

ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА

УДК 519.876.5

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН С ПОМОЩЬЮ ГРАФИЧЕСКОГО ЯЗЫКА ПРОГРАММЫ JIGREIN

*Н.В. Клиначев, Н.В. Клиначева
г. Челябинск, ЮУрГУ*

PRESENTATION OF MATHEMATICAL MODELS OF ELECTRICAL MACHINES BY MEANS OF JIGREIN GRAPHICAL LANGUAGE

*N.V. Klinachev, N.V. Klinacheva
Chelyabinsk, SUSU*

Представлен обзор моделей электрических машин, выполненных в программе Jigrein по технологии, предусматривающей итерацию потенциалов в узлах энергоцепей.

Ключевые слова: компьютерное моделирование технических систем, ориентированный граф, неориентированный граф, итерация потенциалов, модель МПТ, модель асинхронного двигателя, модель синхронной машины.

Review of electrical machine models is presented. Models are executed in the programme Jigrein according to the technology providing iterations of potentials in nodes of power circuit.

Keywords: computer modelling of technical systems, oriented graph, undirected graph, iteration of potentials, dc machine model, induction motor model, synchronous machine model.

В последнее десятилетие в математическом моделировании технических систем обозначилась проблема эффективного представления математических моделей. Масштаб разрабатываемых моделей возрастает, но ограничивается качеством интерфейса их представления. Это означает, что, начиная с определенного порога, уточнять модель и наращивать её размер бесполезно – по прошествии некоторого времени сам автор не сможет уверенно в ней ориентироваться. По этой причине разработчики моделирующих программ ведут постоянный поиск новых вариантов представления моделей.

Если объединить интересы специалистов, выраженные в предпочтениях тех или иных моделирующих программ, то, по всей видимости, решение следует искать в интеграции блок-схем и схем физических принципиальных. Дополнительным требованием является возможность полной деинкапсуляции всех УГО физических устройств.

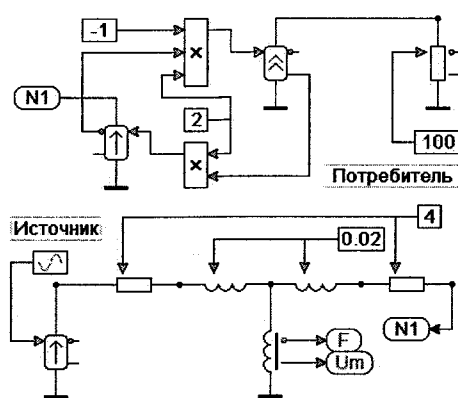
Но, несмотря на то, что теория расчета цепей представила специалистам по математическому моделированию широкий спектр расчетных методов, по ряду причин проблематично их трансформировать из текстовой формы в графическую. При

этом каждая успешная попытка порождает новый графический язык и тысячи моделей пользователей. Именно такая ситуация наблюдается с пакетом Simulink, где модели строятся по законам Ома и Кирхгофа на основе правил, предполагающих итерацию токов.

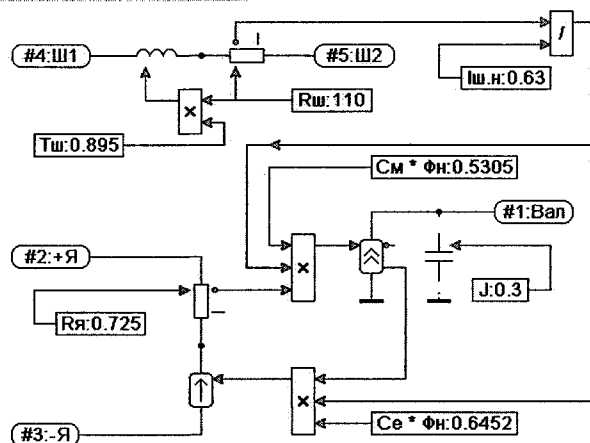
Эта технология также реализована разработчиками многих программ: 20-Sim, MBTU, K2.SimKernel, – и до сих пор лидирует в блочных пакетах, стремящихся поддерживать физическое моделирование. По мнению авторов, это неудачное решение. Видимо, всех сбilo с толку семейство Spice-программ, основанное на использовании альтернативной технологии построения моделей (предполагающей итерацию потенциалов), но упорно опирающееся на черные ящики.

Авторам удалось развить это альтернативное решение – графический язык программы Jigrein основан на технологии моделирования, предполагающей итерацию потенциалов в узлах [1], и поддерживает полную деинкапсуляцию моделей. Новый графический язык и неиспользованная ранее в его контексте технология моделирования потребовали перестройки всех моделей технических уст-

Обратимый трансформатор энергий

Рис. 1. Модель трансформатора
на базе Т-образной схемы замещения

Машина постоянного тока

Рис. 2. Модель машины постоянного тока
на базе обратимого трансформатора энергий

роЙств. Читатель может самостоятельно сравнить результат с тем, что имеется в Simulink'e, по представленному обзору моделей электрических машин (см. рис. 1–5). Можно отметить ряд преимуществ. Несмотря на частичное несоответствие правилам оформления электрических схем, модели

узнаваемы и легко читаемы. Используемая модель узла единая, масштабируемая, с взаимозаменяемыми выводами. Выводы моделей RLC-элементов неполярные (допустимо подключение к узлам в любом порядке). Блок-схемы моделей RLC-элементов статические (не требуют автоматиче-

Однофазный асинхронный двигатель

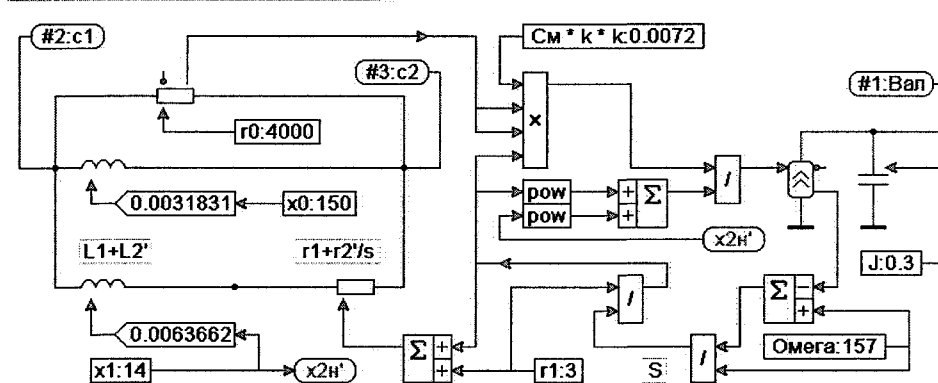


Рис. 3. Модель однофазного асинхронного двигателя на базе Г-образной схемы замещения

Рис. 4. Пример построения модели из условных графических обозначений
физических устройств и математических блоков

ских модификаций). Возможна деинкапсуляция моделей ниже уровня элементов схем замещений. Модели характеризуются большим количеством вычислений, которые могут быть выполнены параллельно. Из недостатков отметим тот факт, что итерация потенциалов не оптимальна для расчета цепей с большим количеством последовательных соединений элементов.

Основу каждой машины составляет «обратимый трансформатор энергий». КПД этого абстрактного устройства всегда 100 %. Его можно увидеть в модели трансформатора, в МПТ, чуть более сложную версию – в синхронной машине.

Разработанная для конкретной машины модель обратимого трансформатора не должна подвергаться изменениям. А вот обвеску, задача которой – учесть те или иные потери, можно менять в соответствии с задачами. Например, можно добавить индуктивность в цепь якоря МПТ или активные сопротивления в обмотки синхронной машины. Этой идее не подчиняется лишь модель асинхронного двигателя, в которой трансформатор энергий не обратимый (на первичной стороне не источник, а сопротивление r_2'/s). У пользователей программы Jigrip есть возможность доработать модель в соответствии с общим подходом [2].

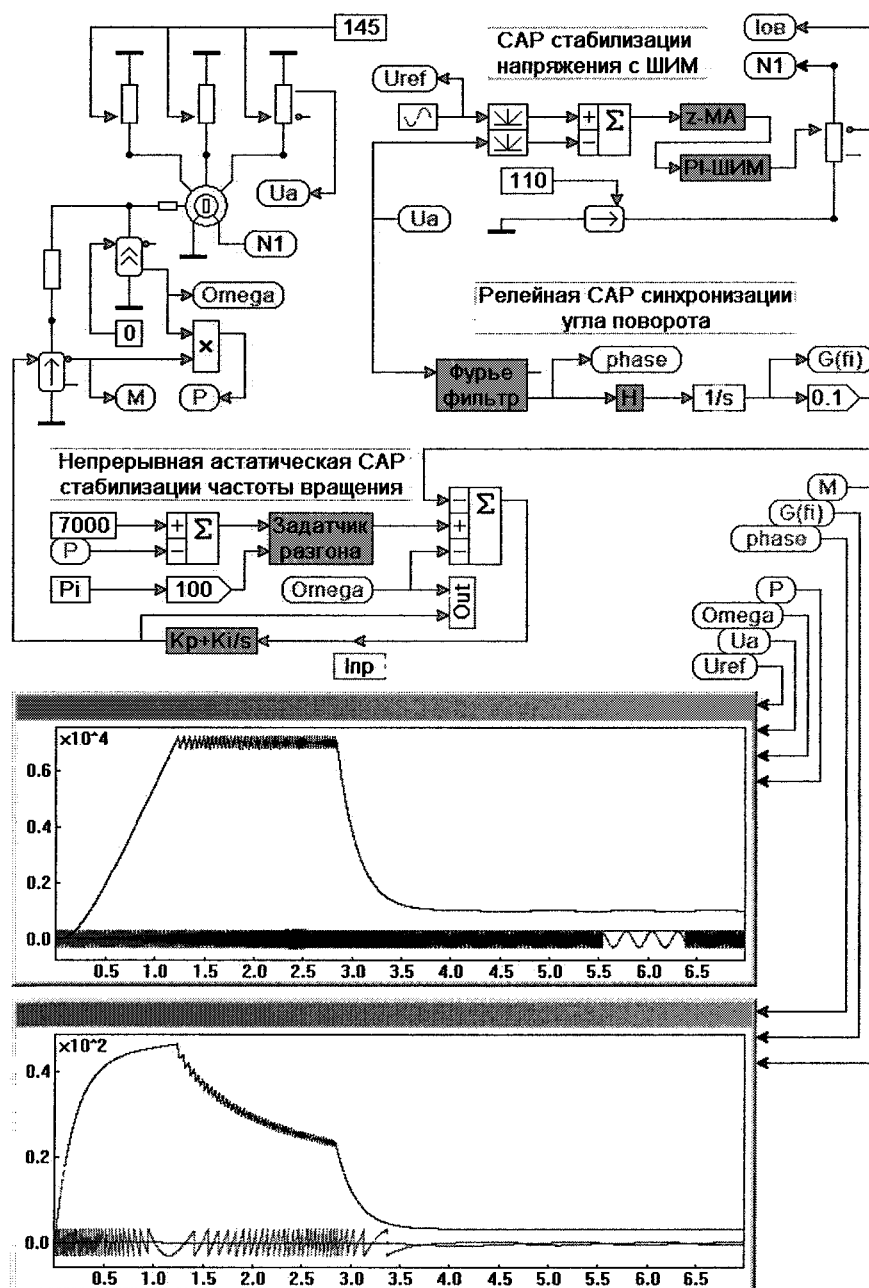


Рис. 5. Пример интеграции математических блоков, элементов схем замещений и УГО физических устройств на одном чертеже

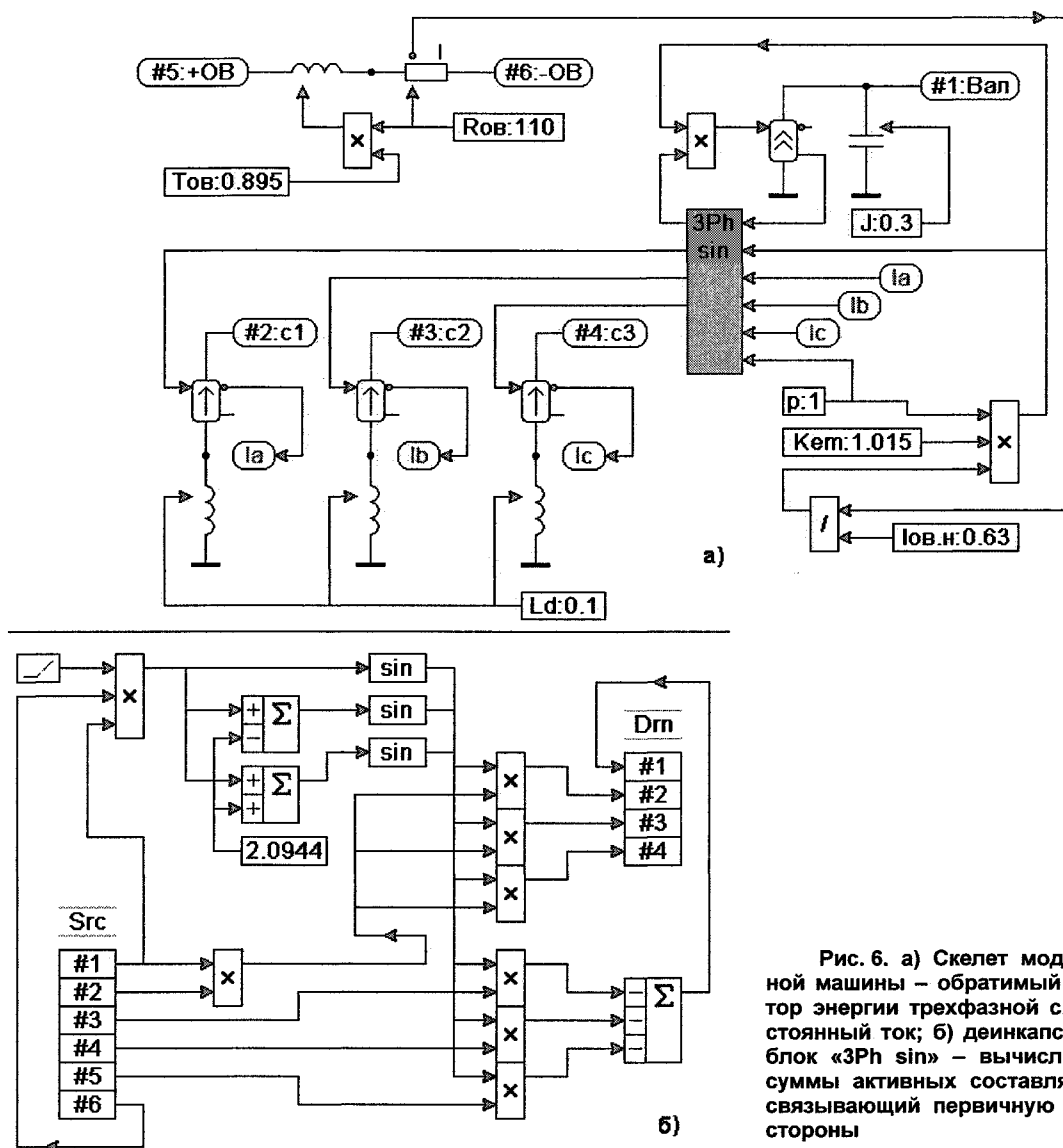


Рис. 6. а) Скелет модели синхронной машины – обратимый трансформатор энергии трехфазной системы в постоянный ток; б) деинкапсулированный блок «3Ph sin» – вычислитель ЭДС и суммы активных составляющих токов, связывающий первичную и вторичную стороны

Литература

1. Клиначев, Н.В. О способе формализации применения законов Ома и Кирхгофа до уровня программных алгоритмов / Н.В. Клиначев, Н.В. Клиначева // Вестник ЮУрГУ. Серия «Ком-

пьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2006. – №14(69). – С. 93–96.

2. Клиначев, Н.В. Домашняя страница программы Jigrein / Н.В. Клиначев, Н.В. Клиначева. – <http://model.exponenta.ru/k2/20070810.htm>

Поступила в редакцию 20.12.2007 г.

Клиначев Николай Васильевич – к.т.н., доцент кафедр «Электромагнитные и электромеханические системы», «Электротехника», «Информатика».

Klinachev Nikolay Vasilievich. Candidate of technical sciences, associated professor of the Electromagnetic and Electromechanical Systems department and Informatics department of South Ural State University, Chelyabinsk. E-mail: klinacherv_nv@mail.ru.

Клиначева Наталья Васильевна – аспирант кафедры «Электротехника».

Klinacheva Natalia Vasilievna. Post-graduate student of the Electrical Engineering department of South Ural State University, Chelyabinsk. E-mail: klinacheva@mail.ru.