

ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА ЗНАНИЙ ПО ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИМ ЭФФЕКТАМ

В. М. Зарипова, И. Ю. Петрова***

**Астраханский государственный университет,
г. Астрахань (Россия)*

***Астраханский инженерно-строительный институт,
г. Астрахань (Россия)*

Введение

Энерго-информационная модель цепей (ЭИМЦ) позволяет перейти к структурно-формализованному описанию процессов в технических устройствах с помощью параметрических структурных схем [1–3]. Принцип действия любого элемента систем управления и регулирования основан на взаимодействии цепей различной физической природы, которое моделируется в ЭИМЦ с помощью последовательности физико-технических эффектов.

Физико-технический эффект (ФТЭ) отражает зависимость между входными и выходными физическими величинами через коэффициент преобразования.

Для формального описания процессов, протекающих в технических устройствах, в виде цепочек преобразований величин на основе ЭИМЦ эксперт описывает существующие физические явления и разрабатывает

паспорт каждого ФТЭ. Входные и выходные величины в паспорте должны соответствовать величинам-аналогам ЭИМЦ. Каждый ФТЭ характеризуется коэффициентом преобразования, формула которого выводится с использованием известных зависимостей, характеризующих соответствующие физические явления, а также установленных соответствий между физическими величинами и величинами-аналогами ЭИМЦ [4].

Задача построения энерго-информационной модели ФТЭ является трудоемкой, т. к. для того, чтобы привести исходную зависимость между физическими величинами к строго определенной форме взаимосвязи между величинами-аналогами ЭИМЦ, требуется найти подходящую комбинацию формул из достаточно широкого перечня имеющихся. Трудоемкость этой задачи обусловлена следующими причинами:

- необходимость обработки больших объемов информации,
- необходимость согласованной работы экспертов по разным областям знаний,
- многоступенчатые преобразования известных уравнений, описывающих физический принцип действия эффекта, до выражений содержащих величины ЭИМЦ,
- необходимость экспертной оценки средних значений параметров и величин, участвующих в уравнениях для вывода диапазона изменений входной и выходной величины.

Для решения этой проблемы можно использовать онтологическую базу знаний о физико-технических эффектах.

Онтологическая база знаний для поддержки экспертного анализа

В данной статье для снижения трудоемкости работы эксперта по формализации знаний о физико-технических эффектах предлагается разработать базу знаний физических законов и соответствий между физическими величинами и их аналогами ЭИМЦ с целью ее последующего использования для решения двух задач:

- 1) поиска формул, позволяющих в совокупности провести преобразование зависимости входных и выходных величин к виду, принятому в ЭИМЦ;
- 2) поиска формул, позволяющих в совокупности получить формулу для вычисления коэффициента преобразования ФТЭ на основе сведений об известных значениях параметров.

Предлагается следующий алгоритм для решения этих двух задач.

Для решения задачи поиска формул, позволяющих вывести формулу коэффициента преобразования ФТЭ, инженеру необходимо ввести запрос в виде набора величин и констант, которые используются в исходной формуле. Например, для рассмотренного эффекта Холла запрос будет следующим:

$$U_e, R_H, d, B, I_e$$

Далее запрос обрабатывается системой и эксперту выводится результат его интерпретации:

U_e	напряжение // физическая величина
R_H	постоянная Холла // постоянная величина
d	толщина пластины // постоянная величина
B	индукция магнитного поля // физическая величина
I_e	сила тока // физическая величина

Каждый компонент запроса интерпретируется как физическая величина или постоянная величина. В случае невозможности однозначным образом интерпретировать запрос, пользователю предлагается на выбор список обнаруженных в базе знаний вариантов, например:

	скорость // физическая величина
	объем // физическая величина

Задача заключается в преобразовании исходного списка физических величин и постоянных величин к списку, содержащему только величины-аналоги ЭИМЦ и величины, имеющие в рамках рассматриваемых физических зависимостей постоянное значение. Для рассматриваемого примера имеем:

U_e	величина-аналог ЭИМЦ
R_H	постоянная величина
d	постоянная величина
B	<i><требуется преобразование></i>
I_e	величина-аналог ЭИМЦ

Система идентифицирует величины (V_1, V_2, \dots, V_n) , которые требуется преобразовать, и подбирает подходящий набор формул (F_1, F_2, \dots, F_m) с использованием базы знаний зависимостей физических величин и величин-аналогов ЭИМЦ. Результатом преобразования является набор величин-аналогов ЭИМЦ (E_1, E_2, \dots, E_p) и набор постоянных величин (C_1, C_2, \dots, C_q) .

$$\langle V_1, V_2, \dots, V_n \rangle \xrightarrow{F_1, F_2, \dots, F_m} \langle E_1, E_2, \dots, E_p | C_1, C_2, \dots, C_q \rangle \quad (1)$$

В данном случае задача состоит в преобразовании индукции магнитного поля B . В базе знаний имеются сведения о следующей зависимости $Q_{mg} = B \cdot S$ (объект F_3). Поводом для рассмотрения объекта F_3 в качестве формулы-кандидата для преобразования величины B является наличие в базе знаний факта « F_3 использует B ». Результаты:

F_3	определяет	Q_{mg}
F_3	использует	S
Q_{mg}	является	Величина ЭИМЦ
S	является	Постоянная Величина

«Величина ЭИМЦ» и «Постоянная Величина» представляют собой классы онтологической базы знаний.

Таким образом, результат применения формулы F_3 содержит только величины-аналоги ЭИМЦ и постоянные величины. На этом поиск формул завершается.

$$\langle U_e, R_H, d, B, I_e \rangle \xrightarrow{Q_{mg}=B \times S} \langle U_e, I_e, Q_{mg} | R_H, d, S \rangle \quad (2)$$

Как видно из выражения (2), коэффициент преобразования получившегося элементарного звена параметрической структурной схемы будет содержать следующие постоянные величины: $\langle R_H, d, S \rangle$.

Для решения второй задачи (вычисления среднего значения коэффициента преобразования) необходимо знать, значения каких величин известны. Если известны значения всех величин из списка $\langle R_H, d, S \rangle$, то для расчета не требуется никаких дополнительных знаний. Однако, в некоторых случаях могут быть известны значения других величин, связанных с искомыми формулами. В рассматриваемом примере известны средние значения следующих величин: γ (магнитная чувствительность элемента Холла), I_e и S .

Формально, данная задача заключается в поиске формул $\langle F_1, F_2, \dots, F_k \rangle$ для преобразования списка постоянных величин $\langle C_1, C_2, \dots, C_n \rangle$, используемых в коэффициенте преобразования элементарного звена, к списку величин $\langle C'_1, C'_2, \dots, C'_m \rangle$, значения которых известны и могут быть использованы для расчета значения коэффициента:

$$\langle C_1, C_2, \dots, C_n \rangle \xrightarrow{F_1, F_2, \dots, F_k} \langle C'_1, C'_2, \dots, C'_m \rangle \quad (3)$$

В данном случае имеем:

$$\langle R_H, d, S \rangle \xrightarrow{F_1, F_2, \dots, F_k} \langle \gamma, I_e, S \rangle \quad (4)$$

Таким образом, задача состоит в преобразовании величин $\langle R_H, d \rangle$ с использованием формул, содержащих только величины $\langle \gamma, I_e, S \rangle$. В базе знаний имеются сведения о следующей зависимости $\gamma = \frac{R_H}{d} \cdot I_e$ (объект F_2).

F_2	определяет	γ
F_2	использует	R_H
F_2	использует	d
F_2	использует	I_e

Возможны также варианты частичного преобразования. Допустим, эксперт указал, что только для двух величин заданы значения: $\langle \gamma, I_e \rangle$. На основе знаний, представленных в онтологической базе знаний, будут автоматически выведены возможные варианты преобразований и соответствующие им недостающие величины:

$$\langle R_H, d, S \rangle \xrightarrow[\gamma = \frac{R_H}{d} \cdot I_e]{R_H} \langle \gamma, I_e | S \rangle$$

Иерархия классов онтологии представлена на рис. 1.

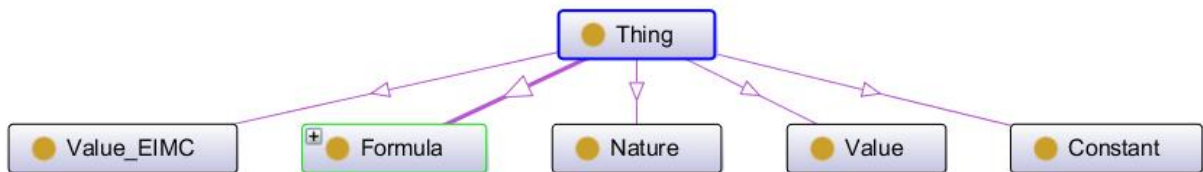


Рис. 1. Фрагмент онтологической базы знаний ФТЭ

В онтологии устанавливаются зависимости между формулами, ее компонентами, между величинами. Сами математические формулы планируются в дальнейшем представлять средствами языка математической разметки MathML.

Фрагмент заполнения онтологии фактами представлен на рис. 2.

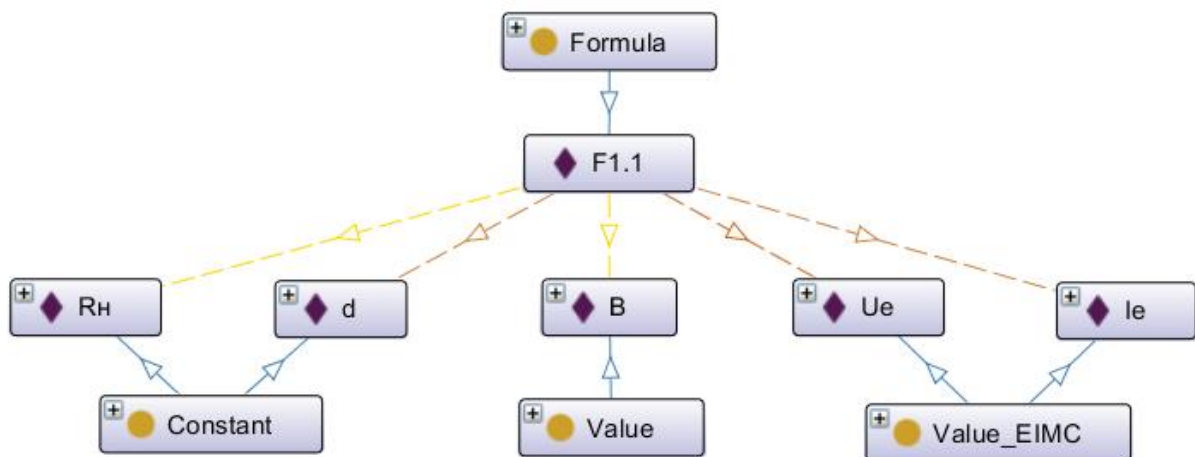


Рис. 2. Фрагмент заполнения онтологии

Наличие в онтологии знаний о вложенности объектных свойств позволяет по итогам классификации онтологии (применения механизма логического вывода) достроить ее неявно выраженными свойствами.

На рис. 3 представлена взаимосвязь формул F1.1 и F1.3. У них есть общая переменная B. Все остальные члены этих формул являются либо постоянными величинами (Constant), либо величинами-аналогами ЭИМЦ (Value_EIMC). Таким образом, если на входе алгоритма поиска формул

для формализации ФТЭ дан список величин, входящих в формулу F1.1, то в результате его выполнения будет предложена формула F1.3.

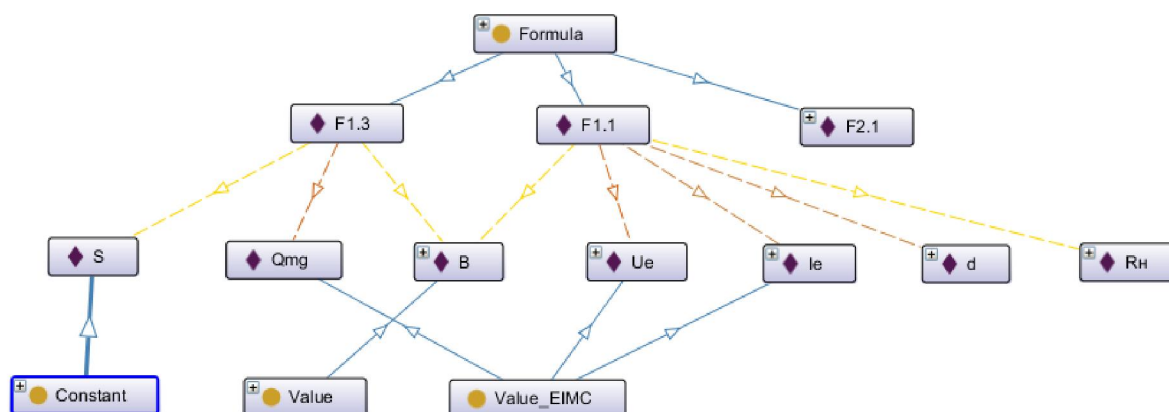


Рис. 3. Связь формул через общую переменную в онтологии

Обобщенная архитектура подсистемы для работы с онтологиями

Структура обобщенной архитектуры подсистемы для работы с онтологиями показана на рис. 4.

OWL API представляет собой фреймворк для работы с онтологиями. Он полностью соответствует структурной спецификации OWL 2 и поддерживается основными машинами вывода (CEL, FaCT++, HermiT, Pellet, Racer Pro).

Слой бизнес-логики содержит функции для решения двух задач, поставленных в рамках настоящего исследования. Внешние приложения смогут использовать эту функциональность через специально разработанный для этих целей слой веб-сервисов. Авторами разработаны следующие три веб-сервиса:

1. Сервис для получения результата интерпретации запроса.

string[] getValue(string value);

На вход подается введенная пользователем строка (value), а результатом выполнения сервиса является строковый идентификатор (или идентификаторы в случае невозможности однозначной интерпретации) соответствующего экземпляра онтологии.

2. Сервис для получения набора формул для формулировки ФТЭ.

string[] getTransformationFormulas(string[] values);

На вход подается перечень интерпретированных величин, т.е. ссылок на экземпляры онтологии (values). Результатом выполнения сервиса являются идентификаторы формул.

3. Сервис для получения набора формул для вычисления коэффициента преобразования ФТЭ.

string[] getCalculationFormulas(string[] values);

На вход подается перечень интерпретированных величин, т. е. ссылок на экземпляры онтологии (values). Результатом выполнения сервиса являются идентификаторы формул.

Таким образом, предложенный комплекс методов обработки информации в базе знаний по физическим эффектам предоставляет возможность создавать уникальные справочные системы и уменьшает трудоемкость работы экспертов по созданию паспортов физико-технических эффектов.

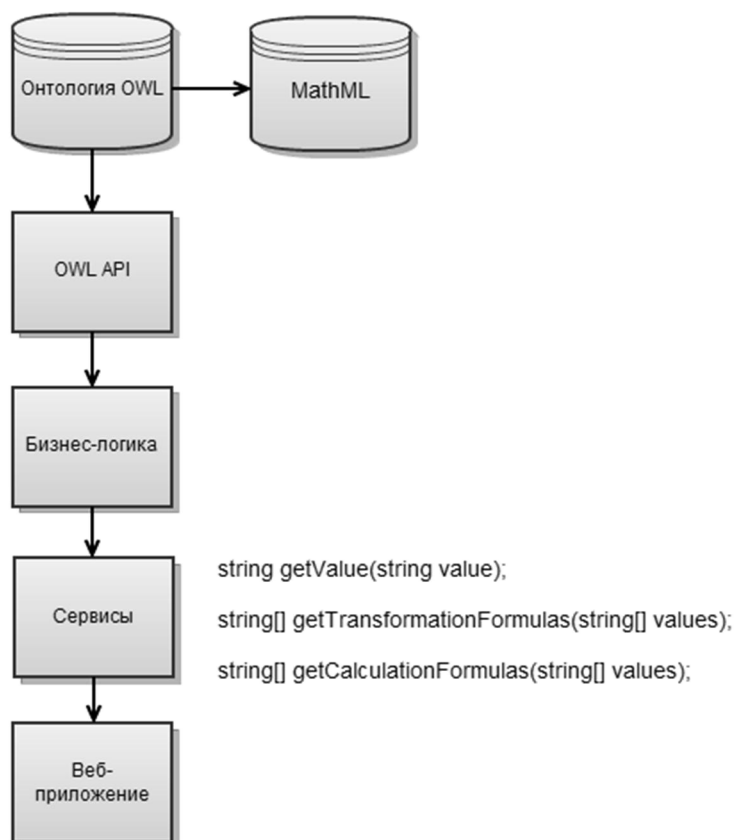


Рис. 4. Обобщенная архитектура системы

Список литературы

1. Зарипова, В. М. Объектно-ориентированная модель базы знаний о физико-технических эффектах для системы концептуального проектирования новых элементов информационно-измерительных систем и систем управления / В. М. Зарипова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2013. – № 1. – С. 162–171.
2. Зарипова, В. М. «ИНТЕЛЛЕКТ» для развития навыков инженерного творчества / В. М. Зарипова, Е. С. Цырульников, А. А. Киселев // Alma mater (Вестник высшей школы). – 2012. – № 1. – С. 58–61.
3. Зарипова, В. М. Модель развития средств автоматизации инновационных процессов (Computer Aided Innovation - CAI) / В. М. Зарипова, И. Ю. Петрова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2012. – № 3. – С. 111–130.
4. Зарипов, М. Ф. Энергоинформационный метод анализа и синтеза чувствительных элементов систем управления / М. Ф. Зарипов, И. Ю. Петрова // Датчики и системы. – 1999. – № 5. – С. 10–17.