

УДК 62.791.2

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА РЕЖИМА МНОГОФАЗНОЙ СМЕСИ В ТРУБОПРОВОДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВР-ТЕХНОЛОГИЙ

Кузяков О.Н., Сидорова А.Э.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,
Тюмень, e-mail: onkuzyakov@mail.ru, sidorova@tsogu.ru

В работе проанализированы особенности функционирования системы мониторинга многофазной смеси в трубопроводе. В этой системе использованы несколько излучателей-приемников, которые в процессе работы меняются ролями. Рассмотрен вопрос идентификации многофазной смеси, распространяющейся в трубопроводе. Предложено использовать ультразвуковые колебания в качестве зондирующих, а на основании анализа группы информативных параметров сигналов: времени распространения, расстояния до границы отражения двух сред, скорости распространения в веществе, величины затухания сигнала, – принимать решение о характере и параметрах многофазной смеси, используя СВР-технологии. Разработана структура микропроцессорной системы и принципы взаимодействия ее компонентов. Описан алгоритм работы системы. В качестве структурного компонента в систему предложено ввести блок интеллектуальной поддержки принятия решений с применением библиотеки прецедентов.

Ключевые слова: ультразвук, микропроцессор, интеллектуальная система, идентификация, многофазная смесь, структура, прецедент, принятие решений

MONITORING SYSTEM MODE MULTIPHASE MIXTURE IN PIPELINES USING CBR-TECHNOLOGIES

Kuzyakov O.N., Sidorova A.E.

Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: onkuzyakov@mail.ru, sidorova@tsogu.ru

This paper analyzes the features of the multi-phase system for monitoring the functioning of the mixture in the pipeline, several emitters-receivers this system is used in which the roles are changed in the process. The problem of identification of a multiphase mixture, spreading in the pipeline. It is proposed to use ultrasonic vibrations as a probe, and based on the analysis of the group of informative parameters of signals: propagation time, the distance to the boundary reflection of the two media, the velocity of propagation in the substance, the amount of signal attenuation, – to decide on the nature and parameters of the multiphase mixture using CBR-technology. The structure of the microprocessor system and the principles of interaction of its components. The algorithm of the system. As a structural component in the system prompted to enter a unit of intellectual decision support using precedents library.

Keywords: ultrasound, a microprocessor, an intelligent system, identification, multi-phase mixture, structure, precedent, decisions

Развитие нефтедобывающей промышленности неразрывно связано с повышением степени автоматизации всех технологических процессов при добыче и транспортировке жидких углеводородов. При этом возрастают требования и к достоверности получения информации на основании использования современных технических средств и компьютерных методов обработки данных и принятия управляющих решений. Одним из таких методов при мониторинге и поиске оптимальных решений является метод, основанный на применении прецедентов.

Прецедент (от лат. Praecedens) – случай или событие, имевшее место в прошлом и служащее примером или основанием для аналогичных действий в настоящем.

Использование СВР-технологии (СВР – Case-Based Reasoning), т.е. вывода на основе прецедентов, является основой для разработки различного рода интеллектуальных систем, систем экспертной диагностики, SCADA-систем и др.

Анализ систем мониторинга потока многофазной смеси в трубопроводе

При мониторинге и управлении сложными объектами, какими являются трубопроводы, необходимо оперативно идентифицировать как характер многофазной смеси, протекающей в трубопроводе, так и техническое состояние самого объекта [9].

Известен ряд систем, предназначенных для мониторинга течения многофазного потока в трубопроводе. Принципы построения и работы систем и сущность используемых методов описаны в работах [5, 6, 7].

Недостатком является невысокая точность определения основных параметров многофазной смеси в трубопроводе, т.е. состава смеси в определенный момент времени, с учетом скорости течения, и, в зависимости от этого, прогнозируемой скорости коррозии трубопровода.

Недостаточная точность этого метода объясняется тем, что такое прозвучивание (зондирование) многокомпонентной среды с помощью ультразвуковых колебаний

мегагерцового диапазона частот производится с использованием одного источника и нескольких приемников, работающих на основе явления прямого и обратного пьезоэлектрического эффекта. Таким образом, распространение основного ультразвукового сигнала происходит однонаправленно, источник является фиксированным и не может зондировать многокомпонентную смесь с разных направлений, что снижает количество и качество информации, которая формирует группы сценариев (прецедентов). Для нашего случая под понятием прецедент понимается структурированное представление накопленных данных о состоянии процесса. Такой набор прецедентов предлагается использовать для последующей идентификации режима течения многофазного потока с применением соответствующих алгоритмов извлечения прецедентов для последующего выбора принятия решений [2, 3, 10].

Специфика разработанной системы

Целью исследования является разработка системы мониторинга многофазной смеси в трубопроводе, учитывающей указанные выше недостатки. В этой связи для повышения точности определения режима течения многофазного потока используется последовательный опрос нескольких излучателей, одновременно являющихся приемниками, то есть в процессе работы эти приемники-излучатели циклически меняют свои «роли»: в каждом цикле измерения только один из этих элементов является излучателем ультразвукового сигнала, а остальные работают как приемники.

В результате циклического опроса формируется многообразие прецедентов, каждый из которых соответствует какому-то определенному составу многофазной смеси. На этапах принятия решений из многообразия прецедентов извлекаются наиболее близкие по степени важности с использованием различных алгоритмов их извлечения.

На основании анализа источников [4, 5] известно, что для точной оценки внутренней структуры исследуемой среды с помощью прозвучивания ультразвуковыми колебаниями необходима регистрация прошедших через поток сигналов и эхо-импульсов. Также требуется регистрация дополнительных факторов – скорости течения потока, давления в трубопроводе, температуры и плотности смеси. Далее следует провести преобразование этих параметров в удобную для обработки цифровую форму с целью последующего формирования различных прецедентов. Эти сценарии сравниваются с ранее сформированными эталонными прецедентами [1, 2, 3, 10], которые хранятся в памяти программ в виде библиотеки прецедентов.

Задачей данного исследования является обоснование принципов построения микропроцессорной системы, предназначенной для идентификации режима течения многофазного потока трубопровода с применением СВР-технологий: вывода на основе прецедентов.

С учетом выполненного теоретического анализа источников [5, 6, 7, 8] предлагается система идентификации режима течения многофазного потока трубопровода, представленная на рис. 1.

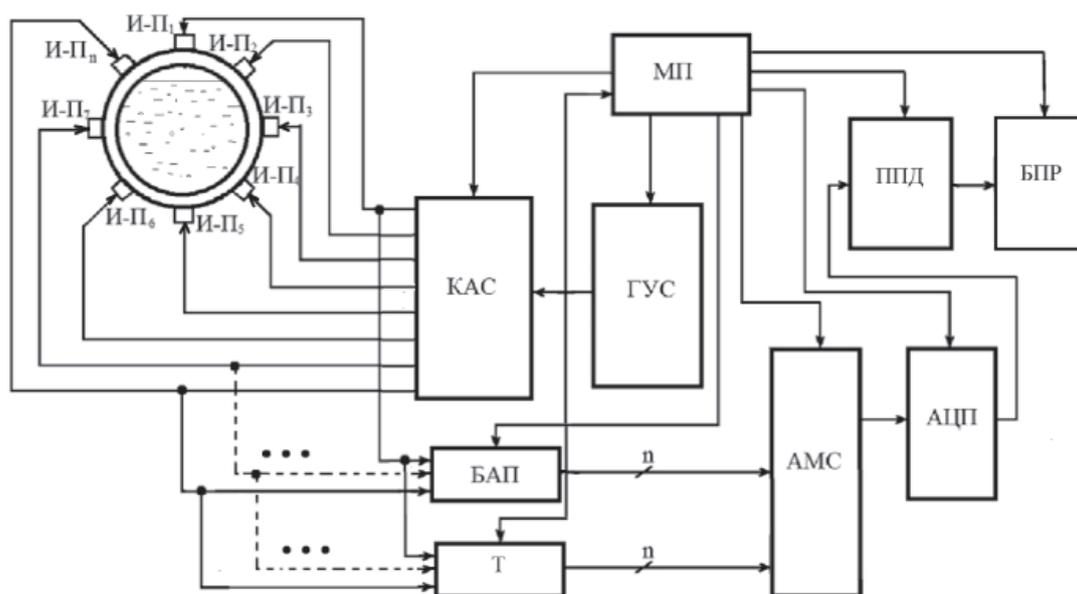


Рис. 1. Система идентификации режима течения многофазного потока трубопровода

В качестве излучателей-приемников ультразвукового сигнала используются пьезоэлектрические преобразователи. Излучатели-приемники И-П₁ – ИП_n – образуют группу преобразователей, которая прозвучивает (зондирует) ультразвуковыми колебаниями заданной частоты многофазный поток, движущийся в трубопроводе перпендикулярно продольной его оси. При этом в каждом цикле излучателем является один из преобразователей, а остальные элементы – приемниками. В каждом последующем цикле в качестве излучателя работает следующий элемент, а все остальные являются приемниками.

Излучатели-приемники располагаются снаружи на стенках трубопровода. Управление работой всех элементов осуществляется микропроцессором (МП). Микропроцессор (МП) формирует сигнал начала работы системы и подает запускающий сигнал на вход генератора ультразвукового сигнала (ГУС) и на коммутатор аналоговых сигналов (КАС). Коммутатор КАС определяет очередность работы преобразователей (излучателей-приемников) – какой из элементов будет работать в качестве излучателя, а какие в качестве приемников, и, кроме этого, передает сигнал с ГУС на выбранный излучатель. В это же время МП формирует сигнал, поступающий на таймер-счетчик (Т), фиксирующий время испускания ультразвукового сигнала излучателем для последующего измерения времени распространения ультразвуковых сигналов через среду (многофазную смесь в трубопроводе). После прохождения ультразвукового сигнала от излучателя через многофазную смесь к приемникам, сигналы с выходов приемников поступают на входы блока аналоговой памяти (БАП) и на входы таймера-счетчика (Т), где фиксируются амплитуды принятых сигналов, прошедших через сплошную среду и отраженных от границы раздела фаз, время распространения этих сигналов, а также параметры, отражающие текущее состояние трубопровода.

Более подробно способы определения параметров, формирующих прецеденты для определения режима течения многофазной смеси, описаны в [8]. Тогда прецедент можно представить в следующем виде:

$$CASE = (\sum A_{ci}, \sum T_{ci}, p_r, T_i, V_n),$$

где $\sum A_{ci}$ – амплитуды принятых сигналов, как прошедших через среду, так и отраженных от границы раздела фаз; $\sum T_{ci}$ – время распространения сигналов в среде; p_r – давление в трубопроводе; T_i – температура смеси; V_n – скорость потока.

Значения $\sum A_{ci}$ снимаются аналоговыми датчиками (на рис. 1 не указаны) и передаются через аналоговый мультиплексор

(АМС) на аналого-цифровой преобразователь (АЦП) с целью преобразования их в пропорциональный цифровой код, который поступает затем в блок памяти программ и данных (ППД). Там же накапливаются другие параметры для текущего прецедента.

Фиксируются амплитуды принятых ультразвуковых сигналов, как прошедших через контролируемую среду, так и отраженных от границы (границ) раздела фаз – A_c , и значения измеренного времени распространения этих сигналов – T_s для текущего цикла опроса под управлением синхронизирующих сигналов МП. При этом в следующем цикле опроса в качестве излучателя используется следующий по порядку элемент, предыдущий же излучатель выступает уже в качестве приемника, так же как и остальные элементы. Управляет этой циклической сменой ролей МП, посылая сигнал на КАС, который программно осуществляет эту смену ролей.

Также под управлением МП происходит последовательный опрос блока аналоговой памяти (БАП) и таймера-счетчика (Т), а с помощью аналогового мультиплексора (АМС) производится преобразование выходных сигналов БАП и Т посредством АЦП в пропорциональный цифровой код, несущий информацию о максимальных амплитудах и времени распространения ультразвуковых сигналов через многофазную среду трубопровода.

Далее цифровые коды передаются и сохраняются в ППД. Идентификация многофазной смеси в трубопроводе производится по определенной программе, хранимой также в ППД.

При идентификации руководствуются значениями амплитуд принятых ультразвуковых сигналов, прошедших через многофазную среду, а также отраженных от границ раздела фаз (сред), и измеренными значениями времени распространения этих сигналов через среду. При этом учитывается первичная группа сценариев, которая несет в себе информацию о скорости движения смеси в трубопроводе, давлении в трубопроводе, температуре смеси, плотности смеси. Далее, под управлением микропроцессора МП происходит определение группы прецедентов различных режимов, которые наиболее близки режиму течения многофазного потока для данной скорости движения, давления в трубопроводе, температуры смеси и плотности смеси.

Идентификацию режима течения многофазного потока предлагается осуществлять в интеллектуальных системах поддержки принятия решений (ИППР) на основе анализа и перебора прецедентов. Способы представления прецедентов и методы их извлечения из так называемой библиотеки прецедентов описаны в работах [1, 3].

Алгоритм работы предложенной системы показан на рис. 2. Основные этапы работы системы описаны выше. Отметим, что к особенности работы блока принятия решений следует отнести применение СВР-технологий, используя один из алгоритмов извлечения прецедентов [3], например метод ближайшего соседа, когда используется вся база имеющихся в системе прецедентов для определения степени схожести текущего прецедента с одним из прецедентов, имевших место ранее.



Рис. 2. Алгоритм работы системы

При этом следует учитывать, что степень схожести параметров, составляющих прецедент, может быть различной для отдельных прецедентов. Мера схожести параметров определяется из выражения

$$M = \frac{N_{\text{сх}}}{N},$$

где $N_{\text{сх}}$ – число совпадающих признаков в прецеденте с заданным отклонением σ ; N – общее число признаков у прецедента.

Целесообразен подбор соседних прецедентов, когда $N_{\text{сх}} \rightarrow N$. Тогда целевая функция для оптимального выбора ближайшего прецедента равна $\Phi = \frac{N_{\text{сх}}}{N} \rightarrow \max$.

После выбора наиболее близкого прецедента осуществляется принятие решения по характеру смеси, затем сохранение теку-

щего прецедента в базе с возможностью его использования в дальнейшем.

Заключение

В представленной статье коротко рассмотрены недостатки существующих систем мониторинга многофазной смеси, протекающей в трубопроводе. Предложены другие принципы построения системы, основанной на анализе информативных признаков ультразвукового сигнала при многократном зондировании трубопровода в поперечном направлении. Отличительной особенностью является то, что за счет смены сценариев «излучатель – приемники» на приемной стороне формируется полный комплекс параметров, используемых для формирования текущего состояния. При этом учитываются также и другие показатели, характеризующие текущее состояние трубопровода (T_i – температура смеси, V_n – скорость потока, p_t – давление в трубопроводе). Предложен алгоритм работы системы и возможность использования СВР-технологии при реализации процедуры принятия решений.

Список литературы

1. Башлыков А.А. Применение методов теории прецедентов в системах поддержки принятия решений при управлении трубопроводными системами // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2016. – № 1. – С. 23–32.
2. Башлыков А.А. Анализ подходов и методов построения компьютерных систем для интеллектуальной информационной поддержки принятия управляющих решений в нештатных ситуациях на примере объектов нефтепроводного транспорта // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2016. – № 3. – С. 21–29.
3. Варшавский П.Р., Еремеев А.П. Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2009. – № 2. – С. 45–57.
4. Ильиных А.В., Кузяков О.Н. Система для идентификации многофазной смеси в нефтепроводе // Новые технологии – нефтегазовому региону: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Т. 3, (Тюмень, 11–12 окт. 2015 г.). – Тюмень, 2015. – С. 330–333.
5. Кузяков О.Н., Дудко С.А. Способ контроля многофазного потока в трубопроводе // Патент России № 2198397. – 2003. – Бюл. № 4.
6. Кузяков О.Н., Пиндак А.В. Способ определения режима течения многофазного потока в трубопроводе // Патент России № 2311633. – 2007. – Бюл. № 33.
7. Кузяков О.Н., Пиндак А.В. Устройство для контроля многофазного потока в трубопроводе // Патент России № 2198397. – 2006. – Бюл. № 31.
8. Кузяков О.Н. К вопросу идентификации многофазной смеси, распространяемой в трубопроводе // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 2. – С. 235–239.
9. Лаптева У.В., Кузяков О.Н., Кучерюк В.И. Мониторинг нефтегазовых объектов методом муаровых полос // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2007. – № 5. – С. 110–115.
10. Janet L. Kolonder An Introduction to Case-Based Reasoning. – Artificial Intelligence Review 6, 1992. P. – 3–34.