

УДК 004.89:621.3

А.Ю. Молчанов

**ВЫБОР СТРУКТУРЫ ПОСТРОЕНИЯ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ
МОНИТОРИНГА РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

Рассматриваются задачи мониторинга и прогнозирования ситуации в электроэнергетической системе. Предложена структура экспертной системы для решения задач оценивания и прогнозирования состояния участка электроэнергетической системы на основе нечетких ситуационных моделей.

Электроэнергетическая система; ситуационная модель.

A.Y. Moltchanov

**DEVELOPMENT OF THE STRUCTURE OF EXPERT SYSTEM FOR POWER
SYSTEM REGIME MONITORING**

Power system regime monitoring and prediction tasks are described. Structure of expert system for power system part state estimation and prediction based on fuzzy situation model is proposed.

Power system; situation model.

Электроэнергетическая система (ЭЭС) представляет собой сложную систему с большим числом состояний и режимов. Работа диспетчера энергосистемы требует учета множества параметров и характеристик режимов сети, а также прогнозирования развития состояния системы. Существующие системы автоматизации диспетчерского управления реализуют сбор данных от узлов ЭЭС, их визуализацию и технологическую сигнализацию аварийных, предаварийных состояний и отклонений режимов. Внедряются системы мониторинга переходных процессов в энергосистеме в реальном масштабе времени на базе сети быстродействующих регистраторов. Однако возможность прогнозирования развития режима в данных системах не предусматривается на том уровне, на котором ее может осуществлять диспетчер-оператор ЭЭС. Между тем прогнозирование ситуаций в ЭЭС необходимо:

- ◆ для оптимального распределения и перераспределения генерируемой мощности с учетом пропускной способности линий электропередач (ЛЭП);
- ◆ предотвращения перегрузки линий электропередач и трансформаторов;
- ◆ обеспечения заданной надежности электроснабжения потребителей;
- ◆ обеспечения качества электроэнергии.

Оперативное диспетчерское управление ЭЭС [1] заключается:

- ◆ в проведении плановых и внеплановых операций в ЭЭС;
- ◆ реализации краткосрочных планов распределения мощности с коррекцией плановых заданий при неизбежных отклонениях условий работы ЭЭС от учтенных при краткосрочном планировании;
- ◆ непрерывном контроле за схемой и режимами работы и, при необходимости, в изменении уставок автоматических устройств в целях обеспечения экономичности и надежности работы;
- ◆ предотвращении нарушения нормального режима и быстрой ликвидации возникших аварийных нарушений;
- ◆ восстановлении нормального режима после аварийных ситуаций.

Использование человека-оператора в контуре управления может приводить к различным ошибкам вследствие ухудшения внимания, ошибочных действий, не-

учета некоторых параметров системы и т.п. Возникает задача построения системы мониторинга ЭЭС с возможностью моделирования и прогнозирования развития состояний на срок, достаточный для предотвращения аварийных ситуаций в ЭЭС.

Назначение системы мониторинга ЭЭС состоит в том, чтобы оценивать параметры узлов энергетической системы, перетоки мощности, текущую и возможную нагрузки и влияние метеоусловий и выполнять прогнозирование возникновения и развития аварийных ситуаций, прогнозирование неблагоприятных режимов, связанных с уменьшением надежности электроснабжения, прогнозирование гололедообразования и т.п. Система мониторинга может быть построена как советующая экспертная система [1] по изменению (оптимизации) режима электрической сети в составе существующих автоматизированных систем диспетчерского управления АСОДУ ЭЭС.

Мониторинг энергосистемы с целью прогнозирования ее состояния предполагает решение связанных задач:

- ◆ задачи мониторинга и прогнозирования нагрузки потребителей в ЭЭС;
- ◆ задачи мониторинга параметров режима линий электропередач;
- ◆ задачи прогнозирования состояния оборудования (ЛЭП, трансформаторное оборудование и т.п.) при текущих параметрах режима его функционирования;
- ◆ задачи прогнозирования нагрузки ЛЭП и трансформаторов с учетом возможных аварий, связанных с отключением ЛЭП и изменения режима работы, связанного, например, с гололедообразованием (погодными условиями);
- ◆ задачи прогнозирования надежности электроснабжения потребителей при заданной электрической схеме энергосистемы с учетом возможных аварий.

Большое число работ посвящено прогнозированию нагрузки потребителей в энергосистеме. Источники информации о нагрузке ЭЭС включают ретроспективные данные о нагрузке, сведения о погодных условиях [2]. Для проектируемой экспертной системы мониторинга необходимо выделять из массива данных эпизоды кратковременного уменьшения или увеличения нагрузки, не согласующегося с прогнозами, а также вести статистику ошибок прогнозирования нагрузки. Отмечается [2], что нагрузка энергосистемы представляет собой нестационарный случайный процесс, образуемый тысячами отдельных составляющих. Модели прогнозирования нагрузки можно разделить на два типа: модели пиковой нагрузки и модели графика нагрузки. В свою очередь модели графика нагрузки строятся главным образом как динамические модели, описывающие нагрузку в виде дискретного временного ряда (процесса). Для прогнозирования нагрузки используются модели со спектральным разложением, авторегрессионные модели, модели пространства состояний [2]. Для целей прогнозирования нагрузки могут быть использованы методы искусственного интеллекта. В частности, в работе [3] для задач прогнозирования нагрузки применены искусственные нейронные сети и рассмотрены гибридные модели с нечеткой логикой. В любом случае, применяемая модель прогнозирования нагрузки должна объединять в себе свойства моделей графика нагрузки и моделей пиковых нагрузок.

Задача мониторинга параметров линий электропередач и оборудования подстанций решается с применением измерительных комплексов и регистраторов в составе АСУ ТП подстанций и АСОДУ.

Прогнозирование состояния ЛЭП и трансформаторного оборудования наиболее целесообразно осуществлять на базе модуля экспертной системы, на вход ко-

того поступает информация о текущих и планируемых параметрах режима и о продолжительности работы оборудования в заданном режиме, а также дополнительная экспертная информация, связанная с предшествующими авариями и нестандартными ситуациями, ремонтами и т.п. Подобные системы сами по себе коммерчески востребованы. Примером являются системы мониторинга трансформаторного оборудования, выполняющие мониторинг режима и расчет ресурса оборудования.

Для решения задачи прогнозирования нагрузки оборудования в различных ситуациях целесообразно разработать модуль экспертной системы, на вход которого поступает информация об электрической схеме энергетической системы, текущих и планируемых параметрах режима, планируемых переключениях в схеме, погодных условиях в районах, связанных с возможным гололедообразованием, возможных пиков нагрузки потребителей, ретроспективная информация об аварийных ситуациях и перегрузках и экспертная информация.

Параметры задачи, связанные с рисками возникновения аварийных ситуаций и отклонений параметров в ЭЭС, трудноформализуемы. Если профессиональный энергетик может определить нарушения в системе, то программа мониторинга также должна обладать подобными экспертными знаниями. Поэтому для построения модуля принятия решений системы мониторинга ЭЭС могут быть использованы методы искусственного интеллекта, нечеткой логики. Для решения задачи идентификации текущей ситуации в схеме ЭЭС может быть использован математический аппарат представления знаний нечеткими ситуационными сетями и нечеткого ситуационного управления [4]. Определяются характерные (эталонные) ситуации в ЭЭС, которые могут быть связаны, например, с авариями на выделенных ЛЭП, с характерными режимами участков ЛЭП, с перебоями электроснабжения потребителей и т.п. Формируется множество действий, приводящих к изменению ситуации. Работа экспертной системы заключается в идентификации текущей ситуации путем сопоставления с эталонными ситуациями, применении к идентифицированной ситуации управляющих правил и анализе ситуации, полученной в результате применения управляющих правил с последующим формированием рекомендаций диспетчеру-оператору ЭЭС.

Структура экспертной системы мониторинга представлена на рис. 1.

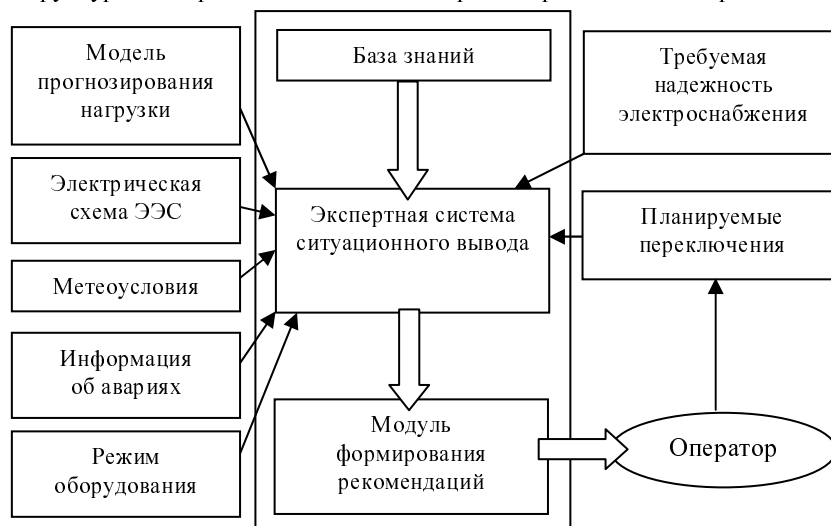


Рис. 1. Структурная схема экспертной системы мониторинга ЭЭС

Таким образом, выделены источники информации для экспертной системы мониторинга, классифицированы решаемые системой задачи и определен набор параметров задачи, подлежащих формализации методами теории нечетких множеств и ситуационного управления.

Советующая система мониторинга может быть интегрирована в автоматизированную систему диспетчерского управления ЭЭС и использована совместно с любыми программными пакетами расчета режимов в ЭЭС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Чукреев Ю.Я.* Прототип экспертной системы советчика диспетчера региональной ЭЭС // Новые информационные технологии в задачах оперативного управления электроэнергетическими системами. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002.
2. *Гросс Дж. и др.* Краткосрочное прогнозирование нагрузки // ТИИЭР. – Т.75, № 12. – 1987.
3. *Шумилова Г.П., Готман Н.Э. и др.* Прогнозирование нагрузки ЭЭС на базе новых информационных технологий // Новые информационные технологии в задачах оперативного управления электроэнергетическими системами. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – С.127-156.
4. *Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я.* Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. – М.: Наука, 1990.

Молчанов Артем Юрьевич

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: amned@list.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371689.

Moltchanov Artem Yurjevich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: amned@list.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634371689.