

УДК 004.891.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ ТУРБОГЕНЕРАТОРА

Луцык О.В., Секирин А.И.

Донецкий национальный технический университет

Кафедра автоматизированных систем управления

E-mail: olyalutsyk@gmail.com, alx09@list.ru

Аннотация

Луцык О.В., Секирин А.И. Использование методов нечеткой логики при построении экспертных систем диагностики турбогенератора. В данной статье рассмотрены основные методы, применяемые в экспертных системах диагностики турбогенератора. Рассмотрены существующие системы диагностики. Предложены методы улучшения диагностики путем интеллектуального анализа данных.

Общая постановка проблемы

Техническая диагностика – относительно новая отрасль знаний, быстро развивающаяся в последнее время по двум основным причинам:

– внедрение новых методов технической диагностики значительно повышает эффективность профилактического обслуживания. Это особенно важно в связи с отставанием числа персонала, занятого ремонтом и профилактикой, от роста объема установленного оборудования. Положение усугубляется тем, что для больших подстанций значительная часть основного оборудования используется за пределами номинального срока службы. Повышение эффективности профилактического обслуживания в первую очередь должно обеспечиваться переходом от планирования ревизий и осмотров по срокам к обслуживанию, зависящему от состояния оборудования;

– применение технической диагностики, использующей современные методы, повышает надежность и готовность оборудования. Большое значение при этом имеет технически обоснованное профилактическое обслуживание.

Техническая диагностика является обязательной составляющей в процессе эксплуатации турбогенератора на теплоэлектростанции (ТЭС). Обеспечение непрерывного эксплуатационного контроля турбогенераторов, а также их вспомогательных систем является основой надежной работы этого технологического оборудования. Высокая степень износа действующего оборудования электрических станций, низкий коэффициент обновления оборудования главных схем выдачи мощности повышает роль создания эффективной системы ремонта и технического обслуживания, а также диагностики технического состояния таких дорогостоящих объектов, к которым относятся турбогенераторы высокой мощности [1,2].

Исследования

На сегодняшнее время существует большое количество систем диагностики турбогенератора. Системы, используемые в Украине, не решают все требуемые задачи диагностики. Примером может служить система «НЕПТУН», предназначенная для автоматизированного контроля и диагностики турбогенераторов и их вспомогательных систем по технологическим, электроэнергетическим и вибрационным параметрам в процессе эксплуатации. Система применяется для диагностики турбогенераторов с водородно-водяным и полностью водяным охлаждением на заводе-изготовителе, а также при реконструкции действующих энергоблоков ТЭС. Возможно использование системы для контроля турбогенераторов с воздушным охлаждением.

Также на электростанциях используется система контроля и диагностирования генераторов СТК-ЭР. Информация о выявленных отклонениях от нормальной работы и сменные отчеты автоматически или по запросу оператора распечатываются на принтере. Ввод настроечных параметров: выбор канала, тип преобразователя, подключаемого параметра, диапазон измерения, значения установок и т.д. осуществляется с панельного компьютера и защищен паролем. Система позволяет производить эксплуатационный контроль, индикацию и регистрацию технологических параметров генератора в базе данных системы. Также позволяет производить периодическую или по запросу оператора-технолога регистрацию параметров генератора на бумажном или магнитном носителях. Осуществляется непрерывный мониторинг генератора с предоставлением информации в виде мнемосхем, таблиц параметров, графиков зависимости параметров от времени, предупредительных и аварийных сообщений.

Для улучшения диагностики и принятия решения оператором на электростанции используются системы поддержки принятия решений персоналом. Система поддержки принятия решений — [компьютерная автоматизированная система](#), целью которой является помощь людям, принимающим решение в сложных условиях для полного и объективного анализа предметной деятельности [3]. Системы поддержки принятия решений выполняют ряд сервисных функций по отображению информации в различной форме, включая и выборку по запросам пользователя.

Основным недостатком рассмотренных выше систем является отсутствие интеллектуального анализа поступающей информации. Все представленные выше экспертные системы могут выявлять ошибку, но не объяснять причину ее появления [5]. При этом число возможных известных системе ситуаций ограничено, а при возникновении внештатных ситуаций, информация не может быть корректно обработана, что существенно ограничивает возможности систем технической диагностики. Таким образом, для того чтобы решить эту задачу в данной работе предлагается создание системы диагностики, включающей в себя интеллектуальный анализ данных.

Также, для реализации функции диагностики состояния оборудования необходимо получение и накопление полной и достоверной информации в течение всего периода эксплуатации энергетического оборудования, что на средствах контроля предыдущего поколения становится практически невозможным.

Еще одним существенным недостатком старых систем является использование устаревших технологий построения программного обеспечения, не позволяющих внедрять Веб-базируемые системы.

Основными задачами создания данной системы диагностики являются:

- улучшение процесса принятия решений при возникновении различных ситуаций во время эксплуатации турбогенератора;
- фиксация превышения параметром установленного значения с выдачей соответствующего сигнала или команды;
- графическое отображение текущих параметров во времени;
- обоснование рекомендаций по устранению отклонений;
- эвристическое определение причин возникновения ситуаций с выдачей детального отчета о возникших ошибках.

Последняя задача практически не решена в данный момент и является интересным объектом для исследований. Одним из способов ее решения является переход от детерминированной базы данных признаков к базе знаний, использующей методы нечеткой логики, что позволит снять ограничение числа возможных ситуаций, а при возникновении внештатных ситуаций, позволит программе обработать информацию корректно.

На рисунке 1 представлена высокоуровневая структурная схема экспертной системы. Как следует из рисунка 1, в системе предусмотрено использование всех необходимых блоков, которые должна иметь экспертная система диагностики. Для упрощения взаимодействия пользователя с инструментарием программных средств предусматривается формирование пользователем запросов по формам представления входной и выходной информации блоками отображения и объяснения решения.

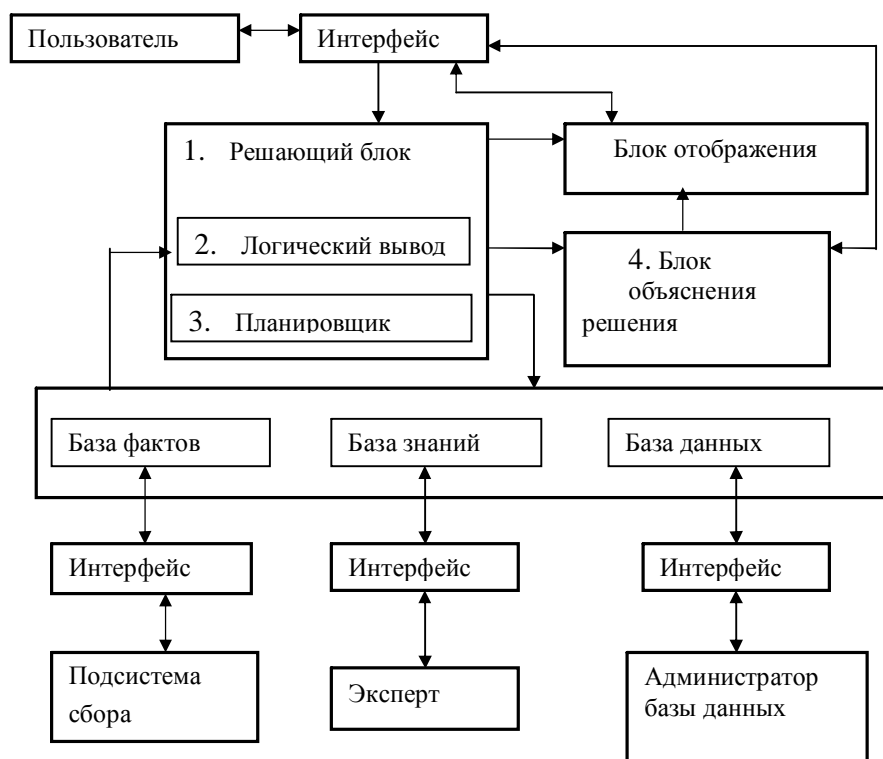


Рисунок 1 – Структурная схема экспертной системы

Необходимым улучшением, реализуемым новой системой диагностики, является попытка интеллектуального анализа ошибок, при помощи методов нечеткой логики. Это позволит решить следующие задачи:

- выявление тенденций изменения параметров, отклонений параметров за пределы допустимых значений;
- определение причин отклонений от нормального режима с выдачей рекомендаций;
- создание методов и механизмов автоматизации процессов создания и коррекции базы знаний;
- использование универсального интерпретатора правил базы знаний, позволяющего обрабатывать правила базы знаний, которые представляют собой совокупности логических выражений.

Для внедрения методов нечеткой логики необходимо совершить переход от детерминированной базы данных ситуаций к пространству нечетких множеств двоичных

диагностических признаков. Для этого необходимо провести логическую декомпозицию системы, в результате которой получим пересекающиеся множества ситуаций M_1, M_2, \dots, M_n . Декомпозиция позволяет построить причинно-следственные зависимости, учитывающие пересечения подмножеств с коэффициентами достоверности возможных ситуаций, описывающих пространство состояний при той или иной декомпозиции. Ситуация описывается в виде деревьев. Вершины деревьев части ситуаций связаны с датчиками контроля реального состояния объекта.

Множество ситуаций представлены в виде графа подчиненности ситуаций. В этом случае экспертная система порождает определенную последовательность локальных задач, реализующих глобальную задачу системы. При определенном изменении условий функционирования объекта происходит изменение степени значимости (приоритетов) отдельных локальных задач при формировании решения глобальной задачи. Изменение степени значимости отдельных локальных задач порождает изменение очередности их решения в процессе решения глобальной задачи. Локальные задачи, входящие в состав указанных систем, должны предполагать возможность их решения в различном порядке. В качестве модели таких задач возможен функционал, разрешимый относительно любого подмножества своих аргументов. Для каждого подмножества локальной задачи $\Lambda \subset X$ существует такая функция f_Λ , которая отображает подмножество Λ на его дополнение $X_\Lambda = X \setminus \Lambda$ во множестве X . Сделанное предположение означает, что каждое подмножество Λ отображается функцией f_Λ на подмножество всех оставшихся элементов X_Λ из множества X относительно выбранного подмножества Λ . Формально указанное условие имеет вид:

$$(\forall \Lambda \subset X)(\exists f_\Lambda(\Lambda) = X_\Lambda; \quad (1)$$

При таком подходе семейство всех подмножеств множества X $\{\Lambda: \forall \Lambda \subset X\}$, соответствует семейству отображающих функций $\{f_\Lambda\}: \Lambda \leftrightarrow f_\Lambda$. Для всех $\forall \Lambda \subset X$ соответствующая функция f_Λ в условии (1) определена своей моделью (математической, логической) с определенным набором данных. Если предположить, что элементы какого-либо подмножества $\Lambda \subset X$ являются известными величинами, которые конкретизированы решениями предыдущих по сети локальных задач, то согласно (1) можно вычислить значения элементов соответствующего дополнения X_Λ . Так как указанная возможность имеет место для $\forall \Lambda \subset X$, то можно сделать вывод об универсальности локальной задачи.

Таким образом, декомпозиция обеспечивает структурирование области знаний, позволяющее сократить область поиска на начальном этапе, предоставляет возможность обоснованного выбора начала поиска, обеспечивает связь в процессе поиска причины между отдельными множествами возможных ситуаций.

Также, технологии, используемые при создании новой системы, позволяют создать веб-интерфейс к системе и использовать современные системы управления базами данных (СУБД). Для реализации используется язык программирования Python и основанная на нем платформа Django для создания веб-приложений. Python [4] представляет собой высокоуровневый мультипарадигменный язык программирования, идеально подходящий для программирования задач связанных с математической логикой и веб-приложений. Django позволяет быстро и эффективно создавать соответствующие современным стандартам веб-приложения различной степени сложности. В качестве СУБД используется современная пост-реляционная СУБД PostgreSQL 9, позволяющая создавать насыщенные модели данных для приложения.

Выводы

Техническая диагностика турбогенератора является довольно сложной задачей, зависящей от большого количества входных параметров. Эффективная реализация такой системы диагностики предполагает создание большого справочника известных системе

состояний и действий, которые необходимо выполнить при их возникновении. Однако, при возникновении внештатных ситуаций на турбогенераторе, использование такого подхода может оказаться неэффективным, т. к. детерминированный справочник не может корректно диагностировать такие состояния.

Проанализировав существующие методы, используемые в системах диагностики, был предложен переход от детерминированной базы данных признаков к базе знаний, использующей интеллектуальные методы, в частности аппарат нечеткой логики, что позволит снять ограничение числа возможных ситуаций и при возникновении внештатных ситуаций, позволит программе обработать информацию корректно, тем самым увеличивая эффективность и расширяя область применения системы диагностики. Была разработана структурная схема экспертной системы, которая позволяет решать задачи диагностики турбогенератора при помощи методов нечеткой логики. Разработанная система позволяет сократить область поиска на начальном этапе, предоставляет возможность обоснованного выбора начала поиска, обеспечивает связь в процессе поиска причины между отдельными множествами возможных ситуаций.

Литература

1. Справочник по ремонту турбогенераторов / Под ред. д.э.н., проф. Х.А.Бекова, к.э.н. проф. В.В. Барило.- М.: ИПКГосслужбы, ВИПКэнерго, 2006.-724с.
2. Алексеев Б.А. Определение состояний (диагностика) крупных турбогенераторов. - М.:НЦ ЭНАС, 2001. 152.
3. Электронная энциклопедия. Режим доступа http://ru.wikipedia.org/wiki/Система_поддержки_принятия_решений.
4. Mark Lutz. Learning Python: Powerful Object-Oriented Programming 2nd Edition, O'reilly press, 2009. - 726 с.
5. В.Chandrasekaran, Generic tasks in knowledge-based reasoning: High-level building blocks for expert system design. IEEE expert, 1986