

А. В. Абзалов

Астраханский государственный технический университет

## ПРОБЛЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРЕДАВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ АММИАЧНОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ И ПОДХОД К ЕЕ РЕШЕНИЮ

Опасный режим работы на холодильных установках чаще всего возникает при нарушении нормальных условий эксплуатации: прекращении подачи охлаждающей воды на конденсатор, повышении температуры окружающей среды, падении напряжения, резком увеличении теплопритоков в объект и др. Кроме того, опасный режим может быть вызван выходом из строя отдельных узлов или деталей холодильных машин (маслонасос компрессора, рассольный насос, загрязнение конденсаторов, испарителей, нарушение герметичности и т. д.). Число параметров, которые могут принимать опасные значения, зависит от схемы установки, свойств хладагента и конструкции машин и аппаратов. На крупных аммиачных установках число таких параметров может быть более 10 [1].

Применение аммиака в качестве холодильного агента требует повышенных мер безопасности, т. к. аммиак относится к сильнодействующим ядовитым веществам, а также является пожаро- и взрывоопасным. Наиболее тяжелые аварии происходят на поршневых компрессорах аммиачных холодильных установок при разрушении цилиндров компрессоров. Выброс большой массы жидкого аммиака в помещение машинного зала или взрыв воздушно-аммиачной смеси при таких авариях приводит к тяжелым последствиям. Анализ статистических данных на аммиачных холодильных установках с поршневыми компрессорами показывает, что частота причин аварий распределяется примерно следующим образом (табл.) [2]:

### Частота причин аварий на аммиачных холодильных установках с поршневыми компрессорами

Причина аварии	Частота, %
Гидравлический удар	75
Пуск с закрытым нагнетательным вентилем компрессора	10
Заводской брак	5
Отсутствие смазки	5
Некачественный ремонт	2
Прочие причины	3

Как правило, в аварийных ситуациях, связанных с выбросом аммиака, весьма часто наблюдаются как поражения производственного персонала, так и поражения среди населения в прилегающих районах из-за того, что очень много предприятий расположено в городах или в непосредственной близости от них [3].

Приборы автоматической защиты при возникновении опасных режимов останавливают компрессоры и включают аварийную сигнализацию. Широкое применение находит и профилактическая защита, т. е. остановка компрессоров при нарушениях в работе, которые в случае продолжения работы неизбежно приведут к опасному режиму.

Такие действия являются необходимыми для предотвращения аварий, но при этом нарушается процесс получения холода. Требуется время для того, чтобы устранить неисправность и произвести пуск холодильной установки, а это может привести к нарушению технологического процесса охлаждения, замораживания или хранения и, следовательно, к экономическим потерям.

В связи с этим одной из основных задач системы управления аммиачной холодильной установкой должна стать идентификация предаварийных ситуаций (ПАС), прогнозирование тенденций к изменению состояния процесса и предотвращение аварий. Предаварийная ситуация характеризуется отклонением от номинального режима работы, что при неблагоприятных условиях ведет к аварии. Следовательно, возникает необходимость распознавания образа ПАС и реализации управляющих воздействий, нормализующих ее.

Непосредственный контроль за работой аммиачной холодильной установкой осуществляют машинисты холодильных установок. Они периодически наблюдают за контрольно-измерительными приборами на пульте управления, которые позволяют не только проследить за изменением каких-либо параметров, но и заметить тенденцию к их изменению, что очень важно при регулировании режима. В течение смены машинист холодильной установки периодически обходит обслуживаемые компрессоры и аппараты, проверяя параметры также по приборам, установленным непосредственно на оборудовании, проверяет на ощупь или по приборам нагрев основных узлов, температуру масла и охлаждающей воды, герметичность системы смазки и коммуникаций с хладагентами, исправность приборов.

Машинист, обслуживающий установку, должен учитывать большое количество параметров, влияющих на создание и развитие предаварийной ситуации, значения которых могут изменяться в широком диапазоне. Одной и той же ситуации могут даваться различные оценки (субъективизм и неоднозначность). При классификации ситуации на объекте управления могут использоваться как формальные знания, так и результаты подсознательной деятельности, причем правильность оценки ситуации во многом зависит от квалификации и опыта машиниста.

Таким образом, возникает задача создания системы, имитирующей функции машиниста при распознавании тех или иных ситуаций на объекте управления. Для решения этой задачи представляет интерес использование методов искусственного интеллекта, в частности экспертных систем (ЭС) и нечетких множеств (НМ). Такая система идентификации предаварийных ситуаций (СИПАС) должна обеспечивать дополнительную безопасность холодильной установки посредством:

- распознавания предаварийной ситуации;
- идентификации причин её возникновения;
- определения управляющих воздействий, нормализующих ситуацию на объекте.

Это должен быть отдельный программный модуль, сопряженный с системой автоматического регулирования и имеющий интерфейс для общения с машинистом, обслуживающим холодильную установку.

Для разработки такой системы необходимо иметь модель, описывающую холодильную установку как источник предаварийных ситуаций. Сформулируем основные требования, которые предъявляются к этой модели:

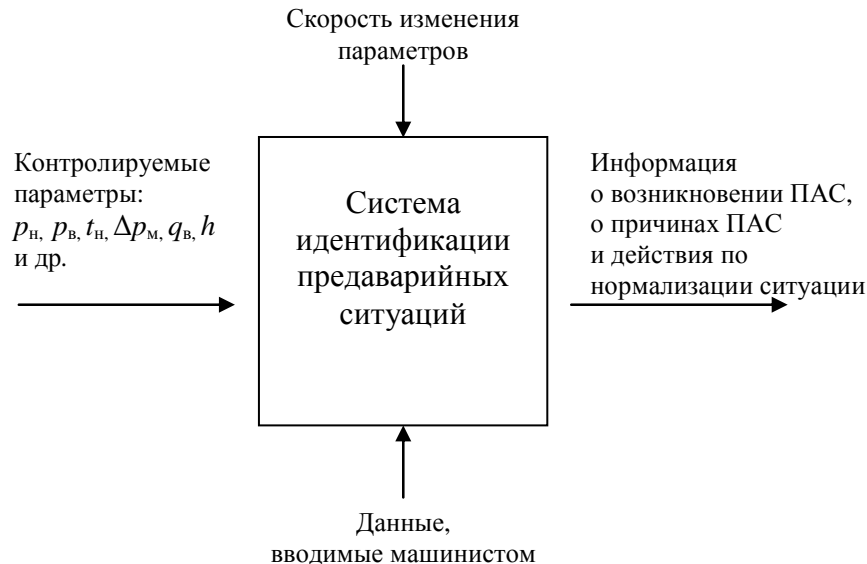
- возможность хранения и накопления знаний о конкретном объекте управления;
- обладание эффективным механизмом обработки этих знаний и представления результата за ограниченный временной такт;
- обладание механизмом взаимодействия с существующим программным обеспечением системы автоматизации. Таким механизмом могут быть стандартные для Windows технологии COM и DDE;
- возможность поддерживать диалог с машинистом холодильной установки. Это обычный режим работы экспертной системы.

Таким образом, основой такой модели должна стать база знаний, в которой собраны знания экспертов по конкретному объекту управления. Существуют десятки моделей (или языков) представления знаний для различных предметных областей. В данном случае целесообразно использовать продукционную модель, основанную на правилах, которая позволяет представить знания в виде предложений типа «Если (условие), то (действие)». Продукционная модель чаще всего применяется в промышленных экспертных системах. Она привлекает разработчиков своей наглядностью, высокой модульностью, легкостью внесения дополнений и изменений и простой механизма логического вывода [4].

Особенностью разрабатываемой СИПАС является работа в режиме реального времени, поэтому процесс формирования базы знаний необходимо разбить на две фазы: приобретение знаний априори и пополнение базы знаний в режиме реального времени [5].

Представляет также интерес создание доступного Интернет-хранилища для аккумуляции данных и знаний по типовым блокам холодильных установок (компрессоры, теплообменники и т. д.); о технологических параметрах; регистрируемых экспертах, заносящих данные в хранилище.

В режиме реального времени СИПАС должна постоянно отслеживать информацию, поступающую от первичных преобразователей, причем не только конкретные значения контролируемых параметров, но и скорость изменения этих параметров (например, одним из главных признаков влажного хода компрессора является резкое падение температуры нагнетания). Кроме того, она должна позволять машинисту холодильной установки вводить качественную информацию о состоянии объекта (например, нагрев основных узлов компрессора). На рисунке изображена модель системы в виде «черного ящика», имеющая входные и выходные информационные потоки.



Модель СИПАС в виде «черного ящика»

Основными контролируруемыми параметрами являются:  $p_n$  – давление нагнетания;  $p_v$  – давление всасывания;  $t_n$  – температура нагнетания;  $\Delta p_m$  – разность давления масла в системе смазки компрессора;  $q_v$  – расход воды, охлаждающей цилиндры компрессора;  $h$  – уровень аммиака в испарителях, промежуточных сосудах, отделителях жидкости, циркуляционных ресиверах и др.

Кроме того, в зависимости от конкретных особенностей установки могут контролироваться и другие параметры. В частности, на крупных установках, где нет круглосуточного обслуживания, необходимо также контролировать концентрацию аммиака в помещении.

Машинист оценивает ситуацию на объекте не только количественно, но и качественно, определяя значения параметров в виде вербального описания, например: температура нагнетания – высокая, нормальная, низкая; нагрев цилиндров – сильный, нормальный, слабый. В связи с этим параметры состояния объекта можно определить как лингвистические переменные, принимающие вербальные значения, а для формализации такой качественной информации использовать математический аппарат нечетких множеств.

Реализацию модели можно выполнить практически на любом языке процедурного или объектно-ориентированного программирования. Для автоматизации проектирования целесообразно использовать интенсивно развивающиеся в настоящее время CASE-средства.

Таким образом, используя современные информационные технологии и методы искусственного интеллекта для создания СИПАС, можно повысить надежность и безопасность холодильных установок, что является особенно актуальным для установок, работающих на аммиаке.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Канторович В. И., Подлипенцева З. В.* Основы автоматизации холодильных установок. – М.: Агропромиздат, 1987. – 287 с.
2. *Невейкин В. Ф.* Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильных установок. – М.: Агропромиздат, 1989. – 287с.
3. *Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий.* Кн. 1. / Под ред. К. Е. Кочеткова, В. А. Котляревского и А. В. Забегаева. – М.: Изд-во АСВ, 1995. – 320 с.
4. *Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф.* Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2001. – 384 с.
5. *Проталинский О. М.* Применение методов искусственного интеллекта при автоматизации технологических процессов: Моногр. / Астрахан. гос. техн. ун-т. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2004. – 184 с.

Получено 1.10.2006

**THE PROBLEM OF IDENTIFICATION  
OF EMERGENCY SITUATIONS  
OF THE AMMONIA REFRIGERATING MACHINE  
AND AN APPROACH TO ITS SOLUTION**

*A. V. Abzalov*

The necessity of creation of the system for early identification of emergency situations and their prevention at ammonia refrigeration machines is proved. A model of such a system is offered in the paper. But while designing this model it is recommended to use the methods of the artificial intelligence – the technology of construction of expert systems and the mathematical device of fuzzy sets. The offered approach will allow reducing the danger of exploitation of ammonia refrigeration machines of different kinds, and also increasing the efficiency of their work at the account of cutting down the stops with the false work of systems of the automatic signaling.