследования путём опроса студентов нескольких групп, в которых были как студенты, решавшие задачи РГР с помощью компьютера, так и студенты, решавшие эти же задачи «вручную». Результаты этих исследований приведены ниже. В табл. 4.1 приведены данные по затратам времени студентов на решение задачи 2.3 (первая часть курса «Теоретические основы электротехники») для двух групп – СПУ-06 (электротехнический



факультет) и ЭлС-06 (факультет компьютерных информационных технологий и автоматики).

Таблица 4.1 – Результаты исследования затрат времени на решение задачи 2.3

Группа	Число студентов	Решение с помощью ПЭВМ			Решение «вручную»		
		Число решавших	Средняя затрата времени на решение, мин	Средняя затрата времени на оформление, мин	Число решавших	Средняя затрата времени на решение, мин	Средняя затрата времени на оформление, мин
СПУ-06	24	12	31	60	12	172	60
ЭлС-06	17	11	29,5	60	6	184	60

В табл. 4.2 приведены данные по средним затратам времени студентов на решение задачи 3.4 (первая часть курса ТОЭ) для двух групп – ЭАПУ-06а (электротехнический факультет) и ЭлС-06 (факультет компьютерных информационных технологий и автоматики).

Таблица 4.2 – Результаты исследования затрат времени на решение задачи 3.4

Группа	Число студентов	Решение с помощью ПЭВМ			Решение «вручную»		
		Число решавших	Средняя затрата времени на решение, мин	Средняя затрата времени на оформление, мин	Число решавших	Средняя затрата времени на решение, мин	Средняя затрата времени на оформление, мин
ЭАПУ-06а	23	9	33,5	60	12	132	60
ЭлС-06	17	11	29	60	6	141	60

В табл. 4.3 приведены данные по средним затратам времени студентов на решение задачи 6.1 (первая часть курса «Теоретические основы электротехники») для групп ЭлС-06 (факультет компьютерных информационных технологий и автоматики) и ЭСЭ-06в (электротехнический факультет).

Таблица 4.3 – Результаты исследования затрат времени на решение задачи 6.1

Группа	Число студентов	Решение с помощью ПЭВМ			Решение «вручную»		
		Число решавших	Средняя затрата времени на решение, мин	Средняя затрата времени на оформление, мин	Число решавших	Средняя затрата времени на решение, мин	Средняя затрата времени на оформление, мин
ЭлС-06	17	11	29,6	60	6	157	60
ЭСЭ-06в	22	9	34,8	60	13	149	60

В табл. 4.4 приведены данные по средним затратам времени студентов на решение задачи 7.6 (вторая часть курса ТОЭ) для двух групп – СПУ-06 (электротехнический факультет) и СУА-06а (факультет компьютерных информационных технологий и автоматики).

Таблица 4.4 – Результаты исследования затрат времени на решение задачи 7.6

Группа	Число студентов	Решение с помощью ПЭВМ			Решение «вручную»		
		Число решавших	Средняя затрата времени на решение, мин	Средняя затрата времени на оформление, мин	Число решавших	Средняя затрата времени на решение, мин	Средняя затрата времени на оформление, мин
СПУ-06	24	12	39	60	15	139	60
СУА-06а	19	11	37,2	60	8	136,7	60

В табл. 4.5 приведены данные по средним затратам времени студентов на решение задачи 12.6 (третья часть курса ТОЭ) для двух групп электротехнического факультета – ЭС-06 и ЭСиС-06.

Таблица 4.5 – Результаты исследования затрат времени на решение задачи 12.6

Группа	Число студентов	Решение с помощью ПЭВМ			Решение «вручную»		
		Число решавших	Средняя затрата времени на решение, мин	Средняя затрата времени на оформление, мин	Число решавших	Средняя затрата времени на решение, мин	Средняя затрата времени на оформление, мин
ЭС-06	19	14	42,3	60	5	128	60
ЭСиС-06	14	12	41,8	60	2	131,9	60

Как следует из приведенных выше данных, исследованием охвачено решение задач РГР по всем трём частям курса ТОЭ. При рассмотрении данных табл. 4.1 - 4.5 прежде всего бросается в глаза значительное (в 3 и более раз) уменьшение затрат времени на решение задач при использовании компьютеров по сравнению с «ручным» решением. Это прежде всего объясняется тем, что во всех задачах предусмотрена проверка правильности расчета. При «ручном» расчете очень часто случаются ошибки вычислений и указанная проверка не сходится. Поэтому студентам приходится искать эти ошибки и повторять расчет, а зачастую и неоднократно. Понятно, что это приводит к резкому увеличению затрат времени на решение задач. Отказаться же от указанных проверок нет возможности, поскольку электрические цепи должны рассчитываться безошибочно, иначе на практике это может привести к аварийным ситуациям и катастрофическим последствиям. При решении же задачи с помощью компьютера ошибки вычислений исключены. Правда, при решении задач с помощью ПЭВМ также бывают случаи, что проверка не сходится, однако это происходит из-за ошибок в исходных уравнениях, составленных в буквенном виде. Обнаружить эти ошибки на несколько порядков проще, чем ошибки вычислений, тем более, что эти уравнения, как правило, проверяются преподавателем. Вышесказанное свидетельствует о важнейшем преимуществе использования ПЭВМ для решения задач РГР: у студента появляется значительно большая возможность заниматься

интеллектуальной, чисто инженерной и наиболее ответственной работой, связанной с расчетом электрических цепей и электромагнитных полей.

Данные кроме всего прочего свидетельствуют о том, что время на оформление решения задач практически одинаково как при «ручном» решении, так и при использовании компьютеров.

Следует иметь в виду, что в табл. 4.1 - 4.5 приведены лишь выборочные результаты исследований. В связи с этим добавим еще некоторые наблюдения преподавателей по данному вопросу. Не редки случаи, когда с помощью ПЭВМ студенты решали задачи РГР по программам, разработанным самостоятельно (и не только в системе MathCAD), в том числе задачи, программы решения которых нами не были разработаны. Последнее больше всего имело место у студентов факультета «Вычислительная техника и информатика». Имели место случаи, когда студенты с помощью компьютера решали не всю задачу, а только её часть, в частности, большой популярностью у студентов пользовалось применение ПЭВМ для построения сложных графиков, требуемое в ряде задач.

### 4.3. Выводы

По результатам выполнения третьего-четвёртого этапов календарного плана по теме № М1-2006 можно сделать следующие выводы.

1. В дополнение к имеющимся в системе MathCAD разработаны программы решения еще 17 наиболее трудоёмких задач РГР по всем трём частям курса ТОЭ.
2. Разработано 8 программ решения более сложных чем в РГР задач ТОЭ, могущих быть предметом научно-исследовательской работы студентов, задачами олимпиад по ТОЭ и т.д.
3. В учебном процессе опробовано применение всех вновь разработанных программ.
4. Применение ПЭВМ для решения наиболее трудоёмких задач ТОЭ приводит к значительному сокращению времени решения этих задач; делает вполне посильным их решение даже студентами со слабой

подготовкой; побуждает и дает возможность студентам больше заниматься интеллектуальной, чисто инженерной работой по расчету электрических цепей и электромагнитных полей. Эффективность использования компьютеров для решения задач РГР убедительно доказана проведенными исследованиями.

5. Широкому внедрению в учебный процесс разработанных программ решения задач РГР препятствует недостаточный доступ студентов к работе на компьютерах из-за малого их парка.
6. Работу по составлению программ решения задач РГР и внедрению их в учебный процесс целесообразно продолжить.

## ВЫВОДЫ

В результате выполнения работ по теме М1-06 сделано следующее.

1. Проанализированы существующие методики проведения практических занятий по курсу ТОЭ. При этом установлено, что совершенствование методики должно быть направлено на развитие выпускника ориентироваться в потоке новой информации, самостоятельно делать осознанный аргументированный выбор.

2. В целях совершенствования практических занятий составлены и изданы учебные пособия по решению задач, содержащие глубоко дифференцированный многоуровневый пакет задач по всем трём частям курса ТОЭ.

3. Разработанные учебные пособия по решению задач эффективно используются в учебном процессе.

4. Разработано 15 видеофильмов, 22 тренажера и 8 математических моделей, большинство из которых внедрено в учебный процесс по ТОЭ.

5. Составлены инструкции по проведению 7 виртуальных практических занятий. Эффективность проведения таких занятий убедительно доказана их апробацией.

6. В дополнение к имеющимся в системе MathCAD разработаны программы решения еще 17 наиболее трудоёмких задач РГР по всем трём частям курса ТОЭ.

7. Разработано 8 программ решения более сложных чем в РГР задач ТОЭ, могущих быть предметом научно-исследовательской работы студентов, задачами олимпиад по ТОЭ и т.д.

8. В учебном процессе опробовано применение всех вновь разработанных программ.

9. Разработаны и опробованы эффективные методики проведения практических занятий в аудитории. Однако материальная база вузов не

соответствует современным требованиям и нуждается в кардинальном улучшении. Только при этих условиях возможно применение новых методик.

10. Работу по совершенствованию методики преподавания курса ТОЭ путём разумного использования ПЭВМ целесообразно продолжить.

## ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. М.В. Головка. Загальні тенденції та психолого-педагогічні проблеми запровадження сучасних технологій навчання. // Нові технології навчання: Наук.-метод. зб./ Кол. авт. – К.: Наук.-метод. центр вищої освіти, 2001. – Вип. 30. – 254 с. С. 89-98.

2. В.В. Кобильченко. Формування особистості як психолого-педагогічна проблема. // Нові технології навчання: Наук.-метод. зб./ Кол. авт. – К.: Наук.-метод. центр вищої освіти, 2001. – Вип. 31. – 222 с. С. 3-12.

3. А.Н. Власенко. Особистісно орієнтований підхід у вихованні майбутніх освітян. // Нові технології навчання: Наук.-метод. зб./ Кол. авт. – К.: Наук.-метод. центр вищої освіти, 2001. – Вип. 31. – 222 с. С. 12-18.

4. Бех І.Д. Особисто зорієнтоване виховання: Науково-метод. посібник. – К.: ІЗМН, 1998. – 204с.

5. Синьов В.М., Пометун О.І., Кривіша В.І., Супрун М.О. Основи теорії виховання: Навчальний посібник. – К.: РВВ КІВС, 2000. – 140с.

6. Г.А. Атанов. Обучение, работающее на рынок / Г.А. Атанов [Електронний ресурс] // Проблеми і шляхи вдосконалення науково-методичної та навчально-виховної роботи в ДонНТУ: Матеріали III-ї наук. метод. конф., 6-7 лютого 2007р., м. Донецьк. – Донецьк, 2007. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM).

7. А.В. Шевченко. Творча робота студентів при вивченні математики на педагогічному факультеті вищого навчального педагогічного закладу. // Нові технології навчання: Наук.-метод. зб./ Кол. авт. – К.: Наук.-метод. центр вищої освіти, 2001. – Вип. 31. – 222 с. С. 165-172.

8. Методические указания по проведению практических занятий по курсу «Теоретические основы электротехники» / Рыбалко Н.П., Фурсов В.И., Корниенко В.П., Полякова В.Ф. – Донецк: ДПИ, 1982. – 68с.



9. Методические указания по проведению практических занятий по курсу «Теоретические основы электротехники» / Рыбалко Н.П., Денник В.Ф., Жемчугов Н.И., Черников В.Ю. – Донецк: ДПИ, 1982. – 68с.

10. Программа, методические указания, типовые примеры и задачи по курсу «Теоретические основы электротехники» / Фурсов В.И., Никорюк Н.С. – Донецк: ДПИ, 1986. – 48с.

11. Методические указания по проведению практических занятий по курсу «Теоретические основы электротехники» (Несинусоидальные напряжения и токи. Переходные процессы). – Запорожье: ЗИИ, 1983. – 34с.

12. Методические указания по проведению практических занятий по курсу «Теоретические основы электротехники» (Линейные электрические цепи). – Запорожье: ЗИИ, 1983. – 44с.

13. Методические указания по проведению практических занятий по курсу «Теоретические основы электротехники» (Нелинейные электрические цепи. Теория электромагнитного поля). – Запорожье: ЗИИ, 1983. – 51с.

14. Временной метод анализа процессов в электрических цепях: Учебн. пособие / Д.С. Колобков, Л.Д. Фесенко. – К.: УМК ВО, 1988. – 56с.

15. Программа и методические указания к самостоятельной работе по курсу ТОЭ. Ч.1 – Донецк: ДПИ, 1988. – 84с.

16. Программа и методические указания к самостоятельной работе по курсу ТОЭ, ч.2. – Донецк: ДПИ, 1992. – 121с.

17. И.П. Заболотный. Применение информационных технологий в учебном процессе по специальности электрические системы и сети / И.П. Заболотный [Электронный ресурс] // Проблеми і шляхи вдосконалення науково-методичної та навчально-виховної роботи в ДонНТУ: Матеріали III-ї наук. метод. конф., 6-7 лютого 2007р., м. Донецьк. – Донецьк, 2007. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM).

18. Учебное пособие по решению задач по теоретической электротехнике. Часть I. Донецк: ДонНТУ, 2007. – 222с.

19. Учебное пособие по решению задач по теоретической электротехнике. Часть II. – Донецк: ДонНТУ, 2008. – 237с.
20. Учебное пособие по решению задач по теоретической электротехнике. Часть III. – Донецк: ДонНТУ, 2009. – 202с.
21. Методические указания и домашние задания для выполнения расчетно-графических работ (РГР) по теоретической электротехнике / под общей ред. проф. Денника В.Ф. – Донецк: ДонГТУ, 2000, 68 с.
22. Исследование эффективности применения ПЭВМ в учебном процессе по ТОЭ. Отчет о НИР № МЗ-2003. – Донецк: ДонНТУ, 2005. – 116с.
23. Дьяконов В.П. Справочник по MathCAD PLUS 7.0 PRO – М.: СК Пресс, 1998. 352с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

## ПЕРЕЧЕНЬ РАЗРАБОТАННЫХ ВИДЕОФИЛЬМОВ

1. Повышение КПД ЛЭП путём включения ёмкости параллельно нагрузке.
2. Трёхфазная цепь при соединении звездой (уменьшение сопротивления фазы А до нуля).
3. Трёхфазная цепь при соединении звездой (увеличение сопротивления фазы А до бесконечности).
4. Трёхфазная цепь при соединении треугольником (уменьшение сопротивления фазы АВ до нуля).
5. Трёхфазная цепь при соединении треугольником (увеличение сопротивления фазы АВ до бесконечности).
6. Синтез меандра (прямоугольного сигнала).
7. Синтез пилообразного сигнала.
8. Динамические свойства  $r$ -L-C-цепи. Исследование переходного процесса и корневого годографа при включении цепи на постоянное напряжение.
9. Исследование кривой тока при работе выпрямителя на  $r$ -L-нагрузку.
10. Исследование катушки с ферромагнитным сердечником.
11. Волновые процессы в линии без потерь.
12. Стоячие волны в ЛБП.
13. Многократные отражения в ЛБП.
14. Прохождение волны мимо сосредоточенной индуктивности.
15. Прохождение волны из кабельной линии в воздушную мимо индуктивности.

## ПЕРЕЧЕНЬ РАЗРАБОТАННЫХ ТРЕНАЖЁРОВ

1. Рабочие характеристики источника постоянной ЭДС.
2. Линейные цепи постоянного тока. Исследование работы двух источников ЭДС в одном контуре.
3. Исследование частотных характеристик цепей  $r$ -C,  $r$ -L,  $r$ -L-C.
4. Исследование вольтамперных (внешних) характеристик источника синусоидальной ЭДС.
5. Исследование резонанса напряжений.
6. Исследование резонанса токов.
7. Повышение коэффициента мощности нагрузки.
8. Расчёт разветвлённой цепи переменного тока.
9. Расчёт сложной цепи с любым количеством ветвей и узлов.
10. Расчёт несимметричной трёхфазной цепи при соединении звездой.

11. Расчёт несимметричной трёхфазной цепи при соединении треугольником.
12. Представление несимметричной системы векторов симметричными составляющими.
13. Исследование однофазного замыкания на землю в симметричной трёхфазной цепи при наличии компенсирующего дросселя в нейтрали (установившийся режим).
14. Исследование частотных характеристик фильтра низких частот.
15. Исследование частотных характеристик фильтра высоких частот.
16. Исследование частотных характеристик полосового фильтра.
17. Исследование частотных характеристик заграждающего фильтра.
18. Исследование процесса прохождения периодических прямоугольных импульсов через полосовой реактивный фильтр (квазиустановившийся режим).
19. Расчёт переходных процессов в линейной электрической цепи операторным методом.
20. Расчёт переходных процессов с использованием интеграла Дюамеля.
21. Расчёт разветвлённой магнитной цепи графическим методом и методом последовательных приближений.
22. Исследование переходного процесса при трёхфазном коротком замыкании.

#### ПЕРЕЧЕНЬ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Расчёт цепей постоянного тока методами наложения и эквивалентного генератора.
2. Расчёт цепи синусоидального тока при наличии индуктивной связи.
3. Расчёт трёхфазной цепи, соединённой треугольником.
4. Расчёт трёхфазной цепи методом симметричных составляющих.
5. Расчёт переходных процессов операторным методом.
6. Расчёт переходных процессов с использованием интеграла Дюамеля.
7. Расчёт разветвлённой магнитной цепи методом двух узлов.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

MathCAD-программа тренажёра №12 «Представление несимметричной системы векторов симметричными составляющими»

По поводу MathCAD-программ следует обращаться по e-mail:  
korosh\_aleks@mail.ru.

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Инструкции по проведению разработанных виртуальных практических занятий.

#### ВИРТУАЛЬНОЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1. Расчёт цепей постоянного тока методами наложения и эквивалентного генератора.

*Цель работы.* Изучение методов расчета цепей постоянного тока (метод наложения и метод эквивалентного генератора) с применением пакета программ MathCAD. Проверка расчета по балансу мощностей.

##### *Методические указания к выполнению работы*

1. Перед выполнением работы ознакомиться с теоретическим материалом по темам: принцип и метод наложения; теорема об активном двухполюснике и метод эквивалентного генератора; баланс мощностей для цепи постоянного тока.
2. В соответствии со своим вариантом переписать условие задачи 2.3 [20].
3. Во время домашней подготовки составить формулы для расчета цепи методом наложения и методом эквивалентного генератора.
4. В аудитории (в компьютерном классе) набрать в MathCAD формулы и переписать результаты вычислений.
5. В отчете представить расчетные схемы с указанием номиналов элементов, направлений токов и напряжений; формулы расчета цепи методами наложения и эквивалентного генератора и результаты расчета.

##### *Вопросы для самопроверки*

1. В чём заключается принцип наложения?
2. Можно ли применять принцип наложения при расчёте мощностей? А при расчёте нелинейных цепей? Если нельзя, то почему?
3. Как учитываются направления частных токов при нахождении полных токов?
4. В чём заключается теорема об эквивалентном генераторе?
5. Как определяются параметры (ЭДС и внутреннее сопротивление) эквивалентного генератора?
6. Какой порядок расчета токов методом наложения? А методом эквивалентного генератора?
7. Как определяются мощности резисторов нагрузки, источников ЭДС, источников тока?
8. В чём сущность баланса мощностей? Как он составляется?

#### ВИРТУАЛЬНОЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2. Расчёт цепи синусоидального тока при наличии индуктивной связи.

*Цель работы.* Освоение методики расчета символическим методом сложной цепи синусоидального тока при наличии индуктивной связи с применением пакета программ MathCAD.

##### *Методические указания к выполнению работы*

1. Перед выполнением работы ознакомиться с теоретическим материалом по темам: символический метод расчёта цепей синусоидального тока; цепи с взаимной индуктивностью.
2. В соответствии со своим вариантом переписать условие задачи 3.5 [20].
3. Во время домашней подготовки составить необходимые формулы для расчета заданной цепи.

4. В аудитории (в компьютерном классе) решить с помощью MathCAD систему уравнений, составленную по законам Кирхгофа; составить и решить систему уравнений методом контурных токов; выполнить развязку индуктивной связи и рассчитать символическим методом полученную простую цепь; определить активную мощность, передаваемую через магнитное поле от одной катушки к другой; определить показание вольтметра.

5. В отчете представить расчетные схемы с указанием номиналов элементов, направлений токов и напряжений; формулы расчета цепи всеми требуемыми методами; построенную на миллиметровке или листке в клетку с соблюдением масштабов по результатам расчетов векторную или топографическую диаграмму.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. В чём заключается явление взаимной индукции? Дать определение индуктивно связанных элементов.
2. Дать определение одноимённых выводов.
3. Как определяются одноимённые выводы у катушек, если видно направление их намотки?
4. Как определяется знак напряжения взаимной индукции в уравнениях, составляемых по второму закону Кирхгофа?
5. Сформулировать правило развязки индуктивной связи.
6. По какой формуле вычисляется активная мощность, передаваемая через магнитное поле от одной катушки к другой?

### ВИРТУАЛЬНОЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3. Расчёт трёхфазной цепи, соединённой треугольником.

*Цель работы.* Изучение методики расчета трёхфазной цепи с учётом сопротивлений проводов линии при соединении нагрузки треугольником с применением пакета программ MathCAD.

#### *Методические указания к выполнению работы*

1. Перед выполнением работы ознакомиться с теоретическим материалом по теме: трёхфазные цепи. В случае наличия в трёхфазной цепи нескольких несимметричных приёмников, соединённых различными способами, или при учёте сопротивления линии расчёт цепи выполняется путем сведения её к соединению «звездой». При этом сопротивления линии учитываются в фазных сопротивлениях нагрузки. Линейные токи вычисляются как в случае обычной несимметричной «звезды». А после определения падения напряжения в проводах линии и нахождения напряжений нагрузки расчет токов нагрузки можно выполнить по стандартной методике расчета несимметричных трёхфазных цепей.

2. В соответствии со своим вариантом переписать условие задачи 5.3 [20].
3. Во время домашней подготовки составить необходимые формулы для расчета заданной цепи.
4. В аудитории (в компьютерном классе) выполнить необходимые расчеты с помощью MathCAD. По результатам расчетов построить в масштабе топографическую диаграмму, совмещённую с векторной диаграммой токов.
5. В отчете представить расчетные схемы с указанием номиналов элементов, направлений токов и напряжений; формулы расчета цепи; построенную диаграмму.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Что такое смещение нейтрали? По какой формуле оно вычисляется?
2. Как определяются падения напряжения в проводах линии?
3. Расскажите порядок построения топографической диаграммы при соединении приемника «звездой», «треугольником».

4. Покажите на диаграмме фазные и линейные напряжения и токи источника и приемника.

#### ВИРТУАЛЬНОЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4. Расчёт трёхфазной цепи методом симметричных составляющих.

*Цель работы.* Изучение методики расчета несимметричной трёхфазной цепи методом симметричных составляющих с применением пакета программ MathCAD.

##### *Методические указания к выполнению работы*

1. Перед выполнением работы ознакомиться с теоретическим материалом по теме: расчёт несимметричных трёхфазных цепей методом симметричных составляющих.
2. В соответствии со своим вариантом переписать условие задачи 5.4 [20].
3. Во время домашней подготовки выполнить расчёт заданной симметричной трёхфазной цепи (в общем виде), вычертить симметричные схемы прямой, обратной и нулевой последовательностей при наличии участка несимметрии (УН), составить систему уравнений для нахождения симметричных составляющих напряжений и токов.
4. В аудитории (в компьютерном классе) выполнить расчёт заданной симметричной трёхфазной цепи (в числах), решить составленную систему уравнений с помощью MathCAD, получить значения требуемых по условию токов и напряжений.
5. В отчете представить расчетные схемы с указанием номиналов элементов, направлений токов и напряжений; формулы расчета цепи; результаты расчёта нужных токов и напряжений; вывод по влиянию УН на режим трёхфазной цепи.

##### *Вопросы для самопроверки*

1. В каких случаях применяется метод симметричных составляющих (МСС)?
2. В чём сущность МСС, каков порядок расчёта?
3. Каковы особенности составления симметричных схем различных последовательностей?

#### ВИРТУАЛЬНОЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5. Расчёт переходных процессов операторным методом.

*Цель работы.* Изучение операторного метода расчета переходных процессов; освоение операторного метода с применением пакета программ MathCAD.

##### *Методические указания к выполнению работы*

1. Перед выполнением работы ознакомиться с теоретическим материалом по темам: общие понятия переходных процессов; расчет переходных процессов в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами операторным методом.
2. В соответствии со своим вариантом переписать условие задач 7.4, 7.5 [20]. Иметь решенные задачи 7.1, 7.2, 7.3 [20].
3. Во время домашней подготовки вычислить независимые начальные условия и нарисовать эквивалентные операторные схемы.
4. В аудитории (в компьютерном классе) внести в уже имеющуюся MathCAD-программу свои данные и переписать результаты вычислений.
5. В отчете представить расчетные схемы с указанием номиналов элементов, направлений токов и напряжений; формулы расчета изображений токов и напряжений и результаты расчета, которые должны быть сравнены с результатом решения задач 7.1, 7.2, 7.3. Сделать выводы, в которых отразить преимущества и недостатки применения операторного метода в компьютерном виде.

##### *Описание программы*



Программа составлена для расчета переходного процесса в простой цепи (с одним источником любой формы напряжения) со смешанным соединением трёх ветвей. В каждой ветви предусмотрено включение резистора, индуктивности, ёмкости. Их наличие задаётся коэффициентами  $k$  (1 – наличие элемента, 0 – отсутствие). Для каждой индуктивности и ёмкости предусмотрено задание независимых начальных условий. Составлены формулы в операторной форме для сопротивлений, узлового напряжения и токов ветвей, по которым с помощью обратного преобразования Лапласа (операция  $\text{invlaplace}$ ) получают оригиналы токов. По полученным формулам оригиналов могут быть построены графики токов или напряжений в функции времени. Распечатка программы прилагается.

*Вопросы для самопроверки*

1. Какой режим работы цепи называется *переходным процессом*?
2. Сформулируйте *законы коммутации*. Где их используют в операторном методе расчёта?
3. Что такое *независимые начальные условия*? Как их определяют? Почему они так называются?
4. Как составляется *эквивалентная операторная схема*?
5. Что такое *внутренняя операторная ЭДС*? Что она учитывает, где применяется?
6. Какой порядок расчета токов и напряжений операторным методом?
7. Как находят изображения токов и напряжений?
8. Какие способы нахождения оригиналов величин по их изображениям Вы знаете?

## ВИРТУАЛЬНОЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6. Расчёт переходных процессов с использованием интеграла Дюамеля.

*Цель работы.* Освоение методики расчета переходного процесса в линейной электрической цепи с использованием интеграла Дюамеля при воздействии на вход цепи напряжения произвольной формы.

*Методические указания к выполнению работы*

1. Перед выполнением работы ознакомиться с теоретическим материалом по темам: общие понятия переходных процессов; расчет переходных процессов в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами классическим или операторным методом; использование интеграла Дюамеля при расчете переходных процессов.
2. В соответствии со своим вариантом переписать условие задачи 7.6 [20].
3. Во время домашней подготовки записать заданное напряжение источника в аналитическом виде, классическим или операторным методом рассчитать переходную функцию.
4. В аудитории (в компьютерном классе) внести в уже имеющуюся MathCAD-программу необходимые данные и переписать результаты вычислений.
5. В отчете представить исходную схему с указанием номиналов элементов, направлений необходимых токов и напряжений; расчёт переходной функции; ответ для искомой электрической величины в аналитическом виде; график этой величины в функции времени. Сделать вывод о целесообразности применения компьютерных программ при расчёте переходных процессов.

*Описание программы*

Программа выполняет вычисление определённых интегралов, необходимых для получения искомой функции (тока или напряжения) и построение графика её временной зависимости. Исходными данными для программы являются напряжение источника, представленное в аналитическом виде, и формула переходной функции. Распечатка программы прилагается.

*Вопросы для самопроверки*

1. Какой режим работы цепи называется *переходным процессом*?

2. Что такое *переходная функция*, *переходная проводимость*? Как они вычисляются, при каких условиях?
3. Что такое *нулевые независимые начальные условия*? Почему они так называются?
4. Запишите формулы общего вида интеграла Дюамеля. Сколько раз применяется эта конструкция и почему столько раз?
5. Объясните физику процесса в Вашей цепи. Почему рассчитанный ток (или напряжение) имеет такой характер?

## ВИРТУАЛЬНОЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7. Расчёт разветвлённой магнитной цепи методом двух узлов.

*Цель работы.* Изучение методики расчета разветвлённой магнитной цепи методом двух узлов в графическом исполнении, а также метода последовательных приближений с использованием пакета программ MathCAD.

### *Методические указания к выполнению работы*

1. Перед выполнением работы ознакомиться с теоретическим материалом по темам: метод двух узлов; разветвлённые магнитные цепи постоянного тока; законы Ома и Кирхгофа для магнитных цепей; метод последовательных приближений, его сущность.
2. В соответствии со своим вариантом переписать условие задачи 8.5 [20].
3. Во время домашней подготовки составить расчётную схему, записать для неё уравнения по законам Кирхгофа, продумать последовательность расчёта цепи методом последовательных приближений.
4. В аудитории (в компьютерном классе) внести в программу свои данные, откорректировать формулы для построения вебер-амперных характеристик в соответствии со своей схемой, набрать формулы для расчёта рабочей точки цепи методом последовательных приближений. Используя составленную программу, нарисовать нужные графики вебер-амперных характеристик вручную или с помощью компьютера, по которым приближённо определить координаты рабочей точки цепи (изменяя на компьютерном графике пределы изменения функции и аргумента можно, в принципе, определить координаты рабочей точки с любой степенью точности); методом последовательных приближений (подбором) рассчитать рабочую точку.
5. В отчете представить исходную и расчетную схемы с указанием геометрии магнитной цепи, направлений магнитных потоков токов и напряжений; формулы расчета цепи; графики. Сделать выводы о достоинствах и недостатках изученных методов расчёта магнитных цепей, о точности, которую они обеспечивают и которая необходима при решении подобных задач.

### *Описание программы*

Программа работает с заданной таблично кривой намагничивания, для которой выполнена одномерная параболическая сплайн-интерполяция, благодаря чему вместо дискретной кривой намагничивания получена непрерывная кривая, созданы две зависимости  $B(H)$  и  $H(B)$ .

При расчете координат рабочей точки методом последовательных приближений задаются предварительным значением узлового магнитного напряжения  $U_{\text{mab}}$ , а затем находят его расчётное значение  $U_{\text{mabрасч}}$ . Изменением значения  $U_{\text{mab}}$  добиваются совпадения его с расчётным значением с требуемой точностью (обычно для магнитных цепей расхождение не должно превышать 5%). Распечатка программы прилагается.

### *Вопросы для самопроверки*

1. Что такое *магнитная цепь*?
2. Сформулируйте закон Ома и законы Кирхгофа для магнитных цепей?
3. Как применяется *правило правой руки* при определении направления источников МДС?
4. В чём заключается идея метода двух узлов в графическом исполнении?

5. На основании чего магнитные цепи считаются аналогичными нелинейным электрическим цепям постоянного тока?
6. В чём заключается сущность метода последовательных приближений?
7. С какой погрешностью выполняется расчёт магнитных цепей? В силу каких причин более высокая точность недостижима? Какую точность обеспечивают изученные в лабораторной работе методы расчёта магнитных цепей?

С/ 52-86 - MathCAD-программы.

По поводу MathCAD-программ следует обращаться по e-mail:  
[korosh\\_aleks@mail.ru](mailto:korosh_aleks@mail.ru).