

# ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ MATHCAD В ТОЭ

**А.В. Корощенко, В.Ф. Денник, Е.А. Журавель**

*Изложен опыт применения компьютерной математической системы Mathcad при изучении курса ТОЭ на кафедре «Электромеханика и ТОЭ» ДонНТУ. Дано краткое описание разработанного авторами учебного пособия по широкому применению системы Mathcad в ТОЭ. Сделаны выводы о результатах применения системы Mathcad и даны рекомендации по её применению при изучении других дисциплин.*

Дисциплина «Теоретические основы электротехники» (ТОЭ) является фундаментальной, базовой для студентов не только электротехнических направлений подготовки, но и таких как «Информационные системы и технологии», «Радиотехника», «Электроника и наноэлектроника» и ряд других, в которых дисциплины называются по-разному, но могут рассматриваться как «Теоретическая электротехника». 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.

Изучение достаточно сложного и объемного курса ТОЭ требует от студентов систематической работы как на занятиях в аудитории, так и в процессе самостоятельной работы, например, при изучении учебной литературы. Устоявшаяся методика преподавания ТОЭ предусматривает такие виды работы: лекции, практические занятия (упражнения), лабораторные работы, самостоятельное изучение некоторых разделов курса, решение задач контрольных работ и индивидуальных заданий, оформление отчетов о лабораторных работах, а для некоторых профилей и выполнение курсовой работы. Одним из путей повышения эффективности изучения ТОЭ является более широкое применение персональных компьютеров (ПК) как на аудиторных занятиях, так и особенно при выполнении студентами самостоятельной работы [1, 2].

Особое место в учебном процессе по ТОЭ занимают лабораторные работы, составляющие значительную его часть. Здесь также помощь студентам может оказать использование ПК, причём не только при оформлении отчетов по работам, выполненным на физических установках и моделях, но и при выполнении лабораторных работ на математических моделях (так называемые виртуальные лабораторные работы) [3, 4].

Велика роль ПК при разработке тренажеров и видеофильмов по ТОЭ [1, 5, 6].

Анализируя существующие пакеты прикладных компьютерных программ, авторы пришли к мнению, что для условий применения ПК при изучении ТОЭ наиболее приемлемой является математическая система Mathcad. Она занимает особое место среди множества подобных систем.

Вот конкретные преимущества работы в среде математической системы Mathcad:

- математические выражения в среде Mathcad записываются в их общепринятой нотации: например, числитель находится сверху, а знаменатель – снизу; в интеграле пределы интегрирования также расположены на своих привычных местах. Казалось бы, мелочь, но программа должна быть понятной не только для компьютера, но и для пользователя;

- в системе Mathcad процесс создания программы идет параллельно с ее отладкой. Пользователь, вводя в Mathcad-документ новое выражение, может не только сразу подсчитать, чему оно равно при определенных значениях переменных, но и построить график, что позволяет по его форме увидеть наличие ошибки, если она была допущена при вводе формул;

- в систему Mathcad интегрирован довольно мощный математический аппарат, который позволяет решать возникающие проблемы без вызова внешних процедур: решение алгебраических уравнений и их систем (линейных и нелинейных); решение дифференциальных уравнений и их систем; выполнение интерполяции и аппроксимации; работа с векторами и матрицами, с вещественными и комплексными числами; поиск минимумов и максимумов функциональных зависимостей;

- решая поставленную задачу, пользователь может вводить не только числовые значения переменных, но и дополнить их размерностями;

- система Mathcad оборудована средствами анимации, что позволяет визуализировать созданные модели;

- в систему Mathcad интегрированы средства символьной математики, что позволяет решать отдельные задачи не только численно, но и аналитически.

Указанные особенности системы Mathcad особенно важны при её использовании в учебном процессе по ТОЭ, поскольку эта дисциплина очень математизирована.

В Донецком национальном техническом университете более 15 лет практиковалось применение системы Mathcad в учебном процессе по ТОЭ. За это время накоплен достаточно богатый опыт [1, 3-7], использованный при подготовке учебного пособия [8], основной целью которого является предоставление помощи студентам при углубленном освоении системы Mathcad и использовании её в учебном процессе. Пособие не является справочником, а скорее дополнением к литературным источникам, посвященным системе Mathcad и ее практическому использованию. Материал пособия изложен с учётом того, что использующие его студенты обладают достаточным запасом знаний по высшей математике и физике, а также знакомы с основами применения системы Mathcad.

Материал пособия разбит на ряд частей. Он содержит краткие сведения о системе Mathcad и приемах работы с его математическим редактором, которые используются в курсе ТОЭ. Это связано с тем, что, как показывает

опыт, навыки студентов в части практического применения системы Mathcad недостаточны.

Большая часть пособия представляет собой иллюстрационный материал в виде примеров решения типовых задач. В этом плане использование системы Mathcad настолько эффективно, что многие студенты даже не мыслят себе решения большинства задач без применения ПК с системой Mathcad. Разумное использование ПК при решении задач и особенно индивидуальных заданий, которые являются одним из мощнейших средств усвоения материала дисциплины ТОЭ, 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. Приведем несколько примеров, иллюстрирующих сказанное.

Первый пример касается решения системы 3-4 алгебраических уравнений в комплексных числах. Без применения системы Mathcad это настолько длительно и трудоемко, что не позволяет давать студентам такие задания, а в случае ее применения это легко реализуется студентом любого уровня подготовки. Другое дело, что уровень подготовки выступает на первый план при анализе результатов расчета.

Второй пример относится к расчету переходных процессов операторным методом. Без применения системы Mathcad это возможно только если в цепи действует источник постоянной ЭДС, а дифференциальное уравнение имеет порядок не выше второго. Применение же системы Mathcad позволяет значительно расширить круг предлагаемых задач, не увеличивая время на их решение.

Третий пример – это решение задач по теории электромагнитного поля, например, расчет векторного магнитного потенциала и построение графика его распределения. По сравнению со случаем решения такой задачи «вручную» (без применения ПК) затраты времени уменьшаются в 3-5 раз, если ПК применить [1].

Часть учебного пособия посвящена расчетам, требуемым в отчетах о выполненных на физических моделях лабораторных работах. По некоторым из таких лабораторных работ требуются весьма объемные расчеты. Например, по лабораторной работе, посвященной исследованию цепи несинусоидального тока, требуется разложить в ряд Фурье кривую несинусоидального напряжения, снятую с экрана осциллографа, рассчитать мгновенное и действующее значение тока в цепи и сравнить результаты расчета с экспериментом, в том числе осциллограмму тока и его расчетную кривую. Использование системы Mathcad позволяет в 5-7 раз уменьшить затраты времени на эти расчеты. Можно привести еще ряд подобных примеров.

Еще одна часть учебного пособия посвящена примерам заданий на выполнение лабораторных работ на математических моделях, которые принято называть виртуальными. Такие лабораторные работы наиболее целесообразно реализовывать по направлениям, реализация которых на

физических моделях либо невозможна, либо крайне затруднена. Средства системы Mathcad позволяют реализовывать такие лабораторные работы. В этом плане в пособии [8] приведен ряд примеров заданий на выполнение виртуальных лабораторных работ.

Для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» в рабочей программе по ТОЭ предусмотрено выполнение курсовой работы [7]. В связи с этим в учебном пособии уделено внимание и применению системы Mathcad при выполнении этой курсовой работы. В частности указано, что выполнить её без применения ПК практически невозможно.

Очень эффективным для успешного усвоения материала курса ТОЭ является использование тренажеров и анимационных роликов (видеофильмов). Средства системы Mathcad позволяют реализовывать указанные методические материалы. Авторами учебного пособия разработано и рекламируется несколько десятков таких материалов.

В текст учебного пособия [8], набранный в редакторе Word, имплементированы операторы системы Mathcad, взятые из реальной Mathcad-программы после сохранения её в формате rtf. Они высвечены жёлтым цветом, что позволяет читателю увидеть оригинальный текст программы и при необходимости повторить её на своём компьютере. Рисунок иллюстрирует, как это сделано в пособии.

**Задача 2.1.1.** В электрической цепи рис. 2.1.1а известен ток в ветви с конденсатором (размерности всех величин в системе СИ):

$$i_{C1}(t) := e^{-200 \cdot t} \quad i_{C2}(t) := 0 \quad t_1 := 0.01$$

$$i_C(t) := \begin{cases} i_{C1}(t) & \text{if } 0 \leq t \leq t_1 \\ i_{C2}(t) & \text{otherwise} \end{cases}$$

Дополнительно известно  $u_C(0) = 0$ :  $u_{C0} := 0$

Параметры элементов цепи:  $r := 200$   $C := 40 \cdot 10^{-6}$

Определить:

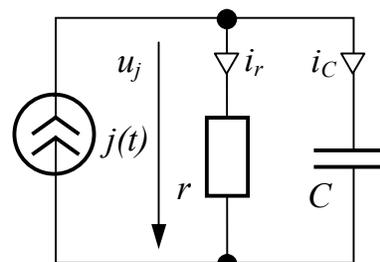


Рис. 2.1.1а

Рисунок – Иллюстрация объединения текста, рисунка и Mathcad-программы в учебном пособии

Для более быстрого составления своих программ студентам помимо пособия, сохранённого в формате pdf, предлагается приложение со всеми исходными Mathcad-программами.

Учитывая то обстоятельство, что студенты младших курсов успешно осваивают систему Mathcad при изучении курса ТОЭ, можно рекомендовать более широкое её применение при изучении таких дисциплин как

«Метрология и электроизмерительная техника», «Электрические машины», «Электрические системы и сети», «Электромагнитные переходные процессы в электрических сетях» и др., а разработанное учебное пособие по применению системы Mathcad может служить образцом по составлению аналогичных учебных пособий при изучении других дисциплин.

Учебное пособие [8] ориентировано на студентов, изучающих курс ТОЭ, однако оно может быть использовано и аспирантами, и научными работниками, и инженерами в их практической работе.

## ВЫВОДЫ

1. Из существующих пакетов прикладных компьютерных программ при изучении ТОЭ наиболее приемлемой является математическая система Mathcad.

2. Систему Mathcad наиболее целесообразно применять в тех случаях, когда вычисления оказываются громоздкими, когда нужна высокая точность результатов, а также при построении графиков, создании видеотренажеров.

3. Эффективность применения системы Mathcad в учебном процессе по ТОЭ доказана многолетним ее применением в Донецком национальном техническом университете. Этот опыт лег в основу разработки учебного пособия [8].

4. Разработанное учебное пособие по применению системы Mathcad может служить образцом по составлению аналогичных учебных пособий при изучении других дисциплин.

## ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Отчёт о НИР № М1-2006 «Усовершенствование методики проведения практических занятий и самостоятельной работы студентов по теоретической электротехнике» (заключительный) / Донецьк, ДонНТУ, 2009. – 86 с. Режим доступа: <http://ea.donntu.org/handle/123456789/29415>.

2. Теоретичні основи електротехніки: зб. задач: навч. посібник / О.В. Корощенко, В.Ф. Денник, О.А. Журавель та ін.; за заг. ред. О.В. Корощенка. – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2012. – 673 с.: іл. – Режим доступа: <http://ea.donntu.org/handle/123456789/28706>.

3. Денник В.Ф., Корощенко А.В., Черноус В.П. Опыт выполнения виртуальных лабораторных работ в учебном процессе по ТОЭ // Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації. №1 (12), 2006, Луганськ. С. 92-95. – Режим доступа: <http://ea.donntu.org/handle/123456789/28669>.

4. Корощенко А.В., Черноус В.П. Опыт использования виртуальных лабораторных работ по курсу ТОЭ // [Электронный ресурс] // Проблеми і шляхи вдосконалення науково-методичної та навчально-виховної роботи в ДонНТУ: Матеріали III-ї наук.-метод. конф., 6-7.02.2007р. Секц. II. – Режим доступа: <http://ea.donntu.org/handle/123456789/28670>.

5. Черноус В.П., Ахмедов Р.Н., Шальнев А.А. Об использовании учебно-исследовательских тренажеров при изучении ТОЭ. // Інженерна освіта у розвитку сучасного суспільства. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. м. Донецьк, 30 травня – 01 червня 2011 р. – Донецьк, ДонНТУ Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, 2011. – 818 с. С. 229-233.

6. Черноус Е.В., Гейер Р.Г., Готин Б.А. Об использовании учебных видеофильмов при изучении ТОЭ. // Инженерна освіта у розвитку сучасного суспільства. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. м. Донецьк, 30 травня – 01 червня 2011 р. – Донецьк, ДонНТУ Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, 2011. – 818 с. С. 234-238.

7. Методические указания к выполнению курсовой работы по теоретическим основам электротехники для студентов специальностей ЭС, ЭСиС и ЭСЭ/ под ред. проф. Денника В.Ф. – Донецк: ДонНТУ, 2005, 100с. – Режим доступа: <http://ea.donntu.org/handle/123456789/28668>.

8. Теоретические основы электротехники. Применение современных вычислительных средств. Учебное пособие / А.В. Корощенко, В.Ф. Денник, Е.А. Журавель и др. – Донецк: ДонНТУ, 2015 – 186 с. Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/cd3210.pdf>.