

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ БАЗЫ ЗНАНИЙ ДЛЯ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Г. А. Ланцман

Институт кибернетики Национального исследовательского  
Томского политехнического университета, 634034, Томск, Россия

---

УДК 004.891.3

Задача диагностики электроприводов – одна из наиболее актуальных проблем диагностики. Основной сложностью при диагностике является отсутствие всесторонней системы определения неисправностей электроприводов. Проведен инженерный анализ работ, в которых исследуются различные виды диагностики электроприводов и их составляющих, в том числе с формализацией вербальных данных; составлен и подготовлен к интеграции в базу знаний требуемый список параметров диагностики. Рассмотрены особенности работы данной системы на примере диагностики тиристорных преобразователей.

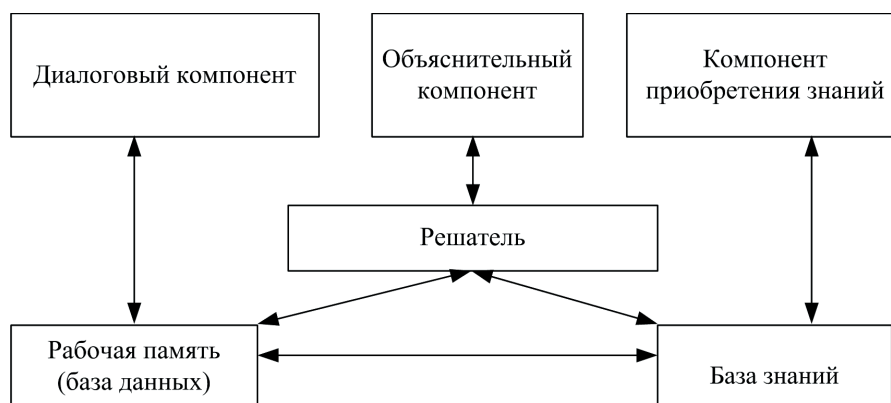
**Ключевые слова:** экспертная система, электропривод, база знаний, диагностика, космический аппарат.

The task of electric drive troubleshooting is one of the most popular problems in diagnostics at present. One of the main problems in this process is the absence of a comprehensive system for the fault coverage of electric drives. Attempts to create such a system are unknown to scientific community, if were made at all. In this paper, the problems of designing an expert system and its knowledge base (taking into account different "symptoms" of faults) are considered; the work of this system is illustrated by an example of thyristor transformer troubleshooting.

**Key words:** expert system, electric drive, knowledge base, troubleshooting, spacecraft.

Как известно, одним из наиболее перспективных направлений развития искусственного интеллекта является создание экспертных систем. Экспертные системы, не являясь универсальными, служат для решения конкретного вида задач, при этом используются формализованные знания, полученные от экспертов в какой-либо области. Формализация данных и экспертного опыта зачастую является нетривиальной, а иногда и нерешаемой задачей.

В области диагностики одной из актуальных проблем является создание экспертной системы для диагностирования электроприводов. Несмотря на огромное число видов испытаний различных видов электроприводов, до сих пор не существовало объединенного списка параметров диагностики электроприводов, который можно было бы положить в основу базы знаний такой экспертной системы. Целью данной работы является создание такого списка на основе данных о различных испытаниях, а также реализация экспертной системы на основе этого списка.



Структура типичной экспертной системы

Проведен анализ работ, в которых исследуются различные виды диагностики электроприводов и их составляющих (см., например, [1–9]). В результате составлен требуемый список, включающий следующие категории:

- электрические виды диагностики электромеханических устройств;
- температурная диагностика;
- механическая диагностика;
- диагностика изоляции;
- иные виды диагностики.

Далее была проведена подготовка данных из списка к интеграции в экспертную систему, для чего каждому параметру диагностики электропривода был присвоен идентификатор. Этот список параметров представляет собой ядро базы знаний экспертной системы. Кроме того, в базу знаний следует внести типы возможных испытаний и методы диагностики, которые используются для данных типов испытаний. Необходима также формализация знаний экспертов о том, какие "симптомы" имеют различные неполадки. В данной ситуации наиболее важной является информация о том, с каким набором электроприводов система будет работать изначально и какими знаниями будут обладать эксперты в данной предметной области.

Рассмотрим структуру экспертной системы применительно к данному случаю (см. рисунок). Как отмечено выше, база знаний разрабатываемой системы состоит из данных о возможных типах диагностики и испытаний, а также о "симптомах" неполадок. Сначала получение этих данных от экспертов осуществляется с помощью компонента приобретения знаний; таким образом наполняется база знаний. В процессе эксплуатации системы в ее рабочую память будут вноситься данные текущих и прошедших испытаний.

Затем, применяя заранее введенные правила, система отыскивает возможные неполадки и определяет их причины. При необходимости система может объяснить, каким образом был получен тот или иной результат, например, какие признаки неполадок были обнаружены при анализе введенных данных и какова вероятность той или иной неполадки. В диалоговом компоненте система будет взаимодействовать с пользователями как при решении задач, так и в процессе приобретения знаний.

Следует отметить, что преимущество экспертных систем по сравнению с экспертами заключается в том, что экспертные системы не ограничены в объеме сложности вычислений решателя

и объеме базы знаний. Таким образом, задача данной экспертной системы заключается не только в определении вероятностных значений различных неполадок, но и в аккумулировании знаний экспертов об испытаниях электроприводов различного типа, в результате чего система будет давать лучший результат по сравнению с лучшим экспертом. Кроме того, важнейшей характеристикой системы является возможность обработки результатов конкретных испытаний и определения всех возможных настоящих и будущих неполадок в конкретном электроприводе. Несмотря на то что основное назначение данной системы – использование при испытаниях электроприводов космических аппаратов и солнечных батарей, представляется возможным расширение или модернизация данной системы для диагностики любых типов электроприводов.

Выясним, каким образом экспертная система будет решать задачи поиска неисправностей в тиристорных преобразователях [9]. Сначала следует установить неполадки, которые могут возникать в таких преобразователях (см. таблицу). Данная таблица, по сути, является частью базы знаний экспертной системы, предназначенной для диагностики электроприводов. Знания были получены от экспертов в области диагностики электроприводов в процессе диалога между ними и инженерами по знаниям. Поскольку знания были формализованы вербально, это позволяет утверждать, что для принятия решений в использующей их экспертной системе могут быть применены методы нечеткой логики.

Различаемые виды неисправностей в тиристорных преобразователях

Наименование подсистемы	Возможные виды отказов в эксплуатации	Последствия отказов	Меры, обеспечивающие сохранение работоспособности
Выпрямитель	Перенапряжение со стороны сети	Элементы схемы работают в режиме перегрузок	Использование разрядников в сочетании с RC-цепочками или лавинными вентилями
	Асимметрия фазного напряжения		
	Неправильное чередование фаз напряжения сети	Возможен выход из строя элементов схемы, в первую очередь полупроводниковых элементов	Использование RC-цепочек и канала от превышения допустимого напряжения на тиристорах (подключение варисторов)
	Исчезновение фазного напряжения		
	Потеря управляемости	Увеличение электрической нагрузки	Использование канала защиты от короткого замыкания выпрямителя
	Замыкание		
	Пробой	Появляется короткозамкнутый контур	Применение быстродействующих предохранителей, автоматических выключателей (отключение поврежденной ветви); смещение управляющих импульсов в инверторную область, т. е. перевод выпрямителя в инверторный режим
	Ложное отпирание вентиля		
Эффект накопления носителей в ПП при коммутации тока	Перенапряжения	Применение вентиля и тиристора с контролируемым лавинообразованием: лавинных кремниевых вентиля (диодов и тиристора) и нелинейных резисторов	

Окончание таблицы

Наименование подсистемы	Возможные виды отказов в эксплуатации	Последствия отказов	Меры, обеспечивающие сохранение работоспособности
Инвертор	Неисправность цепей сброса реактивной энергии	Появление перенапряжений на элементах коммутирующего контура и вентиллях	Использование RC-цепочек
	Пропуск отпирающего импульса на очередной вентиль	Аварийное состояние	Применение быстродействующих предохранителей, автоматических выключателей (аварийное отключение короткозамкнутых цепей); RC-цепочек (ограничение скорости нарастания аварийного тока в вентиллях), а также короткозамыкателей
	Токовая перегрузка тиристоров	Срыв (опрокидывание) инвертора	
	Приложение обратного напряжения к тиристорам после прохождения тока перегрузки	Шнурование обратного тока (расплавление или растрескивание структуры)	
	Длительная работа тиристора с большими значениями $di/dt$ , которые не превышают критических	Эрозия отдельных участков кремния (разрушение структуры вентиля)	
	Повторное приложение прямого напряжения к тиристорам	Потеря запирающих свойств тиристоров	Использование RC-цепочек
	Обрыв обратного тока встречно-параллельных диодов	Коммутационные перенапряжения	
	Скачкообразное нарастание прямого напряжения на тиристорах	Коммутационные перенапряжения	
Увеличение эквивалентного активного сопротивления нагрузочного контура (уменьшение времени, необходимого для восстановления управляющих свойств тиристора)	Сквозной срыв инвертирования (короткое замыкание выпрямителя через полупроводниковые приборы инвертора), частичный срыв инвертирования (нарушение работы последовательно соединенных тиристоров)	Применение канала защиты от срывов инвертирования (одновибратора и конденсаторного выключателя)	

Рассмотрим функционирование системы на примере диагностики тиристорного преобразователя. Предположим, в ходе испытаний выяснилось, что в схеме преобразователя функция тиристорного преобразователя не выполняется и на выходе устройства отсутствует переменное напряжение предварительно заданной частоты (вышел из строя полупроводниковый элемент). Открыв диалоговое окно экспертной системы, пользователь вводит результаты испытания и те-

кущую неисправность либо, что более вероятно, ее признак. На основе введенных данных экспертная система приближенно определяет область проблемы (см. таблицу) и предлагает проверить, все ли полупроводниковые элементы работают в исправном режиме. После проверки в случае отрицательного результата система предлагает два возможных вывода: неправильное чередование фаз напряжения в сети или исчезновение фазного напряжения. На основе предусмотренных вероятностных значений данных неисправностей проводится прямая проверка. Это означает, что сначала экспертная система диагностики предлагает выполнить проверку на наиболее вероятную неисправность. Это позволяет с высокой долей вероятности исключить излишние действия персонала, которые приведут к обнаружению неисправности с меньшей вероятностью.

В дальнейшем предполагается создание автоматизированной динамической экспертной системы диагностики электроприводов антенн и солнечных батарей, что позволит использовать ее для идентификации явных и скрытых дефектов изготовления электроприводов антенн и солнечных батарей космических аппаратов в ходе наземных испытаний и в процессе эксплуатации на космических аппаратах.

#### Список литературы

1. МАКСЮТОВ С. Г. Методы и средства температурной диагностики электроприводов нефтяной и газовой промышленности: Дис. ... канд. техн. наук. М., 2009.
2. КОНОВАЛОВ М. Ю. Техническая диагностика электропривода постоянного тока бумагоделательного оборудования: Дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2006.
3. КУЗЬМИЧЕВ В. А. Разработка методического и аппаратного обеспечения испытаний вентильно-индукторного электропривода: Дис. ... канд. техн. наук. М., 2006.
4. МАЗУХА Н. А. Повышение работоспособности и эффективности асинхронных электроприводов: Дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2003.
5. БУТАКОВ С. М. Методы и технические средства диагностирования автоматизированных электроприводов прокатных станов: Дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 1998.
6. ЗОБЕНКО А. А. Методическое, алгоритмическое и программное обеспечение контроля технического состояния электромеханических и электронных силовых устройств с общей сетью питания: Дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2005.
7. ОСИПОВ О. И. Техническое диагностирование автоматизированного электропривода постоянного тока: Дис. ... д-ра техн. наук. М., 1994.
8. СУСПИЦЫН Е. С. Диагностирование механической части электропривода тянуще-правильного устройства машины непрерывного литья: Дис. ... канд. техн. наук. М., 2003.
9. КАРАМЗИНА А. Г. Диагностирование и прогнозирование состояний технических объектов на основе экспертных систем: На примере полупроводниковых преобразователей частоты: Дис. ... канд. техн. наук. Уфа, 2003.

*Ланцман Глеб Алексеевич – ассист. Института кибернетики Томского политехнического университета; e-mail: lagoon@vtomske.ru*

Дата поступления – 02.10.12 г.