

УДК 621.313

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПАКЕТОВ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ЭНЕРГОСИСТЕМ АПК

Беззубцева М.М., Волков В.С.

*ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»,
Санкт-Петербург, Пушкин, e-mail: mysnegana@mail.ru*

В статье представлен аналитический обзор пакетов прикладных программ ANSYS Multiphysics, Maxwell, COMSOL Multiphysics, ELCUT, Elmer и Code Aster (Salome). Анализ проведен с целевым назначением выявления наиболее приемлемых программ для расчета, проектирования, моделирования и анализа электромагнитных полей в аппаратах нового принципа действия – электромагнитных механоактиваторах (ЭММА). Выявлено и подтверждено практическими исследованиями, что специализированный программный комплекс Maxwell обладает заданными ключевыми возможностями для достижения поставленных целей при моделировании электромагнитных полей в ЭММА. Комбинация Maxwell с программным комплексом Simplorer позволяет рассчитывать мощные высокоуровневые электрохимические системы. Подобные технологии позволяют выполнить комплексный расчет систем, состоящих из цифровых и аналоговых цепей, датчиков, электромагнитных устройств, механических, гидравлических и других типов нагрузок, и в конечном счете создавать наиболее полную электрохимическую модель конечного продукта.

Ключевые слова: Программные комплексы, энергетические процессы, моделирование, аналитический обзор

ANALYTICAL REVIEW OF THE PACKAGE OF APPLICATION PROGRAMS FOR MODELING OF ENERGY PROCESSES OF CONSUMER ENERGY SYSTEMS AGRO- INDUSTRIAL COMPLEX

Bezzubceva M.M., Volkov V.S.

St.-Peterburg agrarian university, St.-Peterburg, Pushkin, e-mail: mysnegana@mail.ru

There is the analytical review of the package of applied programs: ANSYS Multiphysics, Maxwell, COMSOL Multiphysics, ELCUT, Elmer and Code Aster (Salome) in the article. The purpose of analysis is detection the most acceptable programs for calculation, design, modeling and analysis of electromagnetic fields in apparatus with the new operating principle – electromagnetic mechanical activator. The practical research confirmed that specialized software package Maxwell has opportunities to achieve the goals in the framework of modeling of electromagnetic fields due to electromagnetic mechanical activators. The combination of Maxwell and software package Simplorer allows to calculate powerful high-electromechanical systems. This technology makes possible the calculation of integrated systems consists of digital and analog chains, sensors, electromagnetic devices, mechanical, hydraulic and other loads and as a result help create the most full electromechanical model of the final product.

Keywords: Application programs, energy processes, modeling, analytical review

Метод конечных элементов не один десяток лет известен в математике как способ численного решения задач, которые описываются дифференциальными уравнениями второго порядка в частных производных. Довольно большой спектр инженерные задачи с помощью этого метода в настоящее время можно решить на персональных компьютерах.

Известно достаточно много конечно-элементных пакетов прикладных программ (ППП), в которых расчеты магнитных систем доведены до совершенства. В данной статье будут рассмотрены такие программы, как ANSYS Multiphysics, Maxwell, COMSOL Multiphysics, ELCUT, Elmer и Code Aster (Salome) [1,2].

Весь расчет с помощью таких программ проводится обычно в интерактивном режиме. При этом не нужно писать сложные векторные уравнения теории поля. Такой расчет вполне доступен студентам и инженерам

со знаниями среднего уровня. Программа сама разбивает моделируемое пространство на конечные элементы (треугольники, прямоугольники, тетраэды, параллелепипеды и пр.). Необходимо только построить модель, ввести свойства материалов и граничные условия, запустить расчет и вывести его результаты в числовом и графическом виде. Весь процесс анализа весьма нагляден, как правило, он сопровождается графическими построениями на экране компьютера.

Все конечно-элементные программы можно разбить на две группы: программы, специально предназначенные для расчета магнитных полей, и программы общего назначения, в которых метод конечных элементов используется для решения многих научно-технических задач. Программы первой группы (ELCUT) легки в освоении, но, как правило, предназначены для расчета только двумерных полей, что сильно сужает круг задач, которые стоят перед ними. Программ-

мы второй группы (ANSYS Multiphysics, Maxwell, COMSOL Multiphysics) обладают гораздо большими возможностями. Освоить их сложнее, стоимость их тоже существенно выше.

Стоит отметить также свободное программное обеспечение. Здесь существует большое количество узкоспециализированных программ, и еще большее количество свободных библиотек. Но это скорее интересно для программистов. Кроме того, так исторически сложилось, что имеется большое количество свободных решателей для конечно-элементных расчетов. Некоторые из них включены в состав COMSOL, ANSYS и CFD-ACE. А вот комплексных пакетов, включающих препроцессор для построения геометрии и сетки, решатели и постпроцессор для вывода результатов, не так уж и много.

ANSYS Multiphysics – наиболее полная комплектация расчетного комплекса ANSYS, включающая в себя все существующие физические дисциплины: расчет напряженно-деформированного состояния конструкции, теплообмен, гидродинамику, электромагнетизм и т.д. Комплекс содержит специальные междисциплинарные элементы, которые позволяют напрямую решать связанные задачи.

Одним из элементов, входящих в ANSYS Multiphysics является ANSYS Emag. Этот пакет ориентирован на решение задач низкочастотных электромагнитных приложений, электродвигателей, реле и соленоидов. Обеспечивает всесторонний анализ различных электромагнитных явлений на всех этапах проектирования.

Основные недостатки: высокая стоимость, сложность в освоении. Но эти стороны компенсируются наличием учебных материалов на русском языке, широкими возможностями использования, а также большой точностью расчетов.

Пакет COMSOL Multiphysics позволяет моделировать практически все физические процессы, которые описываются частными дифференциальными уравнениями. Программа содержит различные решатели, которые помогут справиться даже с самыми сложными задачами, а простая структура приложения обеспечивает простоту и гибкость использования. Пакет COMSOL Multiphysics, обладает почти такими же возможностями, как и пакет ANSYS, кроме этого, по сути, является инструментом пакета MATLAB и работает под его управлением, т.е. все возможности программирования, доступные в MATLAB, могут быть использованы и в COMSOL Multiphysics, например при обработке результатов расчета. COMSOL Multiphysics обеспечивает возможность экспорта конечно-элементной модели в Simulink пакета MATLAB. Это позволяет моделировать работу объекта управления совместно с преобразователями электрической энергии, системами управления; исследовать частотные характеристики и устойчивость электротехнического комплекса. Но на практике трудности освоения интерфейса программы, накладываясь на ошибки создания моделей, делают процесс расчета недостаточно эффективным. Основные недостатки: высокая стоимость, отсутствие литературы на русском языке, труден в освоении.

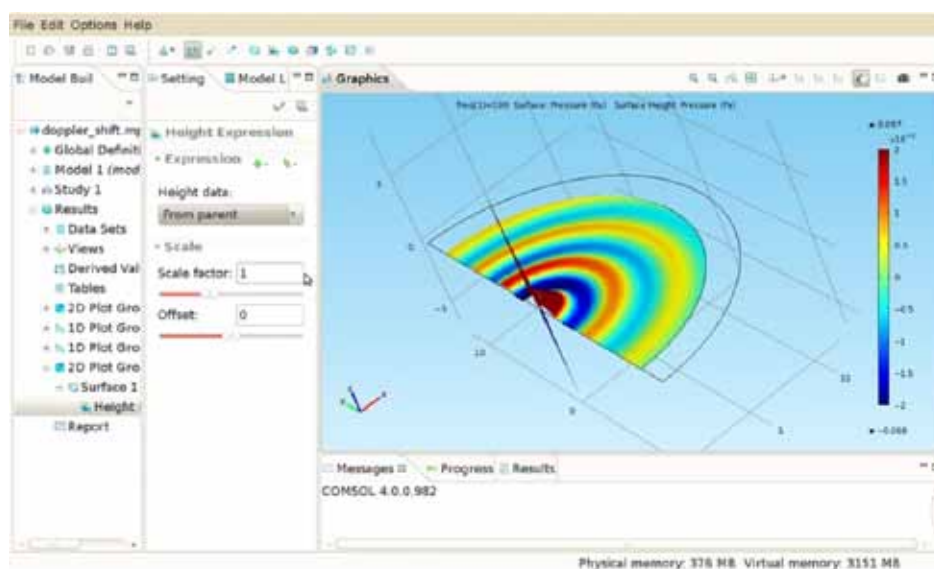


Рис. 1. Интерфейс COMSOL Multiphysics

ELCUT – это комплекс программ для инженерного моделирования электромагнитных, тепловых и механических задач методом конечных элементов. Основные плюсы данного программного комплекса: дружественный пользовательский интерфейс, простота описания моделей, широкие аналитические возможности комплекса и высокая степень автоматизации всех операций. ELCUT это полноценное Windows приложение, которое было разработано специально для этой платформы. Недостатки: двумерная геометрическая модель, а также отсутствует возможность одновременного решения полевых задач (например, электромагнитной и тепловой).

Maxwell – специализированный программный комплекс для моделирования электромагнитных полей. Ключевые возможности: моделирование низкочастотных двумерных и трехмерных электромагнитных полей методом конечных элементов; переходный нелинейный анализ (при дви-

жении (вращение, поступательное движение, вращение по произвольной траектории) компонентов; стыковка с внешней электрической схемой; анализ размагничивания постоянного магнита; вычисление магнитных потерь); гармонический электромагнитный анализ; анализ вихревых токов с учётом скин-эффекта.

Комбинация Maxwell с программным комплексом Simplorer позволяет рассчитывать мощные высокоуровневые электромеханические системы. Подобные технологии позволяют выполнить комплексный расчет систем, состоящих из цифровых и аналоговых цепей, датчиков, электромагнитных устройств, механических, гидравлических и других типов нагрузок, и в конечном счете создавать наиболее полную электромеханическую модель конечного продукта.

Также Maxwell позволяет передавать данные в модуль ePhysics для выполнения теплового и прочностного анализов. Основные недостатки: высокая стоимость.

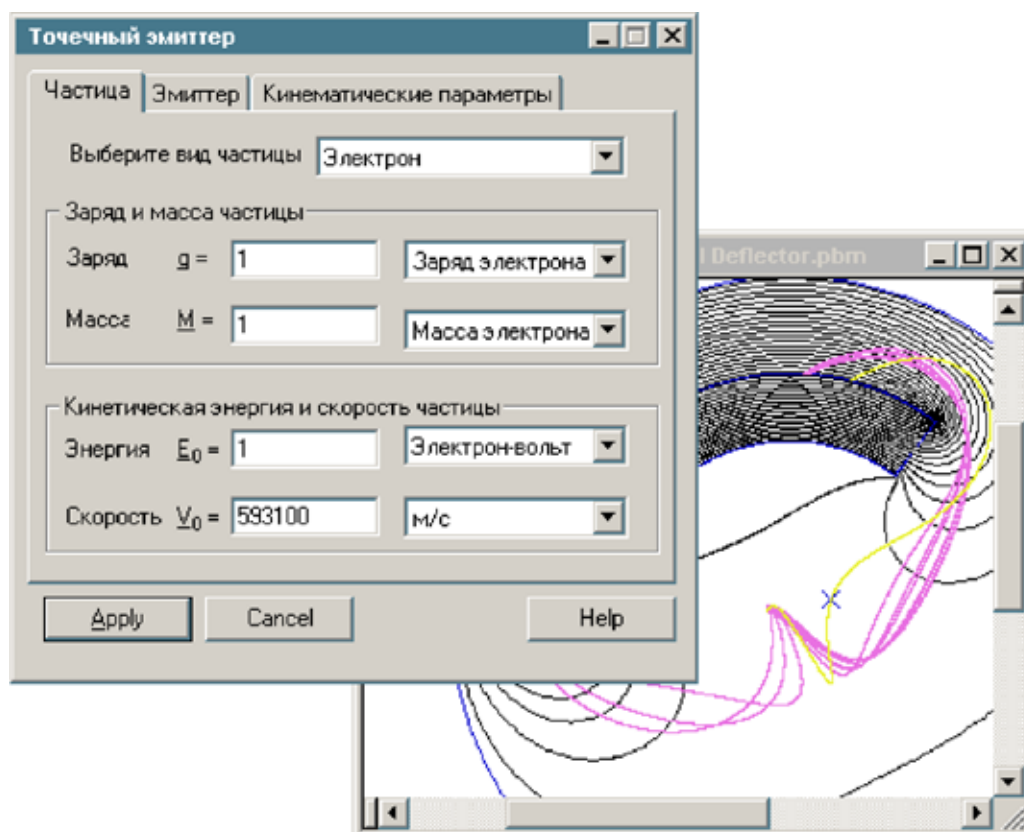


Рис. 2. Интерфейс ELCUT

Сравнительная характеристика пакетов прикладных программ

Возможности пакета	ANSYS Multiphysics	Maxwell	COMSOL Multiphysics	ELCUT	Elmer	Code Aster, Salome
Вид анализа						
Электромагнитный	+	+	+	+	+	+
Тепловой	+	+(экспорт в ePhysics)	+	+	+	+
Гидрогазодинамический	+	-	+	-	+	+
Механический	+	+(экспорт в ePhysics)	+	+	+	+
Совмещенный	+	-	+	последовательный	последовательный	+
Тип расчета						
Статический	+	+	+	+	+	+
Динамический	+	+	+	для тепловых задач	+	+
Геометрическая модель						
Двухмерная	+	+	+	+	+	+
Осесимметричная	+		+	+	+	+
Трёхмерная	+	+	+	-	+	+
Выбор типа конечного элемента	+	+	-	-	+	+
Возможность моделирования внешних электрических цепей	+	+(экспорт в Simplorer)	+(экспорт в Simulink)	-	-	-
Дополнительно						
Русификация	-	-	-	+	-	-
Стоимость	от 200 тыс. руб.		от 100 тыс. руб.	от 50 тыс. руб.	б/п	б/п
Особенности	Высокая стоимость, труден в освоении, учебные материалы на русском языке, широкие возможности использования, большая точность расчетов.	Высокая стоимость, прост в освоении, удобен в использовании.	Высокая стоимость, отсутствие литературы на русском языке, труден в освоении, хорошая точность расчетов.	Доступная справочная система, большое количество учебного материала, ограниченность решения задач, двумерная геометрическая модель.	Отсутствие учебных материалов на русском языке, сложно в освоении, отсутствие техподдержки.	Отсутствие учебных материалов на русском языке, сложно в освоении, отсутствие техподдержки.

У существующих коммерческих программ, есть два главных недостатка: во-первых, высокая стоимость и строгие ограничения лицензии, во-вторых, закрытый исходный код. В следствии этого необходимо рассмотреть также свободное программное обеспечение. Сразу стоит отметить, что главным недостатком этого типа программ

является отсутствие оперативной технической поддержки.

Elmer – проект рассчитанный на решение задач из разных областей физики: теплопроводности, гидродинамики, механики твёрдого тела, акустики, электромагнетизма, квантовой механики; задачи описываются в виде легко читаемых текстовых файлов,

есть неплохой графический интерфейс, поддерживает распараллеливание по MPI, лицензия GPL. Недостатки: отсутствие учебных материалов на русском языке, сложно в освоении.

Code_Aster – 1-2-3D, очень большой (миллион строк кода, более 360 разных конечных элементов) пакет для расчётов задач механики сплошных сред, термо- и гидродинамики, акустики и магнетизма и других, заметна ориентация проекта на инженерные приложения, поддерживается язык программирования Python, лицензия GPL, документация преимущественно на французском языке. Однако сложность интерфейса, большое число параметров настройки и полное отсутствие русифицированных руководств затрудняют его практическое применение.

В настоящее время на кафедре «Энергообеспечение предприятий и электротехнологии» ИТССиЭ проектирование электромагнитных механоактиваторов (ЭММА) [3,4,5] осуществляется в программной среде ANSYS [6,7,8]. Апробированные методики расчета и проектирования, моделирования и анализа электромагнитных полей в ЭММА внедрены в учебный процесс программы магистратуры «Электротехнологии и электрооборудование в АПК» [9,10].

Список литературы

1. Буль О.Б. Методы расчета систем электрических аппаратов. Программа ANSYS : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О.Б. Буль. – М. : Издательский центр «Академия», 2006. – 288 с.
2. Беззубцева М.М., Волков В.С., Прибытков П.С. Расчет электромагнитного механоактиватора с применением программного комплекса ANSYS // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2009. – №15. – С. 150-154.
3. Беззубцева М.М., Волков В.С., Обухов К.Н., Котов А.В. Прикладная теория электромагнитной механоактивации (монография) // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 2-1. – С. 101-102.
4. Беззубцева М.М., Ружьев В.А., Волков В.С. Теоретические исследования деформированного магнитного поля в рабочем объеме электромагнитных механоактиваторов с магнитооживленным слоем размоленных элементов цилиндрической формы // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6-4. – С. 689-693.
5. Беззубцева М.М., Волков В.С. Компьютерное моделирование процесса электромагнитной механоактивации в дисковом электромагнитном механоактиваторе (ЭДМА) в программном комплексе ANSYS // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 11-1. – С. 151-153.
6. Беззубцева М.М., Прибытков П.С. Расчет электромагнитного механоактиватора с применением программного комплекса ANSYS // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования сборник научных трудов: материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГАУ. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. – 2009. – С. 245-246.
7. Беззубцева М.М., Волков В.С., Котов А.В., Обухов К.Н. Компьютерные технологии в научных исследованиях энергоэффективности потребительских энергосистем АПК // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 10. – С. 71-72.
8. Беззубцева М.М., Волков В.С., Котов А.В., Обухов К.Н. Компьютерные технологии в научных исследованиях энергоэффективности потребительских энергосистем АПК (учебное пособие) // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 1-1. – С. 63.
9. Беззубцева М.М. Компетентности магистрантов-агроинженеров при исследовании энергоэффективности электротехнологического оборудования // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 3. – С. 170.
10. Беззубцева М.М., Ружьев В.А. Формирование компетентности менеджера магистрантов-агроинженеров // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 4. – С. 179-180.