

Экспертная система для поддержки принятия решений оператора в системе электроснабжения города

А.Е. Карелин, А.Н. Береза

Институт сферы обслуживания и предпринимательства филиал Донского государственного технического университета, г.Шахты

Аннотация: В данной работе проблему оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетических системах, предлагается решать с помощью метода поддержки принятия решения на основе экспертных систем. В данной статье приведена общая информация о роли систем поддержки принятия решений в управлении сложными технологическими процессами. Спроектирована архитектура интеллектуальной системы поддержки принятия решений. Разработка базы знаний для экспертной системы, которая состоит из 56 правил, производилась в среде CLIPS. Также приведен фрагмент созданной базы знаний экспертной системы. Разработанная система поддержки принятия решений на основе экспертной системы позволяет повысить контроль над системами электроснабжения города и выработать рекомендации по дальнейшим действиям в случае выхода какого-либо элемента системы из строя.

Ключевые слова: экспертная система, база знаний, CLIPS, управление, системы поддержки принятия решений, интеллектуальное управление, энергетика, системы электроснабжения.

Введение

Реструктуризация электроэнергетических систем, создание и внедрение энергетического рынка, а также внедрение современных микропроцессорных устройств и информационных технологий для управления объектами и сбора информации о них изменили требования к автоматизированным системам управления объектами электроэнергетических систем.

На основе традиционных подходов управления распределенными объектами для территориально распределенных энергосистем применяются принципы: централизованного, иерархического и распределенного управления [1].

Использование интеллектуальных систем управления является самым эффективным среди них.

Большой вклад в исследование интеллектуальных технологий и применения их в энергетике внесли работы таких ученых как: Л.В. Массель, Н.И. Пяткова, Н.И. Воропай, Дж. Перл, К. Джейн, а также другие российские и зарубежные специалисты.

В области энергетики значительное количество аварий происходит из-за оперативного персонала, около половины из них связаны с ошибочными действиями лиц, принимающих решения. От 15% до 40% аварий и от 20% до 80% перебоев в работе электростанций происходит по вине оперативно-диспетчерского персонала.

При учете последствий ошибок, выделяют 3 этапа перехода от ошибок к авариям:

- 1) этап накопления, нарушения и ошибки не проявляются внешне, предполагает незначительные отклонения сотрудниками от норм процесса;
- 2) этап инициирования аварии который характеризуется наличием события, вызванного ранее совершенными ошибками;
- 3) этап взрыва, на данном этапе оператор не имеет средств и времени на предотвращение аварии.

Многие исследователи, анализируя причины возникновения ошибок, решают задачу их сокращения и недопущения [2].

Ошибки, допускающиеся лицами, принимающими решения можно классифицировать как:

- ошибки планирования – неправильное формирование планов, неверный выбор средств контроля за выполнением планов, неверное целеполагание;
 - ошибки наблюдения – формирование неадекватных стандартов, неправильное решение о режиме, неадекватный набор оценок;
 - ошибки выполнения – нарушение инструкций;
-

- ошибки диагностики – неверное привлечение признаков, неправильное определение первопричин, недостаточно глубокий анализ, неправильное итоговое диагностическое решение;

- ошибки взаимодействия с автоматикой – автоматическими резервными устройствами ввода, с авторегуляторами, с устройствами РЗА, с информационными устройствами [3].

Таким образом, разработка системы поддержки принятия решений в электроэнергетике, представляет собой важную научно-практическую задачу.

Экспертная система поддержки принятия решений в инфраструктуре систем электроснабжения города

Экспертная система – это интеллектуальная информационная система, которая выполняет функции эксперта при решении каких-либо задач из конкретно заданной предметной области (в данном случае системы электроснабжения города). Применение экспертных систем на практике может увеличить эффективность работы специалистов и снизить трудоемкость технического процесса [4].

Главными достоинствами экспертных систем является:

1) Предоставление корректного, без эмоций полного ответа при любых обстоятельствах (данное свойство особенно важно в режиме реального времени и в экстремальных ситуациях);

2) Возможность накопления знаний и хранения их в течение длительного времени [5].

Для помощи лицам, принимающим решения в сложных и стрессовых ситуациях, была разработана экспертная система поддержки принятия решений в системах электроснабжения города.

В разработанной экспертной системе используется метод построения

таблиц решений на основе деревьев решений для оценки ситуаций. Использование таблиц решений для представления причинно-следственных связей позволяет организовать стратегию поиска с последующим учетом состояния каждого альтернативного пути (поиска в глубину). Данная экспертная система разработана в среде CLIPS.

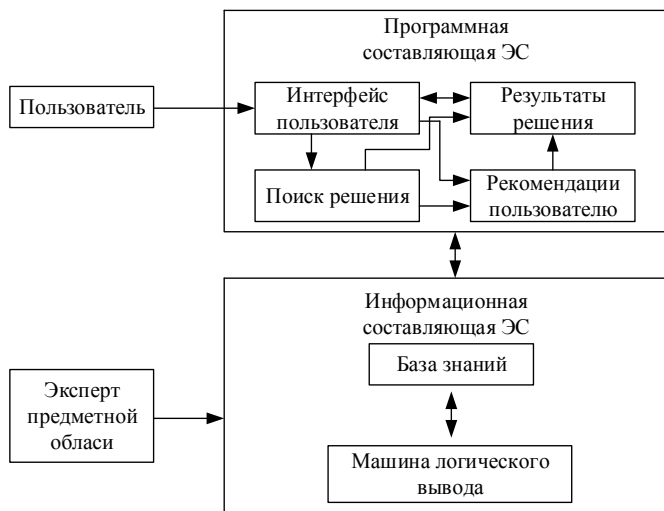


Рис. 1 - Структурная схема разрабатываемой экспертной системы

База знаний содержит знания, основываясь на которую, машина логического вывода формирует заключения. Эти выводы являются ответами экспертной системы на запросы пользователей, которые хотят получить рекомендацию по той или иной ситуации [6 - 8]. Фрагмент базы знаний, которая используется в разработанной экспертной системе, представлен в таблице №1.

Таблица №1

Фрагмент базы знаний экспертной системы

Наименование правил	Представление правил в CLIPS
Частота ниже 49 Гц	<pre>(defrule freqlow49 (freqless49 да) => (printout t " Если происходит большая потеря генерирующей мощности и глубокое снижение частоты, то потребители отключаются, не позволяя значениям максимально допустимого расхода мощности превышать внутренние и внешние звенья зон управления." crlf)).</pre>

...	...
Автоматическое отключение линии электропередачи	<pre>(defrule disnormmodey1 (disnormmodey 1) => (printout t " Если линия электропередачи автоматически отключается защитой линии независимо от работы устройств автоматического повторного включения (АПВ), допускается проверка отключенной линии напряжением, если к моменту проверки не было ее повреждений или повреждений соединений линии." crlf))</pre>

В пользовательский интерфейс экспертной системы реализован на языке C# с помощью Microsoft Visual Studio и представляет собой Windows форму, на которой присутствуют такие элементы как:

- Меню, позволяющее выбрать одну из нескольких перечисленных параметров программы;
- Кнопки «Next», «Prev» для перехода к следующему или к предыдущему вопросу, кнопка «Restart» для перезапуска ЭС, а также кнопка «Выход» для закрытия программы;
- Радиокнопки, позволяющие пользователю выбрать один из предложенных вариантов ответа;
- Надпись, для отображения текста вопроса и рекомендации на форме окна, а также для отображения времени загрузки файла CLIPS.

Разработанная экспертная система является консультантом, которая помогает в решении какой-либо проблемной ситуации. Данная экспертная система обладает следующими знаниями:

- Отклонения частоты от заданных норм;
 - Отклонения напряжения от заданных норм;
 - Ликвидация перегрузки оборудования, внешних и внутренних сечений зоны;
 - Предотвращение и ликвидация синхронных и асинхронных режимов;
 - Восстановление нормального режима после разделения энергосистемы;
-
-

- Нарушения нормального режима на объектах энергосистемы;
- Нарушения в главных схемах электрических станций и подстанций

[9,10].

Разработка данной системы поддержки принятия решений производилась в соответствии со следующими этапами:

- 1) Идентификация проблемы;
- 2) Извлечение знаний - это процесс взаимодействия между экспертом и инженером знаний, который является основным разработчиком базы знаний.
- 3) Структурирование знаний – на этом этапе была произведена разработка неформального описания знаний в области энергетики, в данном случае в виде графа, отражающий основные взаимосвязи и концепции между понятиями предметной области;
- 4) Формализация знаний – на данном этапе в среде CLIPS была разработана база знаний;
- 5) Разработка графического пользовательского интерфейса;
- 6) Тестирование – заключительный этап на котором была произведена выработка рекомендаций по дальнейшей доводке системы до промышленного варианта, а также выявление ошибок в реализации прототипа. Работоспособность экспертной системы проверяется и оценивается с целью приведения ее в соответствие с реальными запросами пользователей.

Заключение

Таким образом, разработанная экспертная система позволит повысить контроль над системами электроснабжения города и выработать рекомендации оперативно-диспетчерскому персоналу по дальнейшим действиям в случае выхода какого-либо элемента системы из строя, что позволит существенно сократить временные затраты на принятие решения.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 17-07-01323, №

18-07-01054)

Литература

1. Дьяков А.Ф. Надежная работа персонала в энергетике. — М.: Изд-во МЭИ, 2016. — 224 с.
 2. Gitelman, L.D., Kozhevnikov, M.V. Energy strategies of industrial enterprises // WIT Transactions on Ecology and the Environment. — 2015. — Vol. 192. — pp. 297–307.
 3. Башлыков А.А., Еремеев А.П. Основы конструирования интеллектуальных систем поддержки принятия решений в атомной энергетике: учебник // М.: ИНФРА-М, 2019. — 351 с.
 4. Овсянников В.Е., Васильев В.И. Экспертная система проектирования технологического оборудования // Инженерный вестник Дона, 2015, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2765.
 5. Лиля В.Б., Костюков А.В. Экспертная система диагностики силовых трансформаторов // Инженерный вестник Дона. 2013, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1504.
 6. Частиков А. П., Гаврилова Т.А., Белов Д.Л. Разработка экспертных систем // СПб.: БХВ-Петербург, 2003. — 389 с.
 7. Джарратано Д., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. 1152 с.
 8. Bertino E., Catania B., Pierro G. Intelligent Database Systems. // Addison-Wesley Professional, 2001. — 152 p.
 9. Перфильев, Д.А., Раевич К.В., Пятаева А.В. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: учеб. пособие. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2018. 136 с.
 10. Пятаева, А.В, Раевич К.В. Интеллектуальные системы и технологии: учеб. пособие. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2018. 144 с.
-

References

1. D'jakov A.F. Nadezhnaja rabota personala v jenergetike [Reliable work of staff in the energy sector]. M.: MJeI, 2016. 224 p.
2. Gitelman, L.D., Kozhevnikov, M.V. WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2015. Vol. 192. pp. 297–307.
3. Bashlykov A.A., Eremeev A.P. Osnovy konstruirovaniya intellektual'nyh sistem podderzhki prinjatija reshenij v atomnoj jenergetike: uchebnik [Basics of designing intelligent decision support systems in nuclear power: a textbook]. M.: INFRA-M, 2019. 351 p.
4. Ovsjannikov V.E., Vasil'ev V.I. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2765.
5. Lila V.B., Kostjukov A.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1504.
6. Chastikov A. P., Gavrilova T.A., Belov D. L. Razrabotka jekspertnyh sistem [Development of expert systems]. SPb.: BHV-Peterburg, 2003. 389 p.
7. Dzharratano D., Rajli G. Jekspertnye sistemy: principy razrabotki i programmirovaniya [Expert systems: principles of development and programming]. M.: Izdatel'skij dom «Vil'jams», 2006. 1152 p.
8. Bertino E., Catania B., Pierro G. Intelligent Database Systems. Addison-Wesley Professional, 2001. 152 p.
9. Perfil'ev, D.A., Raevich K.V., Pjataeva A.V. Intellektual'nye sistemy podderzhki prinjatija reshenij: ucheb. Posobie [Intellectual decision support systems: studies. allowance]. Krasnojarsk: Sib. feder. un-t, 2018. 136 p.
10. Pjataeva, A.V., Raevich K.V. Intellektual'nye sistemy i tehnologii: ucheb. Posobie [intellectual systems and technologies: studies. allowance]. Krasnojarsk: Sib. feder. un-t, 2018. 144 p.