

УДК 004.048:621.31

РАЗРАБОТКА ЕДИНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.Е. Колоденкова

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, Самара, Молодогвардейская ул., 244
E-mail: anna82_42@mail.ru

С.С. Верещагина

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, Самара, Молодогвардейская ул., 244
E-mail: werechaginass@mail.ru

Е.Р. Мунтян

Южный федеральный университет
Россия, 347928, Таганрог, ГСП-17А, пер. Некрасовский, 44
E-mail: ermuntyan@sfnu.ru

Ключевые слова: диагностирование электротехнического оборудования, база данных, база знаний, методы искусственного интеллекта, нечеткое когнитивное моделирование, принятие решений.

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы разработки единой интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ЕИСППР) для диагностирования электротехнического оборудования во всех сферах промышленности с применением методов искусственного интеллекта, когнитивного и нечеткого когнитивного моделирования. Обсуждаются архитектура и принципы построения ЕИСППР, а также классы задач, решаемых системой. Предлагаемая ЕИСППР позволит не только оценить реальное состояние оборудования на данный момент в условиях широкого перечня контролируемых параметров, но и спрогнозировать их значения, тем самым выявить дефекты, неисправности, отказы электрооборудования на ранней стадии их развития; предотвратить аварийные ситуации и снизить риск техногенных катастроф; принять научно-обоснованное управленческое решение по поводу электротехнического оборудования.

1. Введение

Развитие электроэнергетики и электротехнического оборудования промышленности сопровождается совершенствованием их технических и экономических показателей, которое приводит к значительным отклонениям параметров, характеризующих техническое состояние оборудования, увеличению их технологической сложности и

стоимости. Это приводит к ряду серьезных проблем в электроэнергетике, например, к развитию и накоплению дефектов; к более раннему наступлению предельного состояния; отказу оборудования; нарушению электроснабжения и безопасности промышленных предприятий [1, 2]. В силу вышеизложенного диагностирование электротехнического оборудования любых промышленных предприятий является важнейшим процессом при эксплуатации оборудования и актуальной задачей.

Таким образом, в настоящей работе для диагностирования электротехнического оборудования предлагается ЕИСППР с применением методов искусственного интеллекта, когнитивного и нечеткого когнитивного моделирования.

Предлагаемая ЕИСППР предназначена для непрерывного контроля работоспособности электротехнического оборудования, а также выдачи сообщений в случае отклонения параметров от допустимых норм в режиме реального времени с целью проверки правильности функционирования и поиска неисправностей электрооборудования, а также принятия научно обоснованных решений о дальнейших действиях по оборудованию в условиях больших потоков исходных данных.

Существенными недостатками современных СППР технической диагностики электрооборудования являются: низкий уровень автоматизации процесса обработки диагностической разнородной информации, а также ограниченность применения технологий искусственного интеллекта [3, 4]. Основными отличительными особенностями предлагаемой ЕИСППР являются возможности:

- решения задач не только контроля, но и прогнозирования значений параметров электрооборудования;
- анализа не только фактических значений контролируемых параметров, но и их динамики, с использованием не только вероятностно-статистических методов, но и методов искусственного интеллекта, когнитивного и нечеткого когнитивного моделирования. Это позволяет выявлять неисправности, отказы электрооборудования на ранней стадии их развития; предотвращать аварийные ситуации; вырабатывать и принимать меры по их предотвращению в условиях неопределенности и больших объемов исходных данных;
- универсальности системы, что заключается в возможности ее применения во всех отраслях промышленности (химической, нефтяной, металлургической, атомной энергетики и др.).

2. Структура ЕИСППР

В процессе диагностирования электротехнического оборудования предлагаемая ЕИСППР поможет решить следующие задачи: спрогнозировать значения параметров оборудования; определить влияние качества электрической энергии на параметры; оценить степень влияния параметров друг на друга и многие др.

На рис. 1 представлена структура ЕИСППР для диагностирования электротехнического оборудования, включающая четыре основных модуля: модуль сбора и хранения исходных данных; модуль обработки исходных данных и знаний; модуль диагностирования и прогнозирования; модуль формирования рекомендаций и принятия решений.

Модуль сбора и хранения исходных данных осуществляет прием информации от множества разнотипных датчиков (коэффициент временного перенапряжения, гармоники тока, тепловизионная съемка (колебания температуры) и другие), внешней среды (перепады температур, гроза и т.д.), а также сохранение этой информации в формат Excel (*.xls) для дальнейшей обработки.

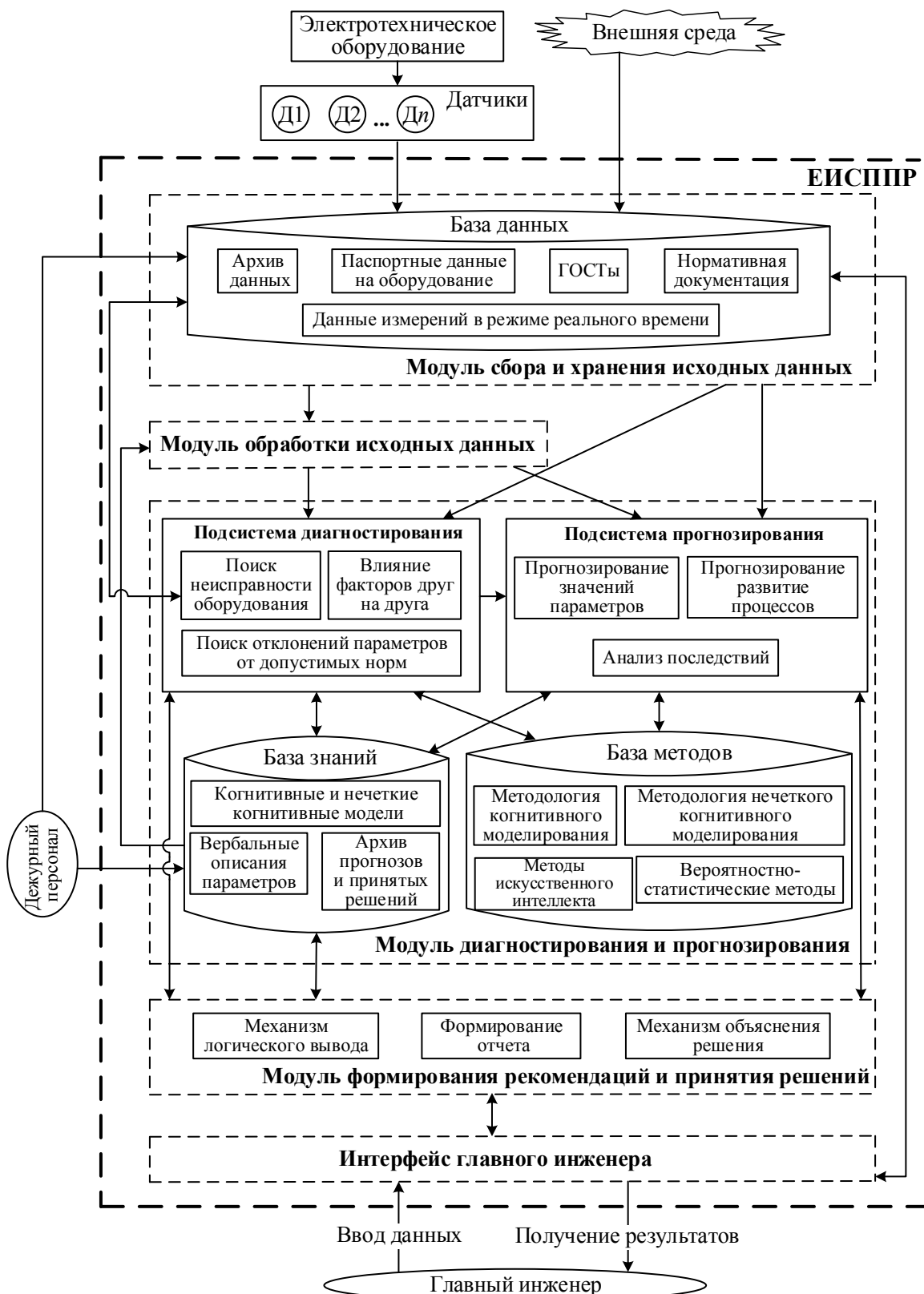


Рис. 1. Структура ЕИСППР для диагностирования электротехнического оборудования.

База данных (БД) наполняется данными, поступающими от множества разнотипных датчиков и дежурного персонала, в которой содержится: архив данных (суточные файлы с указанием времени, к которому они относятся), данные измерений в режиме

реального времени, нормативная документация, ГОСТы, паспортные данные на оборудование, а также ограничения на значения различных параметров электротехнического оборудования. В результате все полученные данные об электротехническом оборудовании находятся в одном месте и приведены к единому формату.

Модуль обработки исходных данных осуществляет обработку данных, поступающих из БД и базы знаний (БЗ) с целью применения модуля диагностирования и прогнозирования.

Под обработкой понимается структуризация знаний и нормализация данных, представленных в виде четких данных, нечетких чисел, с целью применения методологий когнитивного и нечеткого когнитивного моделирования, методов искусственного интеллекта. Отметим, что для применения предлагаемых вероятностно-статистических методов обработка данных не обязательна.

Модуль диагностирования и прогнозирования осуществляет диагностирование электротехнического оборудования и прогнозирование значений параметров, развитие процессов в случае нештатной ситуации с использованием БЗ и базы методов.

База знаний является одним из важнейших компонентов предложенной ЕИСППР, которая пополняется посредством знаний дежурного персонала, а также адаптации БЗ к условиям ее функционирования (замена правил или фактов в БЗ). Предлагаемая БЗ и содержит различные когнитивные и нечеткие когнитивные модели прогнозирования, сценарии развития ситуаций, архивы прогнозов, а также рекомендации и принятые управленческие решения [5]. Результаты диагностирования и прогнозирования поступают в модуль формирования рекомендаций и принятия решений.

Под *когнитивной моделью* понимается знаковый ориентированный граф [6]:

$$G = \langle V, E \rangle,$$

где $V = \{v_i\}$ – множество вершин, $i = \overline{1, h}$, h – количество вершин; E – бинарное отношение на V (дуги (связи) между вершинами v_i и v_j). Элементы e_{ij} , $e_{ij} \in E$ ($i, j = \overline{1, h}$) характеризуют направление и силу влияния между вершинами v_i и v_j , $e_{ij} = e(v_i, v_j)$ и могут принимать значения «1», «-1» либо «0».

Символ «1» обозначает положительную связь между вершинами v_i и v_j , т.е. увеличение (уменьшение) влияния вершины v_i вызывает увеличение (уменьшение) в вершине v_j ; символ «-1» означает отрицательную связь между v_i и v_j , т.е. увеличение (уменьшение) влияния вершины v_i вызывает уменьшение (увеличение) в вершине v_j ; символ «0» означает, что влияние v_i на v_j отсутствует.

Когнитивная модель может иметь не только качественные, но и количественные элементы. В этом случае когнитивные модели представлены в виде функционального графа [7]:

$$G_{\Phi} = \langle V, F \rangle,$$

где V – множество вершин; $F = f(v_i, v_j, e_{ij})$ – функция связи между вершинами. Функциональная зависимость параметров вершин f_{ij} ставится в соответствии каждой дуге

$$f(v_i, v_j, e_{ij}) = \begin{cases} +f_{ij}, & \text{если } \text{рост (падение)} v_i \text{ влечет за собой } \text{рост (падение)} v_j; \\ -f_{ij}, & \text{если } \text{рост (падение)} v_i \text{ влечет за собой } \text{падение (рост)} v_j. \end{cases}$$

Под *нечеткой когнитивной моделью* понимается нечеткая когнитивная карта (взвешенный ориентированный граф), в которой вершины представляют нечеткие факторы, а ребра – нечеткие причинно-следственные связи между факторами [6]:

$$G_{\text{неч}} = \langle V, W \rangle,$$

где V – множество вершин; W – нечеткие причинно-следственные связи между вершинами. Элементы w_{ij} , $w_{ij} \in W$ ($i, j = 1, \dots, h$) характеризуют направление и силу влияния между вершинами v_i и v_j : $w_{ij} = w(v_i, v_j)$, где w – показатель интенсивности влияния. Элементы w_{ij} обладают следующими свойствами: 1) w_{ij} принимает значения из интер-

вала $w_{ij} \in [-1, 1]$, т.е. $-1 \leq w_{ij} \leq 1$; 2) $w_{ij} = 0$, если влияние v_i на v_j , отсутствует; 3) $0 < w_{ij} \leq 1$ при положительном влиянии v_i на v_j , т.е. увеличение значения вершины v_i приводит к увеличению значения вершины v_j ; 4) $-1 \leq w_{ij} < 0$ при отрицательном влиянии v_i на v_j , т.е. увеличение значения вершины v_i приводит к уменьшению значения вершины v_j .

Модуль формирования рекомендаций и принятия решений отвечает за выдачу главному инженеру решения с учетом выявленных неисправностей электротехнического оборудования в удобном и наглядном для него виде (отчет в текстовой форме).

В состав данного модуля входит механизм логического вывода, предназначенный для получения новых фактов на основе сопоставления исходных данных и знаний из БЗ, а также механизм объяснения решения для запроса объяснения хода решения главным инженером в процессе или по результатам решения задачи (объясняет, как получено или не получено решение задачи, какие знания при этом были использованы, задействованы).

Интерфейс главного инженера позволяет главному инженеру запускать вычислительные эксперименты и просматривать результаты.

3. Заключение

Рассмотрена принципиально новая единая интеллектуальная система поддержки принятия решений для диагностирования электротехнического оборудования в условиях неопределенности. Предлагаемая система позволит не только оценить реальное состояние электротехнического оборудования на данный момент в условиях достаточно широкого перечня контролируемых параметров, но и спрогнозировать их значения, тем самым выявить дефекты, неисправности, отказы электрооборудования на ранней стадии их развития; предотвратить аварийные ситуации и снизить риск техногенных катастроф; принять научно-обоснованное управленческое решение по поводу электротехнического оборудования в условиях неопределенности.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 19-08-00152.

Список литературы

1. Yuling Yan. Research on Electrical Equipment's Fault Diagnosis Based on the Improved Support Vector Machine and Fuzzy Clustering // Chemical Engineering Transactions. 2017. Vol. 59. P. 865-870.
2. Перспективы развития и модернизация электроэнергетики России на условиях повышения энергоэффективности и энергосбережения. https://www.ruscable.ru/article/Perspektivy_razvitiya_i_modernizaciya/
3. Система поддержки принятия решений в задачах диагностики погружного электрооборудования <https://elibrary.ru/item.asp?id=19141782>
4. Некоторые аспекты программной реализации системы поддержки принятия решений по учету и диагностике электротехнического оборудования. <http://iii03.pfo-perm.ru/Data/petrohe2/petrohe2.htm>
5. Ковалев С.М., Колоденкова А.Е. Построение базы знаний интеллектуальной системы контроля и предупреждения рискованных ситуаций для этапа проектирования сложных технических систем // Онтология проектирования. 2017. Т. 7, № 4 (26). С. 398-409
6. Kolodenkova A.E., Khalikova E.A., Korobkin V.V., Gubanov N.G. A method of project feasibility assessment on creation of information-control systems for complex technical objects on the basis of fuzzy cognitive modeling // International Journal of Control Theory and Applications. 2016. No. 9 (30). P. 73-82.
7. Горелова Г.В., Колоденкова А.Е., Коробкин В.В. Построение комплексной оценки разработки информационно-управляющих систем на основе когнитивных моделей // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: труды XVII Международной конференции. Самара: Самарский ИЦ РАН, 2015. С. 326-331.