

ПРИМЕНЕНИЕ ГИБРИДНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Т.В. Алферова, Т.А. Трохова

Гомельский государственный технический университет имени
П.О. Сухого

Аннотация. Очередной импульс разработки в области автоматизации проектирования и мониторинга параметров электрических сетей дали достижения в создании систем искусственного интеллекта и, в первую очередь, теории экспертных систем и баз знаний, а также искусственных нейронных сетей (ИНС). Объясняется это тем обстоятельством, что экспертные системы и ИНС позволяют работать с недостаточно формализованными методами и моделями, какими является основная часть методов структурного и параметрического синтеза энергосистем. Одним из классов экспертных систем в настоящее время являются гибридные экспертные системы (ГЭС), позволяющие не только объединять разные модели представления знаний в базах знаний, но и использовать несколько технологий их обработки, что делает этот вид систем достаточно гибкими при настройке на конкретную предметную область. В процессе проектирования и эксплуатации городских электрических сетей возникает множество проблем, связанных с решением плохо формализуемых задач и хранением большого объема инженерных данных и знаний. Одна из таких задач – задача прогнозирования электрических нагрузок на определенный временной период, обусловленная технологическими и экономическими причинами. С другой стороны развитие технологии «Индустрия 4» требует от инженеров-энергетиков владения навыками применения интеллектуальных систем и систем, основанных на знаниях. В работе представлен подход к решению задачи прогнозирования электрических нагрузок городской электросети на основе гибридных интеллектуальных систем. В состав таких систем входят как экспертные системы, так и искусственные нейронные сети. Рассмотрены основные направления применения методологии нейронных сетей в энергетике. Разработаны функциональная и инфологическая модели системы автоматизации проектирования энергосистем, содержащей банк инженерных знаний в этой предметной области и основанной на методах и алгоритмах гибридных интеллектуальных систем,

адаптированных к таким плохо формализуемым процессам, как функциональный и параметрический синтез.

Ключевые слова: искусственный интеллект, экспертная система, искусственная нейронная сеть, городские электрические сети, прогноз электрических нагрузок, гибридная интеллектуальная система, база знаний.

Введение. Очередной импульс разработки в области автоматизации проектирования и мониторинга параметров электрических сетей дали достижения в создании систем искусственного интеллекта и, в первую очередь, теории экспертных систем и баз знаний, а также искусственных нейронных сетей (ИНС). Объясняется это тем обстоятельством, что экспертные системы и ИНС позволяют работать с недостаточно формализованными методами и моделями, какими является основная часть методов структурного и параметрического синтеза энергосистем. Одним из классов экспертных систем в настоящее время являются гибридные экспертные системы (ГЭС), позволяющие не только объединять разные модели представления знаний в базах знаний, но и использовать несколько технологий их обработки, что делает этот вид систем достаточно гибкими при настройке на конкретную предметную область.

Цель работы – разработка функциональной и инфологической модели системы автоматизации проектирования энергосистем, содержащей банк инженерных знаний в этой предметной области и основанной на методах и алгоритмах гибридных интеллектуальных систем, адаптированных к таким плохо формализуемым процессам, как функциональный и параметрический синтез.

Основная часть

«Индустрия 4» в энергетике. Мир производства сейчас стоит на пороге четвертой промышленной революции и это действительно так: согласно отчету, составленному исследователями McKinsey Global Institute, уже к 2030 году до 800 млн. рабочих мест могут быть замещены автоматизацией и робототехникой.

Индустрия 4.0 не имеет общепринятого определения, однако под этим понятием принято понимать тенденцию к использованию современных технологий в производстве, тем самым минимизируя участие человека в самом процессе [1].

Можно сказать, что Индустрия 4.0 является логическим продолжением таких исторических событий, как:

- интегрированные электронные и программные средства автоматизации, появившиеся в 1970-х годах;
- феномен производственного аутсорсинга в 1990-х годах;

- глобальная автоматизация управления предприятием с применением ИТ систем 2000-х.

В технологию «Индустрии 4.0» включаются следующие элементы:

- облачные технологии (cloud),
- технологии искусственного интеллекта (IA),
- технологии обработки больших данных (BigData),
- Интернет вещей (IoT).

Ключевым признаком производства в технологии «Индустрия 4» является его модульность, оно становится распределенным, все коммуникации – беспроводные. Умные компоненты обладают следующими свойствами: имеют стандартный интерфейс для обмена данными и уникальный адрес; могут передавать и хранить информацию о своем состоянии и местоположении; описываются математическими моделями.

Применение систем искусственного интеллекта в рамках технологии «Индустрия 4» влечет за собой глобальные изменения в решении задач энергоснабжения, которые будут сводиться не только к получению полной и достоверной информации о работе электрических сетей, обо всех процессах и параметрах в электросети за любой прошедший период времени, но к изменениям подхода на уровне проектирования: улучшению прогнозирования генерации и спроса на энергоресурсы, оценке надежности энергогенерирующего оборудования, автоматизации повышения генерации на пике спроса.

Направления применения систем искусственного интеллекта в энергетике. Ниже представлен перечень основных задач, решение которых связано с использованием систем искусственного интеллекта в современных энергетических системах:

- предсказание нагрузки и прогнозирование температуры окружающей среды с целью прогнозирования нагрузки;
- управление потоками электроэнергии в сетях и обеспечение максимальной мощности;
- регулирование напряжения;
- диагностика энергосистем с целью определения неисправностей;
- оптимизация размещения датчиков для контроля безопасности энергосистем;
- мониторинг безопасности энергосистем;
- обеспечение защиты трансформаторов;
- обеспечение устойчивости, оценка динамического состояния и диагностика генераторов;
- управление турбогенераторами;
- управление сетью генераторов;

- управление мощными переключательными системами.

Перечень задач применения систем искусственного интеллекта в автоматизации управления энергетическими системами постоянно растет. Ранее некоторые из этих задач решались статистическими и численными методами, использовалось моделирование и методика оперативного управления режимами функционирования электроэнергетических систем. Но развитие технологий экспертных систем и нейросетей позволило расширить круг решаемых задач по оценке состояния энергосистемы.

Гибридные интеллектуальные системы. Под гибридной интеллектуальной системой (ГиИС) принято понимать систему, в которой для решения задачи используется более одного метода имитации интеллектуальной деятельности человека [2]. Основными компонентами ГиИС являются экспертные системы и искусственные нейронные сети.

Экспертные системы - это направление исследований в области искусственного интеллекта по созданию вычислительных систем, умеющих принимать решения, схожие с решениями экспертов в заданной предметной области [3,4]. Экспертные системы имеют одно большое отличие от других систем искусственного интеллекта: они не предназначены для решения каких-то универсальных задач, как, например, нейронные сети или генетические алгоритмы. Экспертные системы предназначены для качественного решения задач в определенной разработчиками области, в редких случаях – областях. Экспертная система является плодом совместной работы экспертов в данной предметной области, инженеров по знаниям и программистов (рисунок 1).



Рисунок 1 – Структура ЭС

С помощью искусственных обучаемых нейронных сетей эффективно решаются неформализованные задачи классификации и

прогнозирования в различных проблемных областях. Обучаясь на некоторой таблице данных, нейронная сеть формирует навык предсказания или классификации и в дальнейшем может решать задачи с высокой точностью [5,6].

Идея гибридного подхода к разработке интеллектуальных систем не нова. С появлением первых экспертных систем в структуру базы знаний включались как фреймовые, так и продукционные модели представления знаний. Например, существует ESWin - программная оболочка для работы с продукционно-фреймовыми экспертными системами с возможностью использования лингвистических переменных. Эта программная оболочка предназначена для решения задач методом обратного логического вывода на основе интерпретации правил-продукций с использованием фреймов как структур данных, включающих в себя в частности лингвистические переменные. База знаний состоит из набора фреймов и правил-продукций. Системы, включающие в базу знаний несколько разных моделей представления знаний, были названы гибридными экспертными системами (ГЭС).

Одним из основных компонентов ГЭС в применении к решению задач энергетики является банк инженерных знаний. Банк инженерных знаний системы содержит как полное описание типовых математических моделей компонентов электрических сетей, которые должны настраиваться на параметры при автоматизированном проектировании, так и описание типовых процессов, в которых участвуют эти компоненты при функционировании [6].

Методы и алгоритмы, применяемые в гибридных экспертных системах, принято делить на логические и эвристические, для автоматизации проектирования электросетей наиболее приемлемыми являются такие эвристические методы как: метод представления пространства технических решений, методы аналогий и четкого и нечеткого сопоставления с образцом. Ход работы с системой строится таким образом, чтобы пользователь, получая данные поэтапного моделирования, мог осознать специфику различных моделей, имел возможность влиять на последовательность расчетов и точность получаемых результатов.

Предлагается подход к разработке ГЭС, заключающийся в том, что ГЭС расширяется путем введения аппарата искусственных нейронных сетей (ИНС) в структуру ГЭС.

Несомненными достоинствами ИНС являются:

- гибкость структуры;
- применение быстрых алгоритмов обучения;
- возможность работы при наличии большого числа шумовых сигналов;

- возможность работы с разнотипной информацией;
- обученная ИНС обладает устойчивостью к отказам отдельных ее элементов [7].

При функционировании такая гибридная экспертная нейросистема сможет пополнять свою базу знаний не только знаниями экспертов в данной предметной области, но и знаниями, полученными с помощью обученных нейронных сетей. С другой стороны, исходные данные для обучения нейронной сети могут быть получены из базы знаний экспертной системы.

Структурная схема гибридной экспертной нейросистемы приведена на рисунке 2. В состав гибридной экспертной нейросистемы включены следующие компоненты: обучаемая нейронная сеть, экспертная система, модуль принятия и объяснения решений, интерфейсный модуль, позволяющий взаимно преобразовывать данные нейронной сети и экспертной системы.

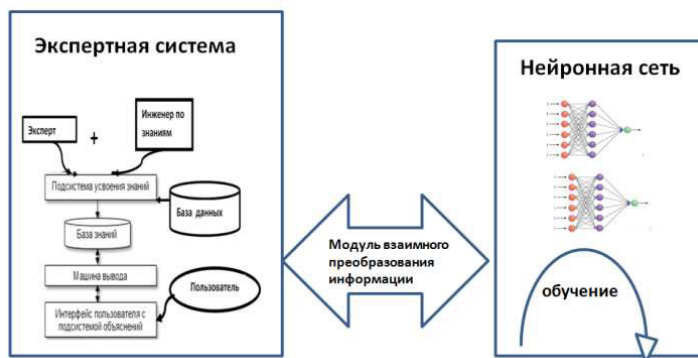


Рисунок 2 – Структура гибридной экспертной нейросистемы

В [8] авторами показана возможность применения методов моделирования с использованием нейронных сетей для прогнозирования нагрузки сетевых объектов, рассмотрена компьютерная модель прогнозирования, базирующаяся на ИНС. В предлагаемом подходе целевые и входные данные для создания ИНС могут быть взяты из базы данных экспертной системы, данные расчета электрических нагрузок и электропотребления, полученные с помощью нейронной сети, заносятся в базу знаний экспертной системы.

Выводы.

В статье показана возможность применения гибридных интеллектуальных систем в решении задач проектирования и

мониторинга электросетей. Дан анализ структуры гибридных экспертных систем и искусственных нейронных сетей, предложен подход к решению задач энергетики, базирующийся на применении гибридных интеллектуальных нейросистем. Сформирована структура гибридной интеллектуальной системы, позволяющей пополнять базу знаний информацией, полученной при расчете по ИНС-модели. Подход частично опробован для прогнозирования нагрузки сетевых объектов.

Список использованных источников

1. Башева М. А. «Индустрия 4.0» в России: на пороге промышленного переворота // Молодой ученый. — 2019. — №13. — С. 100-102. — URL <https://moluch.ru/archive/251/57602/> (дата обращения: 11.12.2019).
2. Колесников, А.В. Методология и технология решения сложных задач методами функциональных гибридных интеллектуальных систем. / Колесников, А.В., Кириков И.А. — М.: ИПИ РАН, 2007.
3. Алдошина, А. Н. Экспертная система на основе нейросетевых технологий для мониторинга и диагностики корпоративной локальной сети // Молодой ученый. — 2016. — №18. — С. 35-38. — URL <https://moluch.ru/archive/122/33814/> (дата обращения: 07.12.2019).
4. Чувилов, Д. А. Применение экспертного моделирования в получении новых знаний человеком // Радиопромышленность, 2017, No 2. С. 72–80.
5. Каменев, А.С. Нейромоделирование как инструмент интеллектуализации энергоинформационных сетей. / Каменев А.С. Королев С.Ю., Сокотуценко В.Н.– М.: ИЦ «Энергия», 2012.-124 с.
6. Заенцев, И.В. Нейронные сети: основные модели. И.В. Зайцев. Учебное пособие к курсу “Нейронные сети” для студентов 5 курса магистратуры к. электроники физического факультета Воронежского Государственного университета. 2005.-135 с.
7. Пампуха, И. В. Обоснование использования нейронных сетей в системах поддержки принятия решений при функционировании сложных систем / И. В. Пампуха, Ю. В. Березовская // Сборник научных трудов Военного института Киевского национального университета имени Тараса Шевченко. — 2013. Вып. 42. — с. 85–89.
8. Алферова, Т.В. Компьютерное прогнозирование электрических нагрузок методами нейронных сетей / Т.В. Алферова,

Т.А. Трохова, // Агротехника и энергообеспечение, 2019, №3(24). С. 166–174.

Алферова Тамара Викторовна, кандидат технических наук, доцент, alferowa.tam@yandex.ru, Республика Беларусь, Гомель, Гомельский технический университет имени П.О. Сухого

Татьяна Анатольевна Трохова, кандидат технических наук, доцент, trohova77@rambler.ru, Республика Беларусь, Гомель, Гомельский технический университет имени П.О. Сухого

APPLICATION OF HYBRID INTELLECTUAL SYSTEMS IN ENERGY

Alferova T.B., Trohova T.A.

Abstract. Another impetus of development in the field of automation of designing and monitoring parameters of electric networks was given by achievements in the creation of artificial intelligence systems and, first of all, the theory of expert systems and knowledge bases, as well as artificial neural networks (ANNs). This is explained by the fact that expert systems and ANNs allow working with insufficiently formalized methods and models, which are the main part of the methods of structural and parametric synthesis of energy systems. Currently, one of the classes of expert systems is hybrid expert systems (HES), which allow not only combining different models for representing knowledge in knowledge bases, but also using several technologies for processing them, which makes this type of system flexible enough when setting up for a specific subject area. In the process of designing and operating urban electric networks, many problems arise related to solving poorly formalized tasks and storing a large amount of engineering data and knowledge. One of these tasks is the task of predicting electrical loads for a certain time period, due to technological and economic reasons. On the other hand, the development of the Industry 4 technology requires energy engineers to have the skills to use intelligent and knowledge-based systems. The paper presents an approach to solving the problem of predicting the electrical loads of a city electric grid based on hybrid intelligent systems. The composition of such systems includes both expert systems and artificial neural networks. The main directions of the application of the methodology of neural networks in the energy sector are considered. The functional and infological models of the automation system for designing power systems have been developed, containing a bank of engineering knowledge in this subject area and based on methods and algorithms of hybrid intelligent systems adapted to such poorly formalized processes as functional and parametric synthesis.

Key words: artificial intelligence, expert system, artificial neural network, urban electric networks, forecast of electrical loads, hybrid intelligent system, knowledge base.

Alferova T.V. Ph.D., Associate Professor, alferowa.tam@yandex.ru, Republic of Belarus, Gomel, Gomel Sukhoi State Technical University

Trohova T.A., Ph.D., Associate Professor, trohova77@rambler.ru, Republic of Belarus, Gomel, Gomel Sukhoi State Technical University