

Практический курс моделирования магнитоуправляемых датчиков положения и скорости на базе конечно-элементного программного пакета FLUX

Часть 1. Введение в рабочую среду FLUX

Светлана Сысоева (Москва)

В статье рассмотрено применение программного пакета FLUX версии 10.1.2 компании Cedrat для расчёта автомобильных магнитоуправляемых датчиков положения и скорости.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка новых автомобильных магнитоуправляемых датчиков скорости и положения, функционирующих с высокой точностью, требует комплексного анализа соответствия функциональным требованиям и условиям работы [1–4]. Поэтому компьютерное моделирование и анализ результатов вычислений на персональном компьютере (ПК) становятся неотъемлемой частью современного процесса разработки новых устройств. Для анализа перспективных автомобильных магнитоуправляемых датчиков (в том числе датчиков Холла) и их рабочих магнитных полей, прежде всего, необходим расчёт магнитной индукции в рабочей зоне датчика в различных условиях. После этого осуществляется анализ функционирования устройства.

Метод конечных элементов является перспективным для компьютерного моделирования автомобильных датчиков, так как он является универсальным и позволяет анализировать любые включения материалов в рабочей зоне, в том числе нелинейные ферромагнитные. На современном уровне вычислительной техники может быть достигнута высокая точность моделирования [2].

Основные этапы конечно-элементного анализа можно представить в такой последовательности:

- построение или импорт геометрической модели (препроцессор);
- генерация сетки;
- задание физических свойств;
- процесс решения;
- обработка результатов (постпроцессор).

Среди специализированных пакетов для расчётов магнитных полей встречаются 2D- и 3D-конфигурации [2]. Хотя 2D-версии дешевле и могут быть получены в качестве демонстрационных, для выполнения более точных расчётов и объёмной визуализации геометрической модели разработчикам интересны именно трёхмерные CAD/CAE-пакеты программ, причём с максимально дружелюбным пользовательским интерфейсом, позволяющим оператору полностью сконцентрироваться на решении задачи.

Одним из таких специализированных пакетов является FLUX, разработанный французской компанией Cedrat [2, 5]. Пакет предназначен для многопараметрического электромагнитного, теплового и электромеханического анализа 2D- и 3D-конфигураций моделей устройств.

Программный пакет FLUX предоставляет пользователю возможность симуляции статических, гармонических и переходных состояний для магнитных и электромагнитных применений, включая механичес-

кую (кинематическую) и электрическую привязку к модели, и анализ тепловых процессов. Он включает препроцессор с большими возможностями импорта CAD-файлов и средствами задания геометрии, базы данных материалов, схемной привязки и генератор сетки. Моделирующие способности программы FLUX расширены возможностью задания бесконечных областей, так же как и различных граничных условий, материалов и источников.

Многопараметрический решатель FLUX позволяет вычислять и оптимизировать конфигурации при изменении геометрических и схемных параметров, а также материалов. Многопараметрический постпроцессор FLUX вычисляет распределение плотности магнитного потока, токи, напряжения, силы, скорость и положение, используя различные выходные форматы. Широкие возможности экспорта, интерфейс с MATLAB Simulink и другими симуляторами выделяют FLUX среди программных пакетов, предназначенных для электромагнитного и электромеханического анализа методом конечных элементов, причём структура пакета выполнена таким образом, что позволяет осуществлять его привязку к любому пакету.

Многопараметрические методы симуляции и интерфейсные возможности, реализованные в программном пакете FLUX, представляют значительный интерес для моделирования автомобильных датчиков – с расчётом, в первую очередь, на дальнейшее осуществление получен-

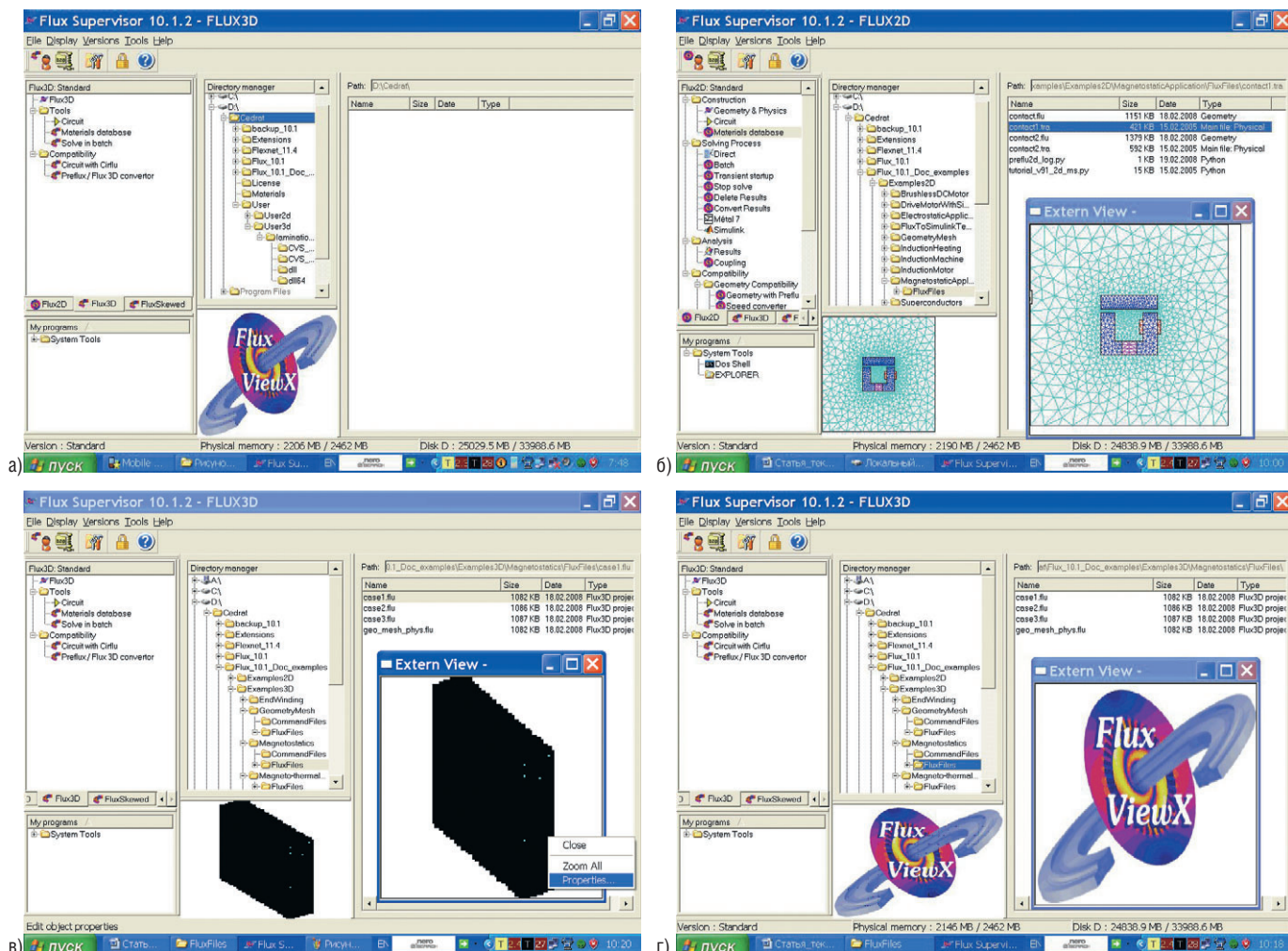


Рис. 1. Презентация работы Flux 10.1.2 – вид главного окна Flux Supervisor в конфигурациях 2D/3D
 а – окно Flux Supervisor 10.1.2 при первом запуске – с логотипом FLUX во встроенной зоне просмотра;
 б – вид главного окна Flux Supervisor 10.1.2 в 2D-конфигурации;
 в – окно Flux Supervisor 10.1.2 в 3D-конфигурации с предварительным просмотром геометрии модели;
 г – окно Flux Supervisor 10.1.2 в 3D-конфигурации без возможности просмотра модели.

ных результатов на практике. Данная статья демонстрирует уровень современных специализированных пакетов для расчёта магнитных полей и может стать практическим руководством по применению пакета FLUX.

ВВЕДЕНИЕ В РАБОЧУЮ СРЕДУ FLUX 10. ИНСТАЛЛЯЦИЯ И ОКНО FLUX SUPERVISOR

Основным управляющим модулем является Flux Supervisor, открытием главного окна которого сопровождается запуск программного пакета Flux 10. 1. 2 из меню программ MS Windows (см. рис. 1). При первом запуске в графическом окне будет показан логотип FLUX (см. рис. 1а).

Программный пакет FLUX версии 10 включает два основных приложения (2D и 3D), переключение между которыми осуществляется в рабочей среде пакета (см. рис. 1б и 1в). Третьим приложением, предназначенным для ана-

лиза особых конструктивных случаев с отсутствием симметрии (типа скошенных роторов), является FluxSkewed.

В рабочей среде Flux 10.1.2 модули FLUX 2D и FLUX 3D унифицированы, что удобно для пользователя, находящегося на этапе освоения программы. Вторым отличительным признаком Flux 10 является усовершенствованный графический интерфейс.

Построение геометрической модели обычно начинается с выбора основного 2D-плана, поэтому на двумерных моделях легче осваивать оболочку программы, а затем 2D-объекты можно использовать в качестве заготовок или библиотечных модулей для построения 3D-моделей.

Идея 2D/3D-унификации появилась в версии Flux 8, где был впервые введён объединённый графический предпроцессор 2D/3D. Затем в версии 9 был реализован объединённый физический предпроцессор 2D/3D. В

версии 10 реализован современный унифицированный интерфейс для 3D-решателя и 3D-постпроцессора, но 2D-решатель (SOLVER_2D) и 2D-постпроцессор (POSTPRO_2D) представляют собой отдельные модули.

В планах разработчиков осуществить унификацию всех 2D/3D-приложений в 11-й версии пакета.

Как известно, конечно-элементное моделирование повышает требования к аппаратной части компьютера, поскольку в процессе генерации сетки, решения и обработки образуются и используются большие массивы данных. Но для 2D-конфигурации аппаратные требования ниже, поэтому приобретение высокопроизводительного компьютера не столь актуально.

Изначальные требования к аппаратной части, предъявляемые 3D-версией, достаточно высоки. Но поскольку для улучшения качества и ускорения вывода графики на дисплей в Flux 10

разработчиками реализована новая технология графического интерфейса, в аппаратной части компьютера особое внимание должно уделяться видеокарте. И для 2D-, и для 3D-конфигураций рекомендуется видеокарты с 512 Мб видеопамяти, совмести-

мые с OPEN GL v2.0, хотя минимальные требования к видеопамяти в 2D-конфигурации (Magneto Static) не ограничиваются, а для 3D-версии регламентируются объемом 256 Мб.

При инсталляции пакет FLUX автоматически «обнаруживает» видеокар-

ту ПК, и если осуществление новой графической технологии невозможно, будет использоваться только предыдущая технология. Для этого в оболочке реализована возможность включения неоптимизированного графического режима.

Рекомендованные характеристики аппаратной части для 3D-конфигурации включают применение скоростных жёстких дисков (10 000 об/мин), 2 Гб ОЗУ для 32-разрядной системы или 4 Гб ОЗУ для 64-разрядной, но минимальные требования допускают 1 Гб ОЗУ.

Аппаратные требования различаются также в зависимости от физического применения, концепция которого позволяет перегруппировывать информацию относительно моделей уравнений и методов решения, рабочих гипотез (свойств и характеристик материалов и источников) и граничных условий.

Базовые применения сгруппированы в три категории:

- магнитные;
- тепловые;
- электрические.

Можно также выделить две категории применений:

- магнитотепловые;
- электротепловые.

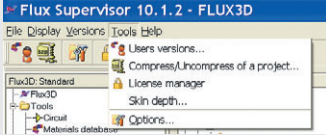





В общем случае магнитные и магнитотепловые применения, включённые в FLUX 2D и 3D, могут быть классифицированы следующим образом:

- магнитостатика (обработка неизменных во времени процессов в устройствах, в которых источники поля независимы во времени);
- переходные магнитные процессы *Transient magnetic*, которые обрабатывают переменные, и процессы в устройствах, в которых источники поля изменяются во времени;
- устоявшиеся переменные магнитные процессы *Steady State AC Magnetic*.

Если для работы 3D-модуля программы в обычном режиме достаточно 50 Гб на жёстком диске, то для работы в режиме анализа *Transient Magnetic* потребуется 100 Гб. Для работы с большими объёмами данных, размещаемых в процессе работы на жёстком диске, потребуется и больший объём оперативной памяти.

Пакет Flux 10 также поддерживает режим расширения физических адресов, разработанный компанией Microsoft для применений, которые исполь-

Таблица 1. Назначение и основные элементы интерфейсных зон окна Flux Supervisor

Зона/	Элементы/Оригинальные названия	Назначение
Главное меню Menu Bar		
	File (Quit)	Выход из программы
	Display	Включение/выключение отображения зон Flux Supervisor
	Display the geometry Programs Manager Tools Bar	просмотра геометрии (только для 2D-конфигураций), менеджера программ панели инструментов
	Versions Standard Brushlike_101 Table_101	Переключение между стандартной и версиями пользователя (Brushlike_101, Table_101, lamination_101 – предопределённые в Flux пользовательские версии)
	Tools Users version Compression/Decompression of a project License manager Skin Depth Options	Инструменты Вызов менеджера пользовательских версий Архивирование/разархивирование проекта Менеджер лицензий Калькулятор глубины скин-эффекта Опции, включая настройки языков, памяти и другие
Help Manual Documents About Cedrat	Система помощи (доступ к руководству, документам, информации о компании и сайту компании Cedrat)	
Панель инструментов Tool Bar	 Users version	Вызов менеджера версий
	 Compression/Decompression of a project	Архивирование/разархивирование проекта
	 Options	Параметры/установки
	 License manager	Менеджер лицензий
	 Help	Доступ к on-line-руководству
Менеджер программ	Programs manager	Отображает модули Flux как элементы дерева, сгруппированные в семейства в различных папках. Модули запускаются двойным щелчком, папки развёртываются и свёртываются одинарным кликом по значку «+»
Зона программ пользователя	My programs	Зона, отображающая связи с внешними программами типа DOS Shell, Windows Explorer. Другие программы могут быть добавлены пользователем выбором в контекстном меню пункта <i>Add a program ...</i> или удалены по команде <i>Delete ...</i>
Менеджер каталогов	Directory manager	Отображает каталоги компьютера
Зона просмотра геометрической модели	Geometry view	Отображает геометрию модели для выбранного проекта (папки *.FLU для 3D/*.TRA для 2D) или логотип Flux, если загрузка или просмотр модели не производятся (рис. 1г) Из контекстного меню доступен также просмотр во внешнем окне <i>Extern View</i> с возможностью выбора в контексте свойств отображения
Менеджер файлов	Files	Отображает текущий путь и список файлов проекта (или каталогов Windows *.FLU для 3D/*.TRA для 2D, двойным кликом мыши эти файлы могут быть загружены

зуют более чем 2 Гб ОЗУ (предел для 32-разрядной ОС MS Windows). Подробности инсталляции пакета и активации режимов работы могут быть найдены в документации, поставляемой вместе с программой FLUX.

ПРЕЗЕНТАЦИЯ РАБОТЫ FLUX SUPERVISOR

На рисунке 1 показаны варианты окна *Flux Supervisor* – основного управляющего модуля *Flux 10*, который управляет файлами и каталогами проектов FLUX. Основные интерфейсные зоны включают (см. таблицу 1):

- Менеджер программ;
- Менеджер каталогов;
- Зону программ пользователя;
- Зону просмотра геометрической модели;
- Список файлов проектов;
- Панели меню, инструментов, строку состояния.

Моделирование из окна *Flux Supervisor* запускается с менеджером программ, который включает команды запуска главных модулей *Flux 2D*, *3D* или *FluxSkewed*, и модулей, представленных в папках дерева семейств и

Таблица 2. Функциональное назначение папок и модулей менеджера программ в конфигурациях Flux 2D, 3D или FluxSkewed

Модуль	Папка Flux	Назначение
2D	Construction Geometry & Physics Circuit Material Database	Конструирование Создание геометрической и физической модели, сетки Создание электрической схемы, назначение связей Назначение материалов, свойств источников для различных компонентов, назначение граничных условий
	Solving Process	Решение проблемы (в прямом Direct или пакетном Batch режиме)
	Analysis	Количественный анализ, визуализация и анимация результатов
	Compatibility	Настройки для работы с модулями из предшествующих версий FLUX
Flux3D/Flux Skewed	Flux3D или Flux Skewed	Модуль позволяет: создавать геометрическую модель, сетку, электрическую схему, материалы, назначать свойства материалов и источников, граничные условия, связи к внешним схемам, решать проблему в прямом (direct) режиме, вычислять различные количественные модели, создавать визуальное и анимированное отображение результатов
	Tools Circuit Material Database Solve in Batch	Отрисовка и определение электрической схемы с пакетом ElectricFlux Добавление моделей материалов с модулем Cslmat Решение проблемы в пакетном batch режиме
	Compatibility Circuit with CirFlu Preflux/Flux 3D Converter	Настройки для работы с модулями из предшествующих версий FLUX: Работа со схемами посредством модуля Cirflu Конвертер файлов, предшествующих версии 8.1

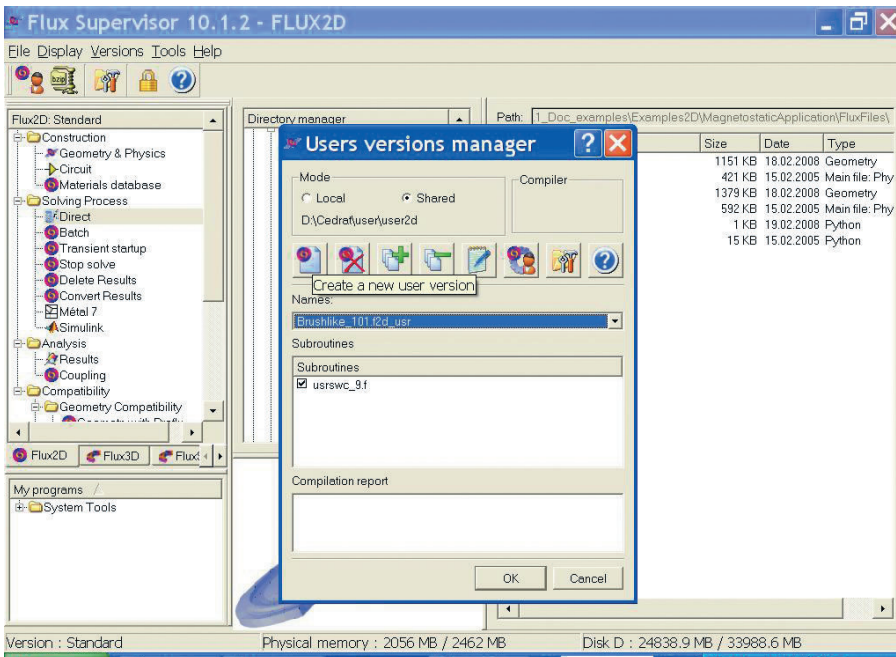


Рис. 2. Презентация работы Flux Supervisor 10.1.2 – интерфейсное окно менеджера пользовательских версий Users versions manager

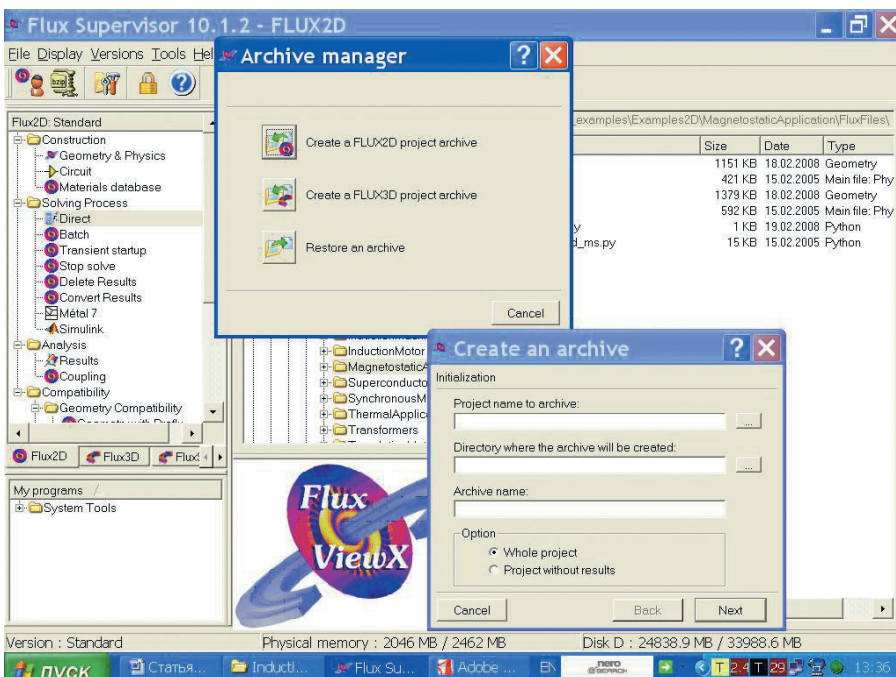


Рис. 3. Презентация работы Flux Supervisor 10.1.2 – интерфейсные окна менеджера архивации Archive Manager в 2D-конфигурации

предназначенных для выполнения различных этапов конечно-элементного моделирования. Функциональное назначение модулей менеджера программ представлено в таблице 2. Особенности работы с FLUX требуют пояснения.

РАБОТА С ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИМИ ВЕРСИЯМИ

Существуют отдельные версии Flux 2D/Flux 3D:

- стандартная;

- пользовательские версии, являющиеся расширением стандартной. В пользовательской версии (ПВ) можно, например, задать нестандартные физические свойства (источники напряжения или тока, свойства материалов) как функции критериев, выбираемых пользователем (время, пространство, переменные). Пользовательские версии располагаются в следующих каталогах (D – пример диска для размещения программы):
 - D:\Cedrat\User\User2d для 2D версий;

- D:\Cedrat\User\User3d для 3D версии пользователя. Предопределённые версии пользователя также включены в пакет FLUX:
- Brushlike_101 – переключение в зависимости от положения (Flux 2D 10.1);
- Table_101 – считывание свойств материалов и источников в файлах (Flux 2D 10.1);
- Lamination_101 – принятие в расчёт расслоения материалов без определения геометрии листов (Flux 3D 10.1 и FluxSkewed). Менеджер версий Users versions manager, вызываемый с панели инструментов (см. рис. 2), указывает на местоположение каталога с файлами пользовательской версии. Два главных местоположения выбираются в режиме Mode. Выбор кнопки Local позволяет пользователю определить данное расположение, выбор Shared означает, что будут использоваться указанные выше стандартные директории.

Кнопки панели инструментов менеджера версий предназначены для выполнения таких функций, как создание, удаление, компиляция пользовательских версий, добавление, редактирование и удаление подпрограмм.

Создание ПВ с обязательным добавлением опорных подпрограмм производится в менеджере версий, если на ПК установлен компилятор Fortran. В диалоговом окне Options на вкладке User version (вызываемым по нажатию кнопки или выбора пункта меню Options) для режима Local перед созданием можно задать каталог расположения пользовательской версии. Здесь же на вкладке User version пользователь может выбрать версию компилятора Fortran и указать путь к файлу инициализации.

Пользователь может модифицировать текущую версию, добавляя подпрограммы (Add subroutines), удаляя их из процесса компиляции (отметкой триггерного маркера отключается их участие в компиляции, но подпрограммы сохраняются в специальном каталоге) или удаляя из текущей версии по нажатию кнопки Delete the subroutine. Кнопка Edit the subroutine предоставляет возможность редактирования ПВ текстовым редактором Notepad или другим редактором (задаётся в поле Editor на вкладке General диалогового окна Options).

В поле Names возможно переключение между пользовательскими версиями. Название выбранной ПВ и назва-

ния подпрограмм отображаются в полях *Names Subroutine* соответственно. Отчёт о компиляции *Compilation Report*, который возможен только при наличии компилятора *Fortran*, включает дату компиляции с указанием наименования версии FLUX.

АРХИВАЦИЯ ПРОЕКТОВ

Файлы проекта FLUX могут быть большими, особенно для сложной геометрии и мелкой сетки, при этом в процессе многопараметрического решения может генерироваться большое число файлов результатов. Поэтому для облегчения передачи или архивирования проектов эти файлы сжимаются встроенной системой архивации FLUX.

Файлы архивов **.tarbz* могут включать все файлы проекта, только определённую часть и (или) другие файлы. К таким файлам относятся, например, файлы **.py* на языке программирования *Python* (<http://www.python.org>), который используется в качестве основы *PyFlux* – встроенного языка программирования FLUX.

Интерфейс архивирования *Archive Manager* очень прост и позволяет одновременно знакомиться со структурой папок и файлов проектов FLUX. Пользователь должен выбрать проект для архивирования, указать место и имя для архива, файлы для включения в архив.

При архивации доступные параметры в 2D- и 3D-конфигурациях различаются. В 2D-конфигурации доступны параметры архивирования всего проекта и проекта без результатов (*Project without results*) (рис. 3). В 3D-конфигурации предлагаются: архивирование всего проекта или всех файлов из каталога **.FLU (PROBLEM_FLU.PFL, GEOM_FLU.PFL, MESH_FLU.PFL, SOLVE_i.j)*, включение в архив только файлов описания без решения (первых трёх из вышеперечисленных) и архивирование файлов описания без сетки (только первых двух).

Кнопка *Restore an archive* предназначена для разархивирования проектов с указанием имени и пути восстановления.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА/ПАРАМЕТРЫ ПРОГРАММЫ

К ним относятся:

- Система помощи (так называемая online-версия доступна для автономного просмотра по кнопке па-

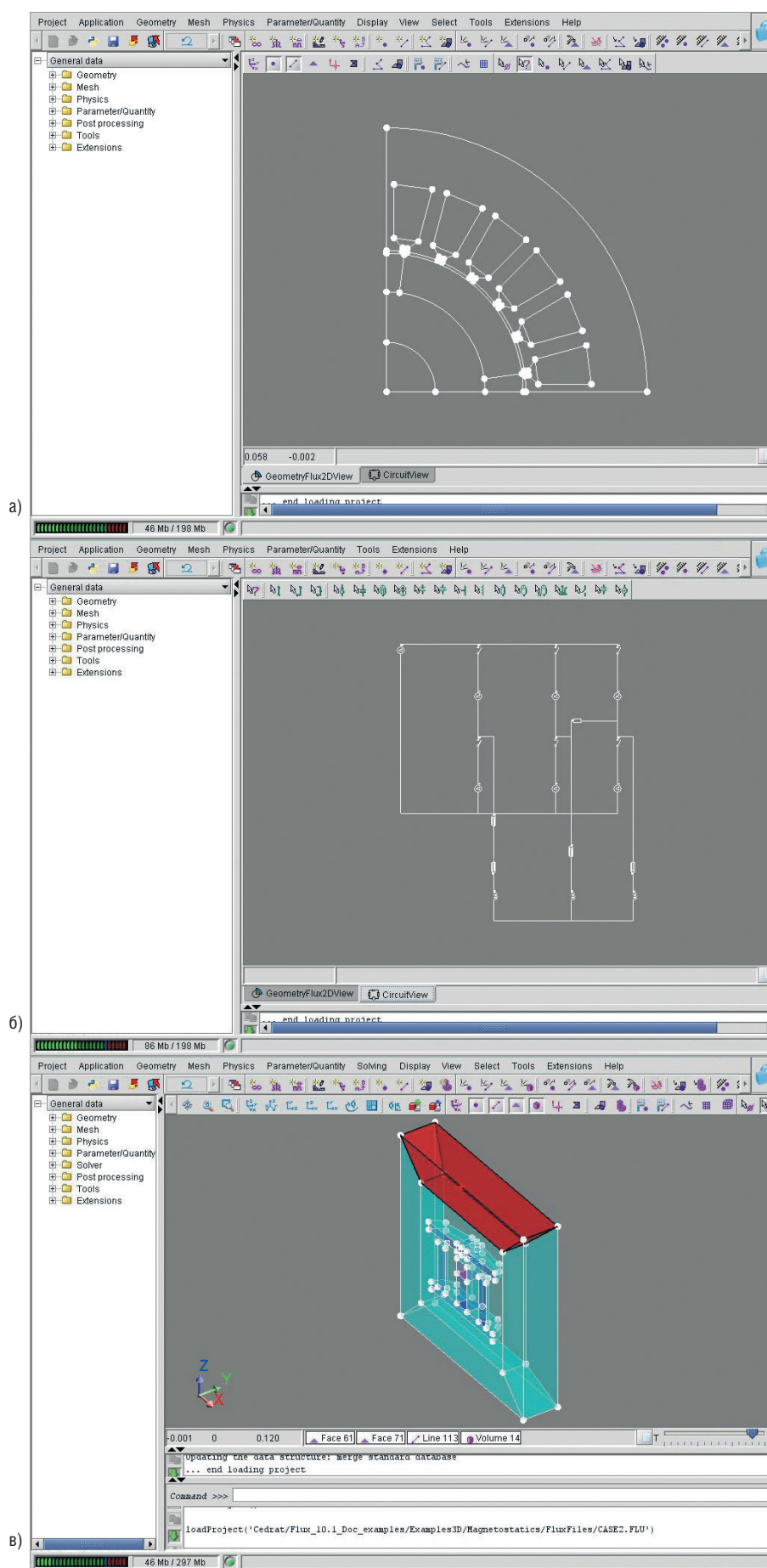


Рис. 4. Презентация работы препроцессоров Flux 10.1.2 в конфигурациях 2D/3D
 а – вид *Preflu2D 10.1.2* с геометрической моделью в графической зоне;
 б – вид *Preflu2D 10.1.2* с графической моделью электрической схемы;
 в – вид *Flux 3D 10.1.2* с геометрической моделью в графической зоне.

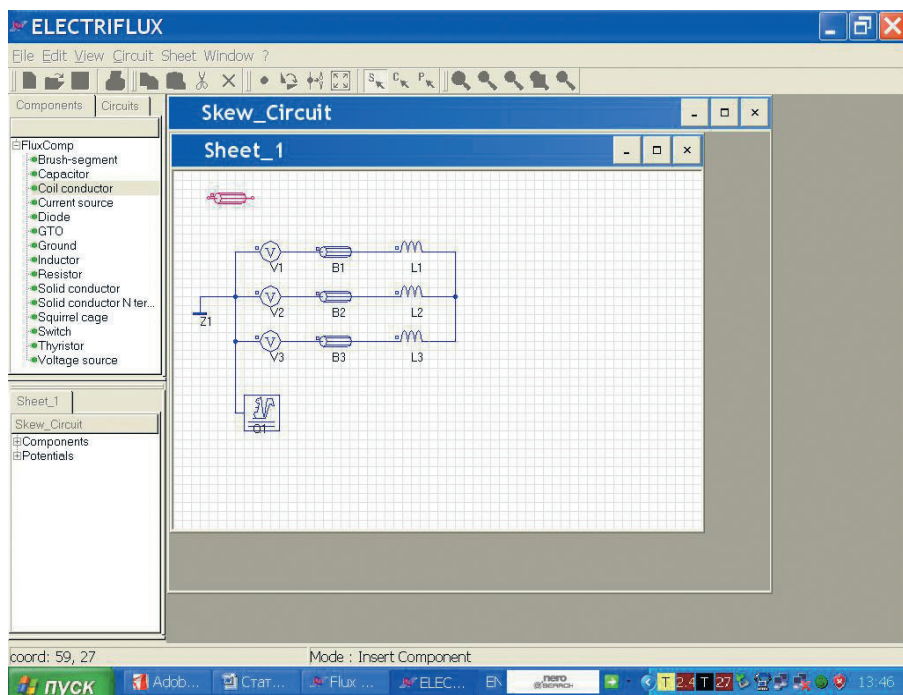


Рис. 5. Презентация работы модуля *Circuit* (редактирование схемы в программе *ElectriFlux*)

нели инструментов, доступ к руководству и ко всем остальным документам осуществляется через пункт меню *Help*);

- Калькулятор глубины скин-эффекта (вызывается из пункта меню *Tools*);
- Менеджер лицензий (конфигурируется стандартным способом);
- Общие параметры в диалоговом окне *Options*.

Установки *Options* должны быть приведены в соответствие. На вкладке *General* пользователь может выбрать язык интерфейса (английский или французский), выбрать каталог базы данных материалов (используя predetermined базы данных FLUX в режиме *Shared* поля *Materials*, которые могут быть найдены в каталоге на диске с одноимённым названием): *FLUX_xxx_MATERIAL.DAT*, *IMPHY_xxx_MATERIAL.DAT* или создать новую базу данных материалов.

Если пользователь планирует выбрать в поле *Materials* режим *Local*, каталог базы данных материалов необходимо создать предварительно. В режиме *Current directory* для базы данных используется текущая директория.

Также пользователь может запускать программы *Preflux2D*, *Flux3D* или *Circuit* вместе с выбранным проектом, если в боксе *Other* выбран пункт *Open the program with the selected project* (альтернативно программа запускается без выбранного проекта), задать расположение текстового редактора для модулей в поле *Editor* и

скорректировать путь к документации *Document Path* в режиме *Local*, если она размещается на жёстком диске (можно выбрать CD-ROM).

На вкладке *Display* пользователь может задать запуск FLUX в неоптимизированном графическом режиме, если при реализации нового графического режима с устаревшим дисплеем возникают ошибки, изменить фон для запуска модулей MS DOS, задать число линий тестовой консоли в зоне *History* рабочей среды программ, допустимые типы файлов помимо **.flu*, **.py*, **.tra*, **.ccs* для отображения в файловой зоне *FluxSupervisor*.

На вкладке *Memory* пользователь может изменить параметры управления памятью, занимаемой FLUX. Среди других параметров окна *Options* – параметры указания каталогов для макросов и наложения, порта сервера, режима запуска (*Windows* или *Batch*), параметры отладчика. Рекомендуется оставить без изменения параметры, установленные по умолчанию, или обратиться к документации для их уточнения.

РАБОЧАЯ СРЕДА ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПРЕПРОЦЕССОРА

Преппроцессор *Preflux2D* запускается из окна менеджера программ модуля *Flux 2D* двойным щелчком мыши по ветви *Geometry&Construction*. Преппроцессоры *Flux 3D* и *FluxSkewed* активируются двойным щелчком мы-

ши по соответствующим модулям в дереве каталогов.

Если пользователь не запустил какую-либо из этих программ вместе с выбранным проектом, доступны только два пункта меню: *Project* – для создания и сохранения нового проекта, открытия, закрытия, импортирования и экспортирования файлов проектов, а также *Help* (со стандартным доступом к online-руководству).

Возможность работы с проектами и объектами является важной особенностью FLUX. Для создания проектов предназначен пункт меню *Project*. Новый проект может быть активирован по команде *New*, ему будет присвоено имя *ANONYMOUS*. Затем созданный проект записывается по команде *Save*. В каталоге проекта с уникальным названием и расширением *.FLU* помещаются файлы описания проблемы, геометрии и сетки с фиксированными именами *PROBLEM_FLU.PFL*, *GEOM_FLU.PFL*, *MESH_FLU.PFL*; для *Flux 3D* в проект включаются файлы результатов *SOLVE_FLU.EFL* или *SOLVE_FLU_i.EFL*, где *i* – шаг.

С выбором пунктов создания *New* или открытия проекта *Open Project...* автоматически открывается рабочая среда препроцессора, поделенная на зоны (см. рис. 4).

Рабочая среда FLUX автоматически зависит от:

- размерности модуля (2D или 3D);
- выбора физического применения в пункте *Application* (без указания, магнитостатика, электростатика);
- контекста в связи с текущей фазой проекта: *Geometry/Mesh/Physics/Solver/Post-processing* (панели инструментов);
- контекста для данной геометрии САПР.

Графическая зона, в которой отображается геометрическая модель устройства, является основной в рабочей среде препроцессора. В графической зоне как отдельное окно отображается и схемная модель устройства, созданная, например, в программе *ElectriFlux*. Процесс моделирования начинается с создания геометрической модели, для которой предназначены специальные пункты главного меню и соответствующие кнопки панели инструментов. Конечно-элементный проект включает большие объёмы разнообразных взаимосвязанных данных – точек, линий или других единичных

объектов *Flux* (*entities*), зависящих от содержания или фазы проекта (*geometry, mesh, ...*).

В базе данных FLUX выделяются понятия структуры или типа данных (*entity type*) или собственно данные (*entities*). Данные, создаваемые в графической зоне посредством отдельных команд и кнопок, – это единичные объекты FLUX.

Процесс работы с геометрическим препроцессором FLUX очень удобен, так как выбор каждого инструмента для создания единичного геометрического объекта *entity* сопровождается появлением диалогового окна, в котором назначение полей, требующих заполнения, поясняется и в ряде случаев сопровождается анимацией. При вводе данных, поля, требующие заполнения в качестве необходимого и достаточного условия помещения объекта, маркируются звездочкой (*). Причём выделяются данные как графических типов (точки, линии), так и не графические данные (координатные системы, трансформации).

Существует возможность ввода данных и массивов данных (групп объектов). В рамках проекта данные

могут быть созданы, модифицированы и удалены.

Объекты FLUX предназначены для конструирования нового устройства, причём в рамках нового проекта возможно конструирование посредством уже созданных в другом проекте объектов в качестве унифицированных частей. Существует возможность создания пользовательского банка объектов, импорта и фильтрации объектов по команде *Import Flux object* меню *Project*.

В рамках одной публикации не представляется возможным проиллюстрировать процесс работы в рабочей среде FLUX. Это целесообразно сделать в следующей статье на примере создания геометрической модели одной из конфигураций датчиков, опубликованных в [1, 2, 4].

Как говорилось выше, важной особенностью пакета FLUX является возможность включения в анализ физики и электрической схемы. В программе *ElectriFlux* источники и пассивные компоненты переносятся в графическую зону, где размещается схема моделируемого устройства, по щелчку мыши (см. рис. 5).

Данное введение в рабочую среду FLUX предваряет описание процесса практического моделирования автомобильных датчиков, которое планируется в дальнейших публикациях. Но даже предварительный обзор интерфейса *Flux 10* позволяет сделать вывод о том, что возможности анализа автомобильных датчиков с пакетом *Flux 10.1.2* весьма значительны.

Продолжение следует

ЛИТЕРАТУРА

1. Сысоева С. Интеллектуальные автомобильные датчики положения/скорости. Пути оптимизации. Часть 1. Современная электроника. 2007. № 9. С. 26–31.
2. Сысоева С. Развитие концепции математического и расчётного моделирования автомобильных датчиков скорости/положения. Компоненты и технологии. 2007. № 12. С. 72–80.
3. Сысоева С. Интеллектуальные автомобильные датчики положения/скорости. Пути оптимизации. Часть 2. Современная электроника. 2008. № 1. С. 34–41.
4. Новые концепции датчиков скорости/положения. Компоненты и технологии. 2008. № 1.
5. Техническая документация фирмы Cedrat. 