

КЛАССОВАЯ СТРУКТУРА МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ UML-ДИАГРАММ

Приведені результати теоретичних досліджень, показано формування математичної моделі довільного електро-механічного перетворювача енергії шляхом наслідування від узагальненого класового шаблону.

Приведены результаты теоретических исследований, показано формирование математической модели произвольного электромеханического преобразователя энергии путем наследования от обобщенного классового шаблона.

Строгая постановка такой сложной проблемы, как пояснение принципов формообразования и структурообразования объектов электромеханики невозможна без наличия научно обоснованной классификации их порождающих структур. Определение признаков и принципов построения такой классификации составляет отдельную проблему системного характера [1].

Фактическое отсутствие научно-обоснованных подходов, которые можно было бы положить в основу структурной классификации электромеханических преобразователей энергии (ЭМПЭ), привела к тому, что в электромеханике существует путаница в вопросах классификации большого количества структурных и функциональных разновидностей электрических машин (ЭМ).

Структурно-системные исследования, которые в последнее время проводятся в направлении создания обобщенной теории физических структур, определения закономерностей общего развития технических систем в целом, не могут быть использованы для решения фундаментальных и прикладных задач электромеханики, так как они имеют общий характер и не учитывают особенностей структурной организации и специфики электромагнитных процессов, определяющих функционирование и поведение электромеханических систем (ЭС).

Так, электрические машины разделяют на синхронные и асинхронные, беря за основу классификации соотношение между угловыми скоростями ротора ω_r и поля статора ω_s . Электрические машины делят по роду питания [2]. Надо ли говорить, что такая классификация является условной? Ведь одна и та же машина может работать и как синхронная, и как асинхронная, а при наличии выпрямителей машину постоянного тока можно использовать в сети переменного тока. Не более удачным является классификация ЭМ по их математическим моделям, а именно по числу уравнений, отражающих процессы электромеханического преобразования энергии [2]. Так, для определенного числа полей и числа обмоток на статоре и роторе приводятся уравнения напряжений и пары произведений токов в статоре и роторе в уравнении электромагнитного момента. По сформированной таблице "можно для машин с определенным числом обмоток и гармоник в воздушном зазоре представить сложность уравнений, оценить необходимое время для программирования". Также утверждается, что классификация ЭМПЭ по виду их математических моделей "позволяет накопить стандартные программы для ЭВМ и сравнительно быстро определить динамические и статические характеристики для задач электромеханики, не прибегая всякий раз к составлению уравнений и программ".

Однако, приведенные выше выдержки из работы [2] можно считать скорее внутренним содержанием объ-

ектов электромеханики (и в этом плане к ним замечаний нет), способом их математического описания, но никак не средством классификации. Математическая модель – это лишь абстрактное представление реальных объектов, способная замещать его в определенных отношениях, дающая при ее исследовании, в конечном счете, информацию о самом моделируемом объекте.

В последние годы интенсивно развивается информационная технология, особенно в направлении исследований, называемых искусственным интеллектом.

Общие недостатки, как традиционных информационных систем, так и методов программного представления расчета, моделирования и проектирования ЭМПЭ, заключаются в слабой адаптивности к изменениям в предметной области и информационным потребностям пользователей, в невозможности решать плохо формализуемые задачи, с которыми проектировщики постоянно имеют дело: анализ проблемных ситуаций, возникающих в расчетных процессах, прогноз дальнейшего использования и надежности, принятие решений и выбор оптимального варианта в задачах оптимизации. Для решения подобных задач разрабатываются и используются системы искусственного интеллекта.

Более того, существующая классификация и алгоритмы расчета ЭМПЭ базируются на устаревших принципах, так называемых "процедурных" языках программирования. Современные объектно-ориентированные языки программирования и программные платформы разработки программного обеспечения нуждаются в изменении принципов классификации и структурообразования ЭМПЭ.

В данной работе рассматриваются модели, методы и средства разработки программных систем ЭМПЭ на основе методологии объектно-ориентированного анализа и проектирования [3-5].

Основная идея объектного подхода состоит в том, чтобы заключить данные и связанные с ними процедуры в некие структуры (объекты), объединенные механизмом наследования. Объектно-ориентированный подход к моделированию и проектированию программных систем наилучшим образом подходит для решения проблем, требующих детального представления объектов реального мира и динамических отношений между ними. В таких программах компоненты сложной системы представляются структурами, инкапсулирующими и данные, и функции, моделирующие поведение соответствующих компонентов.

Основные идеи объектно-ориентированного подхода опираются на следующие положения:

- программа представляет собой модель некоторого реального процесса, части реального мира;

- модель реального мира или его части может быть описана как совокупность взаимодействующих между собой объектов;

- объект описывается набором параметров, значения которых определяют состояние объекта, и набором операций (действий), которые может выполнять объект;

- взаимодействие между объектами осуществляется посылкой специальных сообщений от одного объекта к другому. Сообщение, полученное объектом, может потребовать выполнения определенных действий, например, изменения состояния объекта;

- объекты, описанные одним и тем же набором параметров и способные выполнять один и тот же набор действий, представляют собой класс однотипных объектов.

Философия представления знаний о реальном мире в терминах взаимодействия объектов и субъектов предоставляет достаточно удобную среду для решения большого класса задач моделирования и проектирования сложных систем, в том числе систем искусственного интеллекта. Методика представления абстрактных данных и процедур позволяет разработчикам на ранних этапах сосредоточиться на выборе подходящих видов объектов и их поведении, не вдаваясь в подробности реализации функций и структур данных.

Методология объектно-ориентированного анализа и проектирования получила широкое распространение с появлением языка объектного моделирования нового поколения – унифицированного языка моделирования Unified Modeling Language (UML), предназначенного для визуального моделирования и проектирования информационных систем [6]. Применение современных средств моделирования позволяет реализовать такие методы системного анализа, как создание иерархии понятий, обобщение понятий, наследование свойств, многообразие моделей описания предметной области, визуализацию представлений о процессах, протекающих в рассматриваемой предметной области.

В связи с этим значение языка UML существенно возрастает, поскольку он все более приобретает черты языка представления знаний. При этом, наличие в языке UML изобразительных средств для представления структуры и поведения модели, позволяет достичь адекватного представления декларативных и процедурных знаний и, что не менее важно, установить между этими формами знаний семантическое соответствие. Все эти особенности языка UML позволяют сделать вывод о том, что он имеет самые серьезные перспективы в качестве средства разработки моделей представления знаний.

Классовая структура математической модели обобщенного ЭМПЭ представлена в виде UML-диаграммы на рис. 1.

Особенностью диаграммы, показанной на рис. 1 является то, что она выступает в роли некоего шаблона, а говоря в терминах программирования, класса обобщенной электрической машины. Другими словами, изначально отсутствует деление ЭМПЭ по каким-либо признакам. Кроме того, ключевыми словами являются "класс" и "обобщенный". Диаграмма не является сущностью, замещающей реальную машину – это инструмент для генерации множества объектов-машин посредством предоставляемых инструментов наследования и выбора.

На диаграмме (рис. 1) блок атрибутов является матрицей параметров обобщенной модели ЭМПЭ,

записанной в представленном случае, для двухфазной системы координат. Обобщенная модель, характерная для любых типов машин, уточняется посредством блоков, расположенных ниже. Блок дополнительных атрибутов представляет собой набор модификаторов параметров цепей статора и ротора в системе дифференциальных уравнений [2]. Блок напряжений отвечает за источники питания первичной и вторичной цепей машины. Связанные блоки функции вращения и событий являются модификаторами вращения вторичного элемента. Наконец, набор атрибутов с подмножеством ассоциаций формирует требования ко вторичному элементу машины.

Пользуясь классовым шаблоном обобщенного ЭМПЭ (рис. 1) и выбирая определенные признаки, можно перейти к объекту конкретного ЭМПЭ. Так, на рис. 2 показана уже не классовая, а объектная диаграмма асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, порожденного из классовой диаграммы рис. 1.

На рис. 3 показана диаграмма, аналогичная приведенной на рис. 2, но с обозначениями, присущими для математических моделей, записанных в дифференциальной форме. Так, показанная на диаграмме таблица с занесенными в нее модификаторами, является ничем иным, как матрицей параметров в системе дифференциальных уравнений обобщенного ЭМПЭ.

Алгоритм формирования объектной модели показан на рис. 4. Эта диаграмма носит названия диаграммы состояний. Модель состояний описывает последовательности операций, происходящих в системе в ответ на внешние воздействия (в противоположность содержанию, предмету и реализации операций, описываемых моделью классов) [6].

Диаграммы на рис. 2, 3 являются непосредственным воплощением асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в виде абстрактной модели, по которой можно выполнять расчеты. Аналогичным образом, можно порождать объектные модели как известных видов ЭМПЭ, так и еще не созданных, наделяя их новыми признаками.

В настоящее время программные продукты и средства моделирования и проектирования электрических машин представлены преимущественно объектно-ориентированными языками программирования, такими как Visual Basic, Delphi, C++, C#, Eiffel, Oberon, Java. В то же время, описанные в многочисленных учебниках и справочной литературе алгоритмы, последовательности расчета электрических машин идеологически соответствуют устаревшему и изжившему себя процедурному подходу в программировании. Разработчик программного продукта выполняет лишний шаг, сначала переделывая процедурную методику в объектную, а затем объектную в программный код.

Целью последующих исследований автора является приведение в соответствие расчетных методик электромеханических преобразователей энергии их программному отображению согласно объектно-ориентированной концепции. Ведь, несмотря ни на что, машины рассчитываются, и будут рассчитываться не вручную, по формулам, а в объектно-ориентированных программах. Поэтому, представляется актуальной проблема именно объектно-ориентированного расчета и моделирования электрических машин.

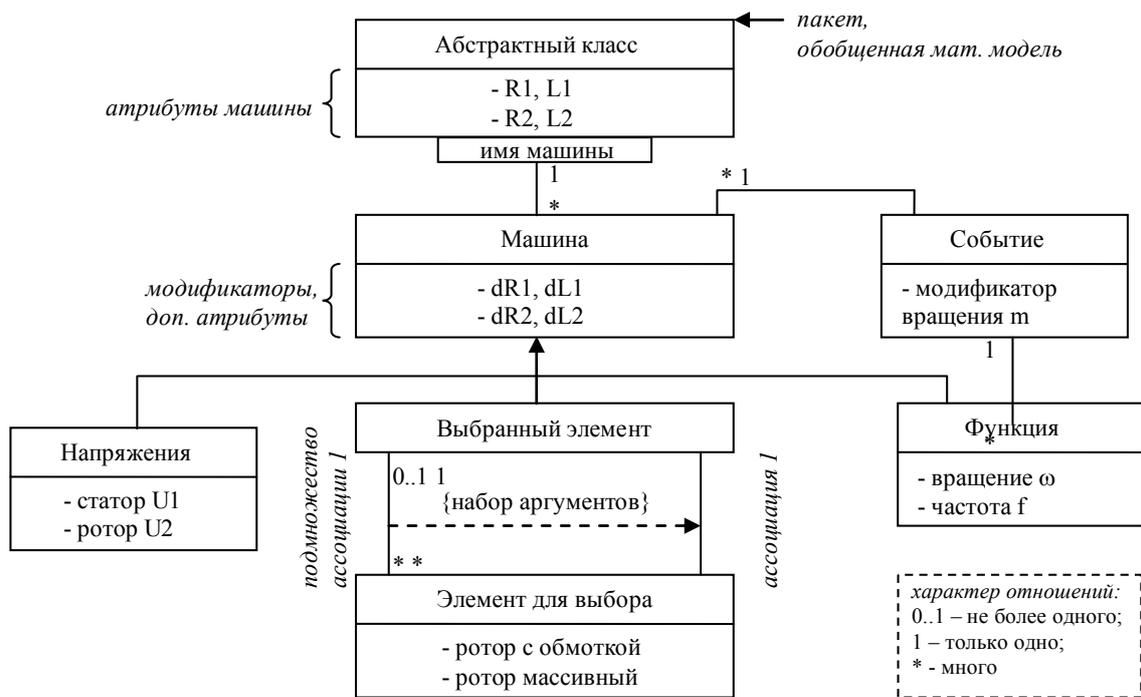


Рис. 1. Классовая модель обобщенного ЭМПЭ

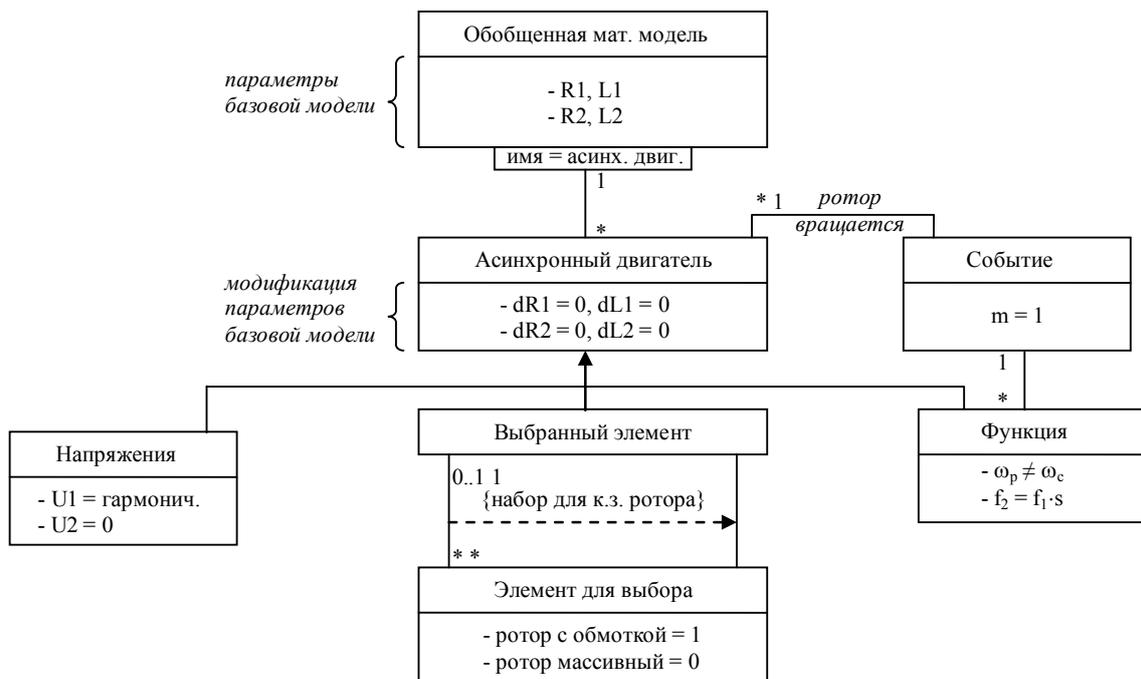


Рис. 2. Диаграмма объекта: асинхронный двигатель с к.з. ротором

ВЫВОДЫ

1. Проанализированы существующие подходы к классификации разновидностей ЭМ и доказана их несостоятельность в отношении адекватного отражения картины реального мира. В качестве инновационного метода классификации видов ЭМ предложен подход, основанный синтезе моделей с использованием диаграмм UML.

2. Все многообразие ЭМПЭ представлено в виде диаграммы классов, содержащей атрибуты наследования, ограничения, событий выбора, элементов агрегации и композиции. Классовая диаграмма ЭМПЭ является абстрактным шаблоном для порождения

объектных моделей конкретных видов ЭМПЭ.

3. Особенностью классового представления ЭМПЭ в виде универсальной диаграммы является отсутствие деления машин по каким-либо признакам. Наоборот, любую машину можно получить из универсальной диаграммы, задаваясь определенными предпосылками. Это касается как уже известных на сегодняшний день видов машин, так и еще не открытых.

4. Объектные модели, порожденные от класса обобщенного ЭМПЭ, обладают признаками, присущими конкретному виду ЭМПЭ. Объектная модель приводит к формированию математической модели ЭМПЭ, готовой к расчетам.

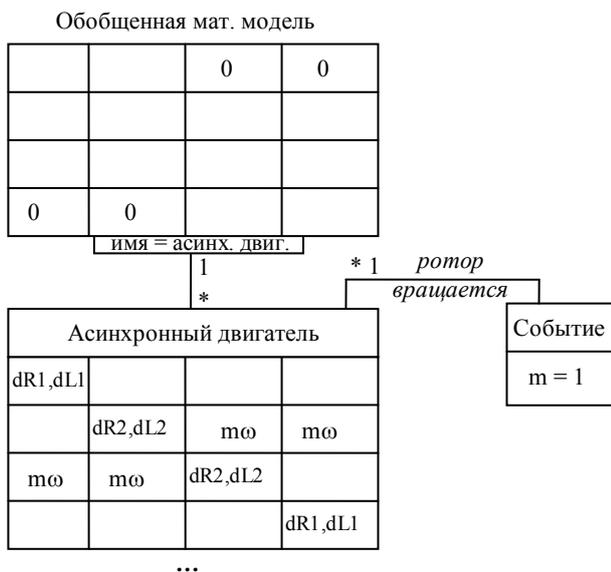


Рис. 3. Фрагмент объектной модели асинхронного двигателя с к.з. ротором

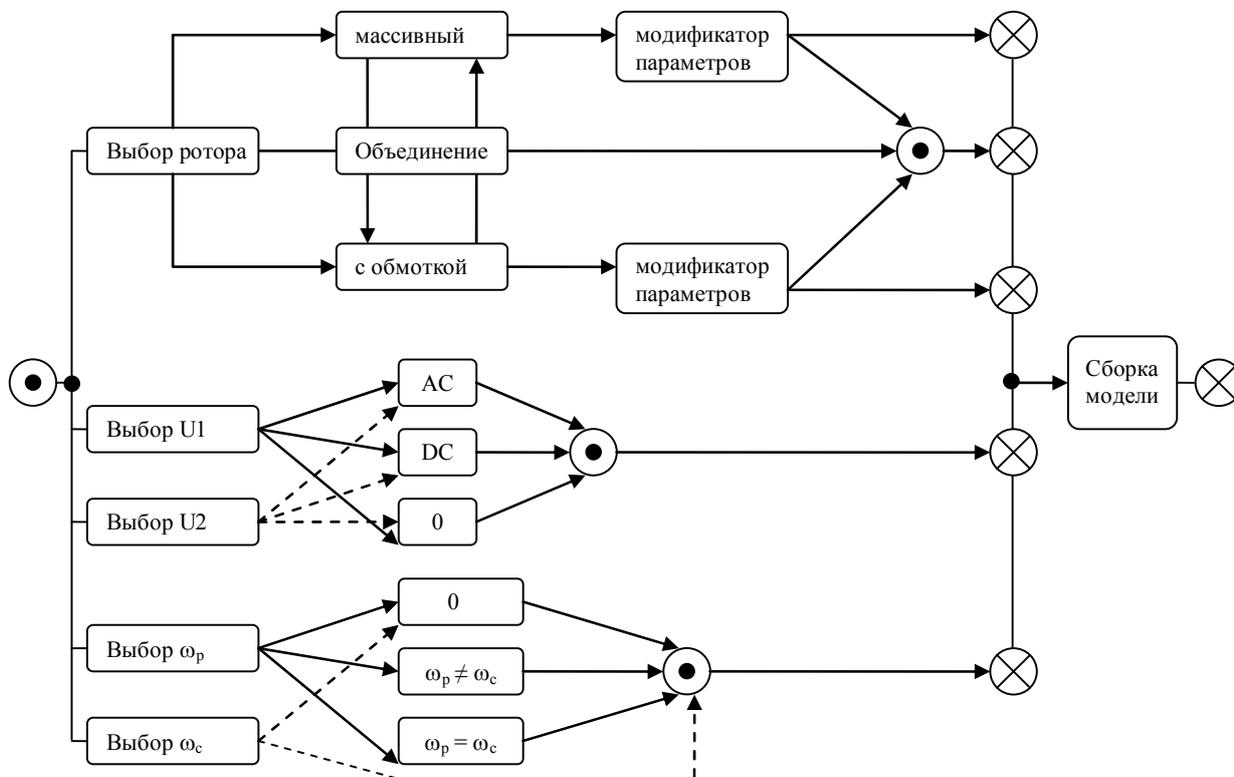


Рис. 4. Диаграмма состояний формирования модели асинхронного двигателя с к.з. ротором

Bibliography (transliterated): 1. Shynkarenko V.F. *Osnovy teorii evoliutsii elektromekhanichnykh system*. Kyiv, Naukova dumka Publ., 2002. 288 p. 2. Kopylov I.P. *Matematicheskoe modelirovanie jelektricheskikh mashin: High school book*. Moscow, Vysshaja shkola Publ., 2001. 327 p. 3. Shynkarenko V.F., Zablodskiy N.N., Plyugin V.Ye. Substantiation of principles of object-oriented designing in electromechanical energy converters. *Bulletin of NTU "KhPI"*, 2011, no.48, pp. 76-83. 4. Zablodskiy N.N., Plyugin V.Ye. Ob'ektno-orientirovannoe proektirovanie jelektromekhanicheskikh preobrazovatelej jenerгии s sovmeshhennymi funktsijami. *Sb. nauk. prats DonDTU. Alchevsk: DonDTU, Lado Publ.*, 2011, no.34, pp. 321-327. 5. Plyugin V.Ye. A mathematical model of an electromechanical energy converter with a massive rotor. *Electrical engineering & electromechanics*, 2012, no.1, pp. 42-44. 6. Rambo Dzh., Blaha M.. *UML 2.0. Ob'ektno-orientirovannoe modelirovanie i razrabotka*. St.Petersburg, Piter Publ., 2007. 544 p.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шинкаренко В.Ф. Основы теории эволюции электромеханических систем. – К.: Наукова думка, 2002. – 288 с.
2. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин: учеб. для студ. ВУЗов. – М.: Высшая школа, 2001. – 327 с.
3. Шинкаренко В.Ф., Заблодский Н.Н., Плюгин В.Е. Обоснование принципов объектно-ориентированного проектирования электромеханических преобразователей энергии // Вісник НТУ "ХПІ". – 2011. – №48 – С. 76-83.
4. Заблодский Н.Н., Плюгин В.Е. Объектно-ориентированное проектирование электромеханических преобразователей энергии с совмещенными функциями // Сб. наук. прайц ДонДТУ. Алчевськ: ДонДТУ, ВПЦ "Ладол". – 2011. – №34. – С. 321-327.
5. Плюгин В.Е. Математическая модель электромеханического преобразователя энергии с массивным ротором // Електротехніка і електромеханіка. – 2012. – №1. – С. 42-44.
6. Рамбо Дж., Блаха М. UML 2.0. Объектно-ориентированное моделирование и разработка. – СПб.: Питер, 2007. – 544 с.

Плюгин Владислав Евгеньевич, к.т.н., доц.,
Донбасский государственный технический университет,
94204, Алчевск, пр. Ленина, 16,
тел/phone +38 050 2021045, e-mail: vlad.plyugin@gmail.com

V.Ye. Plyugin

Donbass State Technical University
16, Lenin Avenue, Alchevsk, Lugansk region, 94204, Ukraine

Class structure of electromechanical energy converter models with UML-diagrams application.

Theoretical results are presented, mathematical model formation by means of inheritance from a generalized class template is shown for a general electromechanical energy converter.

Key words – object-oriented, design, electrical machine, class, object, mathematical model, inheritance model, template.

Поступила (received) 18.10.2013