

**КИЕВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**На правах рукописи**

**БАУТИСТА ЧАКОН ВИЛЬЯМ ХАВИЕР**

**(Колумбия)**

**УДК 621.311.018**

**ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО  
СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СОБСТВЕННЫХ  
НУД ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

**05.14.02 - Электрические станции (электрическая  
часть), сети и электроэнергосистемы и управление ими**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**КИЕВ - 1993**

7027.330

Работа выполнена на кафедре электрических станций  
Киевского политехнического института.

Научный руководитель - доктор технических наук  
профессор Костерев Н.В.

Официальные оппоненты - доктор технических наук  
Баранов Г.Л.

кандидат технических наук,  
доцент Мельник В.П.

Ведущая организация - Киевский научно-исследовательский  
и проектный институт "Энергопроект"

Защита диссертации состоится "31" мл \_\_\_\_\_ 1993 г.  
в 15 час. \_\_\_\_\_ мин на заседании специализированного Совета  
К 068.14.05 по присуждению ученой степени кандидата технических  
наук в Киевском политехническом институте (корпус № 20, ауд. 3).

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенных пе-  
чатью учреждения, просим направлять по адресу: 252056, Киев 56,  
проспект Победы, 37, КПИ, Ученому секретарю.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Киевского  
политехнического института.

Автореферат разослан " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 1993 г.

Ученый секретарь  
специализированного Совета  
к.т.н., профессор

Б.Н.Кондра

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00814216 (M)

ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

## А Н Н О Т А Ц И Я

Основной целью работы является создание экспертной системы для обнаружения неисправностей электрооборудования собственных нужд электростанций и выявление тех элементов оборудования, ненормальное функционирование которых привело (или может привести) к возникновению неисправностей.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Сформулировать основные методологические положения анализа состояния электрооборудования собственных нужд (СН), рассматривая его как сложную динамическую систему, функционирующую в условиях внутренних и внешних воздействий.

2. Проанализировать и выполнить структуризацию информационных признаков и знаний, характеризующих нарушения функционирования электрооборудования СН, необходимых для наполнения оболочки экспертной системы.

3. Разработать в единой форме переменных состояния математические модели элементов СН, на основе которых возможно получение априорных данных для частичного снятия неопределенности исходной информации.

4. Реализовать программное обеспечение в экспертной системе диагностирования электрооборудования СН.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Формализованное описание функционирования электрооборудования СН как сложной динамической системы с разделением движения под действием внутренних и внешних возмущений.

2. Состав декларативных и процедурных знаний, их структуризация применительно к оболочке экспертной системы "МАКСО-1" КШИ.

3. Унифицированное математическое описание основных элементов электрооборудования собственных нужд электростанций.

4. Алгоритмическое и программное обеспечение экспертной системы "МАКСО-1" КШИ диагностирования технического состояния электрооборудования СН в условиях эксплуатации.

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы: Надежность и живучесть тепловых (ТЭС) и атомных (АЭС) электростанций в значительной степени зависит от надежного функционирования электрооборудования СН.

Анализ статистических данных свидетельствует о том, что уровень отказов основного электрооборудования весьма высок. Так, например, ежегодно происходит 500-700 повреждений электродвигателей, причем по причине недостатков эксплуатации число отказов составляет 35 % от их общего числа. Наблюдается тенденция увеличения повреждаемости оборудования СН вследствие того, что значительная часть энергоблоков работает в режиме регулирования нагрузки вследствие неравномерности суточных графиков нагрузки энергосистемы.

Чрезвычайно важное значение имеет надежность работы электрооборудования собственных нужд на атомных электростанциях. Условие обеспечения ядерной и радиационной безопасности реактора предусматривает более высокие, в сравнении с ТЭС, требования к надежной работе электрооборудования собственных нужд. Например, отключение одного главного циркуляционного насоса из шести работающих в энергоблоке с реакторами ВВЭР-440 требует снижения мощности до 85 % от номинальной.

В этих объективно существующих условиях функционирования электрооборудования СН чрезвычайно важной становится задача своевременного и правильного выявления неисправностей электрооборудования и выявления тех их элементов, ненормальное функционирование которых привело (или может привести) к возникновению неисправностей.

Для отдельных ситуаций решение данной задачи возможно осуществлять на основе создания технических диагностических устройств в тех случаях, когда существует полная уверенность в полноте, достоверности, доступности исходной информации и возможна четкая алгоритмизация задачи. Кроме того, при указанном подходе необходимо иметь достаточное количество каналов связи, датчиков и т.д.

В реальных условиях эксплуатации электрооборудования подавляющее большинство ситуаций характеризуется недостаточно достоверной, неполной, нечеткой и труднодоступной информацией; знания о состоянии электрооборудования во многих случаях не представляется возможным алгоритмизировать. Такие задачи относятся к классу неформализованных. Решение данного класса задач стало возможным благодаря интенсивному развитию теории и практики искусственного интеллекта и созданию экспертных систем.

При оценке технического состояния электрооборудования СН лицо, принимающее решение (ЛПР), обосновывая свои решения, ориентируется преимущественно на имеющуюся информацию, обладающую указанными выше признаками и, как правило, руководствуется своим

опытом и интуицией, что не всегда может привести к правильному решению. В этих условиях применение экспертных систем позволяет в значительной степени снизить неопределенность и тем самым повысить обоснованность принимаемых решений.

Развитию теории и практики применения экспертных систем в электроэнергетике посвящены работы Башлыкова А.А., Вчерашне-го В.П., Любарского Ю.А., Ляшенко Л.И., Рабиновича Р.С., Стогния Б.С., Малевски Р., Дувиля Дж., Беланже Г. и др.

Значительный вклад в исследование собственных нужд электростанций внесли работы Голоднова Ю.М., Горбуновой Л.М., Гуревича Ю.Е., Сивокобыченко В.Ф., Сыромятникова И.А., Черновца А.К. и др.

Методы исследований: В основу исследований положены методы теории распознавания образов, теории искусственного интеллекта, моделирования переходных процессов энергосистем. Достоверность полученных результатов обусловлена корректным применением математических методов к решаемой задаче, опытно-промышленным исследованием экспертной системы на Киевской ТЭЦ-5.

#### Научная новизна работы:

1. Абстрактная математическая модель динамики электрооборудования СН электростанций, предназначенная для диагностирования оборудования в условиях эксплуатации.

2. Структуризация знаний о техническом состоянии электрооборудования СН, что позволило представлять их в виде, приемлемом для загрузки в базу знаний оболочки экспертной системы.

3. Математическая модель трансформатора в форме переменных состояния, что дало возможность унифицировать математическое описание элементов СН при возникновении электромагнитных переходных процессов.

Практическая ценность: На основе рассмотренных информационных аспектов, модели представления знаний, математических моделей создана экспертная система диагностирования технического состояния электрооборудования СН, позволяющая в условиях эксплуатации обнаруживать неисправности оборудования и выявлять те элементы, ненормальное функционирование которых привело (или может привести) к возникновению неисправностей. Применение экспертной системы дает возможность значительно уменьшить число неправильных решений. Данная экспертная система может использоваться в системах электрооборудования промышленных предприятий, на которых установлено

электрооборудование аналогичное СН электростанций. Экспертная система может быть также использована как составная часть интегральной экспертной системы для управления электростанцией.

Реализация работы: Приведенные в диссертации результаты являются составной частью выполняемой на кафедре электрических станций Киевского политехнического института научно-исследовательской работы № 2255 "Моделирование динамики энергосистем с АЭС при авариях в электрической системе с целью разработки мероприятий по повышению живучести атомных станций".

Основные положения и результаты научных исследований диссертационной работы используются в учебном процессе при чтении курса "Математическое моделирование переходных процессов энергосистем".

Апробация работы: Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на научном семинаре кафедры электрические станции Киевского политехнического института.

Публикации: По теме диссертации опубликовано 6 научные работы.

Структура и объем диссертации: Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, изложенных на 120 страницах и включающих 27 иллюстраций, список литературы и приложений на 50 страницах.

Во введении обоснована актуальность темы и сформулирована цель исследований, перечислены основные научные результаты, степень их освоения при практической реализации, приведены положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведен анализ применения экспертных систем в электроэнергетике, показывающий перспективность ЭС при решении неформализуемых задач, связанных с диагностикой технического состояния электрооборудования СН. Показана существенная зависимость надежности работы электростанций от надежного функционирования электрооборудования СН, что особо важное значение имеет для АЭС. Приведены статистические данные о неисправностях оборудования.

Во второй главе предложено формализованное математическое описание электрооборудования СН как сложной динамической системы, движение которой рассматривается под действием внутренних и внешних возмущений, приводящих к возникновению неисправностей. Показа-

но, что оценку технического состояния электрооборудования СН (диагностика оборудования) целесообразно рассматривать как задачу теории распознавания образов. Сформулировано обобщенное описание интегральной (гибридной) экспертной системы применительно к предметной области — электрооборудованию собственных нужд.

В третьей главе приведена структура и дано описание алгоритма оболочки экспертной системы MARCO, которая используется при создании интегральной экспертной системы для оценки технического состояния электрооборудования СН. Приведена общая классификация знаний, которые необходимы для построения экспертной системы. На основе анализа фактологической информации выполнена структуризация фактологических данных в виде триплета <объект> — <атрибут> — <значение>, которые были занесены в базу знаний экспертной системы.

Так как в оболочке экспертной системы MARCO применен байесовский подход логического вывода гипотез, была выполнена структуризация знаний (свидетельств и гипотез) по электрооборудованию СН и выполнено наполнение ими базы знаний экспертной системы. Осуществлена проверка правильности применяемых экспертной системой решений на действующем объекте — Киевской ТЭЦ-5.

В четвертой главе в рамках первого этапа создания интегральной экспертной системы, в которую должны входить прикладные программы, разработана модель трансформатора в форме переменных состояния, которая в сочетании с моделями асинхронных двигателей позволяет осуществлять математическое описание в унифицированной форме. По прикладной программе расчета электромагнитных переходных процессов выполнены опытно-промышленные расчеты переходных процессов при коротком замыкании, которые дают дополнительную информацию о техническом состоянии электрооборудования с целью частичного снятия неопределенности априорных данных.

В приложении приведены полный массив структурированных знаний о техническом состоянии электрооборудования СН, а также документы, подтверждающие внедрение и проверку экспертной системы.

#### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Бесперебойная выдача электроэнергии электростанциями в значительной степени определяется надежной работой основного электрооборудования системы электроснабжения собственных нужд. Аварии, связанные с потерей питания СН, составляют 25 % всех аварий с

полным сбросом нагрузки на блочных КЭС, более 40 % на КЭС с поперечными связями и 33 % на ТЭЦ.

Чрезвычайно важное значение имеет надежность работы электрооборудования СН на АЭС, что обусловлено условиями обеспечения ядерной безопасности реактора.

Статистический анализ отказов двигателей показывает, что в среднем в год происходит 500-700 отказов, из них по причине недостатков конструкции и изготовления - 24,5 %, недостатков эксплуатации - 35,7 %, старения изоляции - 24,8 %, усталости материала проводников - 4,5 % и др.

В этих объективно существующих условиях функционирования СН чрезвычайно важной становится задача своевременного и правильного выявления неисправностей электрооборудования и выявления тех их элементов, ненормальное функционирование которых привело (или может привести) к возникновению неисправностей.

В реальных условиях эксплуатации электрооборудования большинство ситуаций характеризуется недостаточно достоверной, нечеткой и труднодоступной информацией, состояние электрооборудования во многих случаях не удается алгоритмизировать. Такие задачи относятся к классу неформализуемых. Их успешное решение стало возможным благодаря интенсивному развитию теории и практики искусственного интеллекта и созданию экспертных систем (ЭС).

В работе выполнен анализ успешного применения экспертных систем при решении различных проблем электроэнергетики и поставлена задача создания экспертной системы для оценки технического состояния электрооборудования СН.

Состояние электрооборудования как сложного динамического объекта в результате случайного воздействия  $Z(\delta)$ , принадлежащего множеству допустимых воздействий  $Z$ , где  $\delta$  - случай можно описать соотношениями:

$$\begin{aligned} \dot{X} &= F(t, t_0, Z(\delta), X) \\ Y &= Q(t, t_0, Z(\delta), X) \end{aligned} \quad (I)$$

где  $F$  - оператор перехода системы,  $Q$  - оператор выхода системы,  $X$  - вектор переменных состояния.

Переход системы из состояния  $X(t_1)$  в состояние  $X(t_2)$  определяется динамическими свойствами объекта и возмущениями. Все возможные возмущения будем условно подразделять на внешние

$Z_c$  и внутренние  $Z_v$ . В качестве внешних возмущений будем рассматривать такие возмущения, которые поступают на объект вследствие нарушения режима станции и энергосистемы (посадка напряжения, короткие замыкания и др.). К внутренним возмущениям будем относить такие, которые вызывают изменения параметров объекта под действием различных дестабилизирующих факторов (старение изоляции, внутренние дефекты и неисправности и т.д.). Такое условное разделение движения объекта обусловлено тем обстоятельством, что состояние системы под действием внешних возмущений возможно алгоритмизировать и решать задачи на основе пакета прикладных программ; движение же объекта под действием внутренних возмущений не удается формализовать и решение задачи возможно на основе применения традиционных экспертных систем. Действительно, наблюдение, например, признака < искры из вентиляционных отверстий при пуске > могут являться результатом того, что < в двигатель попали мелкие посторонние предметы > или произошел < обрыв стержня обмотки ротора >. Совершенно ясно, что дать адекватное математическое описание данного явления не представляется возможным, но решение такой задачи может быть успешно решено эксплуатационным персоналом на основе своих знаний, опыта, интуиции. Мощность традиционной экспертной системы может быть значительно увеличена, если включить пакеты прикладных программ, решающих формализуемые задачи. Таким образом, переходим к необходимости создания интегральной (гибридной) экспертной системы для оценки технического состояния электрооборудования собственных нужд.

В работе сформулирована общая концепция ИЭС и дана архитектура такой системы. Создание интегральной экспертной системы в полном объеме представляет собой чрезвычайно сложную и многоплановую проблему. Поэтому в данной работе решается первый этап - разработка традиционной экспертной системы, которая взаимодействует с пакетом прикладных программ посредством пользователя. Отмеченное взаимодействие состоит в следующем:

- выходные данные программы РАТМИН, получаемые при расчете электромагнитных переходных процессов в результате короткого замыкания и несинхронного включения асинхронного двигателя вводятся в статистическую область экспертной системы пользователем в качестве дополнительной информации при определении степени несправностей объекта;

- на основе расчетов по прикладным программам могут быть определены уставки защит и автоматики, которые в качестве фактов

вносятся в базу знаний, что дает возможность в случае неотключения объекта СН, например, при коротком замыкании, выяснить произошло ли данное неотключение вследствие нарушений в работе релейной защиты, коммутационной аппаратуры или вследствие неправильно выбранной уставки защиты.

В настоящее время при реализации экспертных систем используют различные методы представления знаний в базе знаний и методы логического вывода. В оболочке экспертной системы MARCO-I КПИ применен байесовский подход при формировании логического вывода. Алгоритм работы экспертной системы в данном подходе сводится к следующей последовательности процедур:

1. Система ищет в базе знаний KB (Knowledge Base) информацию о записанных в ней гипотез  $H$  (Hypothesis) и свидетельства  $E$  (Evidence). Она найдет для каждой  $H$  априорную вероятность  $P(H)$ , величина которой в дальнейшем будет уточняться, и для каждого свидетельства (факта)  $E$   $P(E/H)$  и  $P(E/\bar{H})$  - апостериорные вероятности осуществления  $E$  при наличии и при отсутствии  $H$ .

2. Система вычисляет для каждого  $E$  Цену Свидетельства  $VE$  (Value of Evidence) с помощью теоремы Байеса, как полную сумму максимальных изменений вероятностей, которые могут произойти во всех  $n$  гипотезах, к которым это  $E$  приложимо.

На первом шаге вычисления, система спрашивает и отвечает "да" и "нет" в месте пользователя на все вопросы, хранимые в KB.

3. Система задает пользователю тот вопрос, у которого  $VE$  оказалась наибольшей. Пользователь может ответить словами или предложениями, которые могли бы подтверждать или опровергать данное  $E$ . Не исключено также, когда ответ пользователя  $E$  занимает нейтральную позицию.

4. Система анализирует значение  $E'$ , учитывая неопределенности в его ответе с помощью кусочно-линейной интерполяции; для этого при заданном  $E'$  система делает пересчет для всех  $H$ , в которых упоминалось это  $E$ .

При новом использовании теоремы Байеса система подставляет на места  $P(H)$  текущего шага значение  $P(H/E)$  предыдущего шага. Таким образом, система корректирует старое значение, используя оператор присваивания  $P(H) = P(H/E)$ .

5. Система вычисляет снова  $VE$  для всех  $E$ , чтобы учесть изменения, которые произошли в вероятностях в результате получения  $E'$ .

6. Система вычисляет максимальные и минимальные значения вероятностей  $P_{\max}(H)$ ,  $P_{\min}(H)$  для каждой  $H$ , основанные на существующих в данный момент априорных вероятностях и предположениях, что оставшиеся  $E$  будут говорить в пользу гипотезы или противоречить ей. Вычисление осуществляется по формуле  $P(H/E)$  и  $P(H/\bar{E})$  соответственно.

7. Система ищет наибольшее значение вероятностей из возможных минимумов для этих гипотез  $\text{Max } P_{\min}(H)$

8. Если система обнаруживает гипотезу  $H$ , максимально возможное значение  $P_{\max}(H)$  которой меньше максимума из этих минимумов,  $\text{Max } P_{\min}(H)$ , то она выдает пользователю эту гипотезу как наиболее вероятный результат. В противном случае система вернется к пункту 3, задавая другой вопрос пользователю.

По мере того как  $P(H/E)$  асимптотически приближается к своим крайним значениям, точные цифры перестают быть важными при достижении указанных порогов. Реальные действия предпринимаются системой в середине диапазона изменения этой величины.

Если вероятность превосходит  $S_{\text{up}}$ , то гипотеза принимается как основа для возможного заключения. Если она оказывается ниже  $I_{\text{inf}}$ , то гипотеза отвергается как неправдоподобная.

$S_{\text{up}}$  и  $I_{\text{inf}}$  могут быть вычислены как некоторая функция максимума и минимума  $P(H/E)$ , возможных для этой гипотезы при заданном текущем состоянии КВ.

Максимальная априорная вероятность, которая может достигать эту гипотезу, соответствует случаю, когда каждый элемент данных, имеющийся в КВ в данный момент, говорит в пользу гипотезы.

Минимальная априорная вероятность, которая может достигать эту гипотезу, соответствует случаю, когда каждый элемент данных, имеющийся в КВ в данный момент, говорит против гипотезы.

Для функционирования экспертной системы необходимо наполнить базу знаний необходимыми фактами и правилами. Применительно к электрооборудованию СН выполненный анализ фактологических данных позволил классифицировать их по следующим типам: визуальные данные (показания приборов, показания релейной защиты и автоматики, показания сигнализации, наличие дыма, искр); акустические (наличие гудения, шума, работа звуковой сигнализации); модельные (результаты моделирования режима); документальные (параметры, ограничения на режим).

В соответствии с принципами, заложенными в оболочку экспертной системы, выполнена структуризация фактологической информации в виде триплетов: <объект> - <атрибут> - <значение>. Один из фрагментов представления фактов по асинхронному двигателю представлен ниже:

Объект (O)	Атрибут (A)	Значение (З)
Асинхронный электродвигатель	Техническое состояние	Перегруз
		Повышенное напряжение сети
		Замыкание на землю
		Короткое замыкание в оболочке
		Витковое замыкание обмотки статора
		Работа Д в неполнофазном режиме
		Короткое замыкание в клеммной коробке
		Изменение направления вращения происходит чаще допустимого
		Д для кратковременной работы используется в длительном режиме
		Пуски Д происходят чаще допустимого

Все свидетельства в базе знаний должны быть соединены с соответствующими гипотезами. Правдоподобие гипотезы при байесовском подходе зависит от того, в каком отношении к гипотезе находятся подтверждающие ее свидетельства. С этой целью используются операторы <И>, <ИЛИ>, <НЕ> в соответствии с следующими соотношениями:

$$\begin{aligned} \text{И: } & P(E_i \cap E_j) = \min [ P(E_i), P(E_j) ], \\ \text{ИЛИ: } & P(E_i \cup E_j) = \max [ P(E_i), P(E_j) ], \\ \text{НЕ: } & P(\neg E_i) = 1 - P(E_i) \end{aligned}$$



В рамках первого этапа создания интегральной экспертной системы была разработана математическая модель трансформатора в форме переменных состояния, а также алгоритм расчета несинхронного включения асинхронных двигателей с целью расширения возможностей прикладной программы РАТМИИ, предназначенной для расчета электромагнитных переходных процессов.

Математическая модель двухобмоточного трансформатора описывается соотношениями, полученными на основе преобразований обобщенной модели машины переменного тока:

$$\frac{di_s^i}{dt} = -\frac{R}{X_s^i} i_s^i - i_s^{ii} + \frac{X_a}{X_r \cdot X_s^i} r \cdot i_r^i - \frac{1}{X_s^i} U_s^i - \frac{X_a}{X_s^i \cdot X_r} U_r^i$$

$$\frac{di_s^{ii}}{dt} = i_s^i - \frac{R}{X_s^i} i_s^{ii} + \frac{X_a}{X_r \cdot X_s^i} r \cdot i_r^{ii} - \frac{1}{X_s^i} U_s^{ii} - \frac{X_a}{X_s^i \cdot X_r} U_r^{ii}$$

$$\frac{di_r^i}{dt} = -\frac{r}{X_r^i} i_r^i - i_r^{ii} + \frac{X_a}{X_s^i \cdot X_r^i} R \cdot i_s^i + \frac{X_a}{X_r^i \cdot X_s^i} U_s^i + \frac{1}{X_r^i} U_r^i$$

$$\frac{di_r^{ii}}{dt} = i_r^i - \frac{r}{X_r^i} i_r^{ii} + \frac{X_a}{X_s^i \cdot X_r^i} R \cdot i_s^i + \frac{X_a}{X_r^i \cdot X_s^i} U_s^i + \frac{1}{X_r^i} U_r^i$$

Данную модель можно представить в форме переменных состояния

$$\dot{X} = AX + BV$$

что позволяет для численного интегрирования применять эффективный метод матричной экспоненты, используемой в прикладной программе РАТМИИ.

В работе предложен также алгоритм расчета несинхронных включений асинхронного двигателя.

Результаты расчетов по программе РАТМИИ вводятся в экспертную систему при решении ЭС следующих задач:

- выходная информация программы РАТМИИ используется для определения уставок релейной защиты, которые в качестве фактов вводятся в базу знаний, что дает возможность экспертной системы, в случае неотключения объекта СН при коротком замыкании, выяснить, произошло ли неотключение вследствие нарушений в работе релейной защиты или вследствие неправильно выбранной уставки защиты;

- результаты расчетов несинхронных включений асинхронного двигателя вводятся в базу знаний для получения числа эквивалент-

ных пусков, которые, как показано в работах Донецкого политехнического института, позволяют определить ресурс изоляции двигателей и, следовательно, дают возможность экспертной системы с большей уверенностью определять причину неисправности асинхронного двигателя.

В работе приводятся результаты расчетов переходных процессов некоторых типов асинхронных двигателей, применяемых в системе СН электростанций.

Информация, полученная на основе прикладных программ, позволяет частично снять неопределенность при определении причины возникновения неисправностей основного электрооборудования СН.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена научная задача создания экспертной системы для оценки технического состояния электрооборудования СН электростанций, что имеет важное значение для повышения надежности и живучести ТЭС и АЭС.

При этом получены следующие основные результаты:

1. Предложено формализованное описание функционирования электрооборудования СН под действием внутренних и внешних возмущений, что позволило рассматривать диагностирование технического состояния оборудования с позиций теории распознавания образов с разделением на формализуемые и неформализуемые задачи.

2. Выполнен анализ информационных признаков, характеризующих нарушения функционирования электрооборудования СН и осуществлено структурирование признаков для наполнения оболочки экспертной системы.

3. Обобщены и структурированы правила логического вывода о функционировании электрооборудования СН, что позволило сформировать модель представления знаний применительно к оболочке экспертной системы MARCO-I КПИ.

4. В единой форме переменных состояния представлены математические модели асинхронных двигателей и трансформаторов, что дает возможность получать априорные данные при внешних возмущениях, вызывающих электромагнитные переходные процессы. Получаемая при этом информация позволяет частично снять неопределенность в причинно-следственных отношениях, приводящих к возникновению неисправностей электрооборудования СН.

5. Рассмотренные информационные аспекты и модель представления знаний реализованы в экспертной системе диагностирования

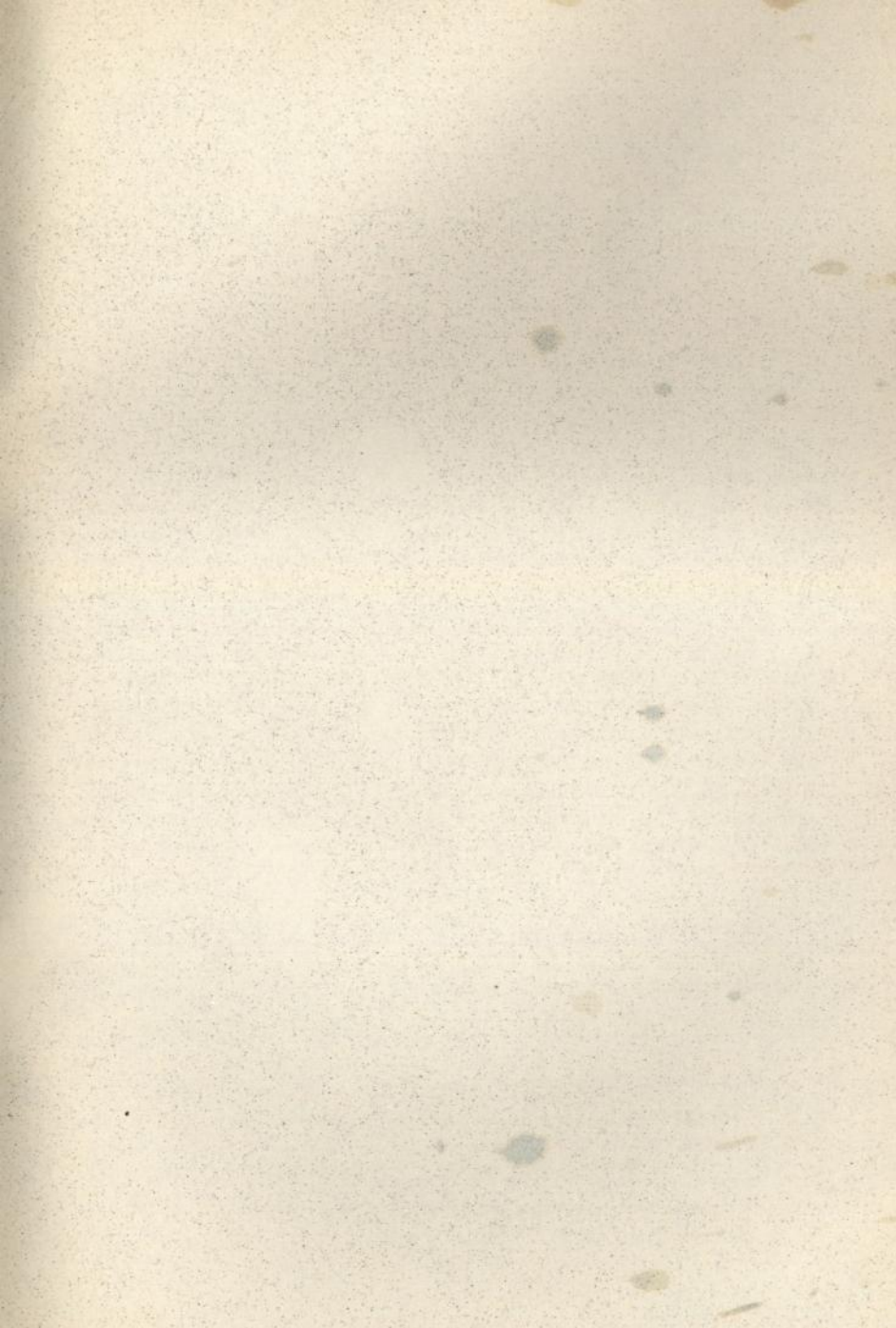
технического состояния электрооборудования СН, основанной на оболочке экспертной системы MARCO-I КПИ. Проверка правильности принимаемых решений проводилась на Киевской ТЭЦ-5 и показала, что число правильных решений составляет 87,1 %.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Баутиста В.Х. Инструментальное средство диагностики состояния силовых трансформаторов и автотрансформаторов большой и средней мощности / Информационный листок/ - КПИ. - Киев, 1992. - 1с - Киевский научно-информац. и посред. центр ИМЖС.
2. Баутиста В.Х., Костерев Н.В., Журин О.П. Система неразрушающего контроля и идентификации аномалий конструкций и функционирования силовых электродвигателей / Информационный листок/ - КПИ. - Киев, 1992. - 1 с. - Киевский научно-информ. и посред. центр ИМЖС.
3. Баутиста В.Х., Журин О.П. Интеллектуальная система поиска неисправностей в цепях устройств электрооборудования в экстремальных условиях / Информационный листок/ - КПИ. - Киев, 1992. - 1 с. - Киевский научно-информ. и посредн. центр ИМЖС.
4. Баутиста В.Х. Структуризация предметных знаний о техническом состоянии электрооборудования собственных нужд электростанций применительно к оболочке экспертной системе MARCO-I КПИ. - КПИ. - Киев, 1993. - 7 с. - Рус.-Деп. в ГНТБ Украины, # 823-Ук-93.
5. Баутиста В.Х., Костерев Н.В. Абстрактная математическая модель динамики электрооборудования собственных нужд электростанций с разделением движения под действием внутренних и внешних возмущений. - КПИ. - Киев, 1993. - 5 с. - Рус. - Деп. в ГНТБ Украины. # 822-Ук93.
6. Баутиста В.Х. Математическая модель трансформатора в форме переменных состояния для унифицированного математического описания элементов собственных нужд электростанций. - КПИ. - Киев, 1993. - 5 с. - Рус. - Деп. в ГНТБ Украины, # 821-Ук93.

Составитель

Баутиста Ч.В.Х.





465148

AB 27.352