

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ СВОЙСТВ НЕФТЯНЫХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ РЕЛАКСОМЕТРОМ ПРОТОННОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

Овсеенко Г.А., Кашаев Р.С., Козелков О.В.

*Казанский государственный энергетический университет, Казань,
Российская Федерация*

Ключевые слова: нейронные сети, параметры, протонная, магнитная, резонансная, релаксометрия.

Аннотация. Проведены исследования по возможности использование искусственных нейронных сетей для контроля достоверности и надежности измерений методом протонной магнитной резонансной релаксометрии на релаксometре ПМР-NP2. Получены критерии контроля достоверности измерений свойств нефтяных дисперсных систем релаксometром протонного магнитного резонанса при использовании нейронных сетей для анализа нефтей.

USE OF THE ARTIFICIAL NEURON NETWORKS FOR TRUSTWORTHY CONTROL OF THE OIL DISPERSE SYSTEMS PROPERTIES MEASUREMENTS BY RELAXOMETER OF PROTON MAGNETIC RESONANCE

Ovseenko G.F., Kashaev R.S., Kozelkov O.V.

Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russian Federation

Keywords: neuron networks, parameters, proton, magnetic, resonance, relaxometry.

Abstract. Studied the opportunities of artificial neuron networks use in control of the trustworthy and reliability of the parameters obtained by method of proton magnetic resonance relaxometry on the Relaxometer NMR-NP2. Received the trustworthy criteria for the measurements of the oil disperse systems properties by proton magnetic resonance at using neuron networks for oils analysis.

Распоряжение правительства Российской Федерации №1632 о «создании экосистемы цифровой экономики на базовых направлениях: новые производственные технологии и компоненты робототехники», актуализирует создание цифрового месторождения (ЦМ) с контролем и управлением нефтедобычи и подготовки сырья с экспресс-контролем автоматизированным многопараметрическим аппаратно-программным комплексом (АМАПК) [1] характеристик СКЖ, нефти и воды, а также окружающей среды. Целью работы является повышение достоверности измерений АМАПК цифровыми методами через искусственные нейронные сети (ИНС), главным преимуществом которых является возможность обучения, в ходе которого исключая «промахи» и «шумы», определяются связи между параметрами и делается вывод об их достоверности. Нами вводится понятие недостоверности измерений характеристик нефтяных дисперсных систем (НДС) – скважинной жидкости, нефти и сточных вод по ПМР-параметрам: временам спин-

спиновой релаксации T_{2Ai} , T_{2Bi} , T_{2Ci} , населенностям протонов P_{2Ai} , P_{2Bi} , P_{2Ci} , и амплитудам сигналов спин-эхо A_{Ai} , A_{Bi} , A_{Ci} , как выход общей погрешности измерения δ_i за допустимые границы. В качестве δ_i может быть взят одно или несколько свойств НДС – расход, влажность, плотность, вязкость, дисперсное распределения капель воды и нефти.

Контроль достоверности измерений релаксметром ПМР в составе АМАПК[2] осуществляется используя метод контроля функционирования измерительной системы по технологии клиент-сервер [3]. Клиентская часть располагается на месте нахождения АМАПК. Серверная часть системы располагается на персональном компьютере

Алгоритм работы системы контроля функционирования комплекса измерения ПМР-параметров, использующего ИНС, состоит в следующем.

1. В информационную сеть посылается команда запомнить текущие экспериментальные вектора измерений ПМР-параметров:

$$N_{ij}=[T_{2Ai}, T_{2Bi}, T_{2Ci}, P_{2Ai}, P_{2Bi}, P_{2Ci}, A_{Ai}, A_{Bi}, A_{Ci}], \quad (1)$$

где $j = A, B, C$ – молекулярные фазы, соответствующие ПМР-параметрам.

2. Данные многопараметрического вектора измерений N_{ij} обрабатываются по формулам разделения огибающей сигналов спин-эхо на компоненты:

$$A_i = \sum A_{0j} \exp(-t/T_{2j}), \text{ где } j = A, B, C, \quad (2)$$

$$\ln(A_i/A_0) = -t/T_{2i} + \ln A_i. \quad (3)$$

Разности экспериментальных значений N_{ij} вычисленных по уравнениям (2, 3) ПМР-параметров с модельными теоретическими значениями N_{ijT} образуют текущий вектор N_{it} :

$$N_{it} = [|A_{2AЭ} - A_{2AT}|, |A_{2AЭ} - A_{2AT}|, |A_{2AЭ} - A_{2AT}| |T_{2AЭ} - T_{2AT}|, |T_{2BЭ} - T_{2BT}|, |T_{2CЭ} - T_{2CT}|, |P_{2AЭ} - P_{2AT}|, |P_{2AЭ} - P_{2AT}|, |P_{2AЭ} - P_{2AT}|, |.]. \quad (4)$$

3. Вектор N_{it} обрабатывается ИНС для определения соответствия режиму работы релаксметра ПМР и вывода заключения о работе релаксметра в виде вектора $N_{out} =$ [«Норма», «Неправильно» и «Неопределенность»].

4. Результаты контроля выводятся на монитор оператора, а также сохраняются в базе данных для принятия дальнейших решений.

Контроль состояния режима работы АМАПК производится сравнением измеряемых параметров ПМР-релаксации N_{ij} с теоретическими значениями N_{ijT} параметров, получаемых путем аппроксимаций огибающей кривых сигналов спин-эхо по каждой протонной фазе. Отклонение параметров представляется в виде:

$$\alpha_N = (N_{ij} - N_{ijT}) \cdot 100\%. \quad (5)$$

Очевидно, что правильное функционирование релаксметра ПМР соответствует значению α_N близкое к нулю, а также, когда $|\alpha_N| \leq 3\sigma$, где σ – среднеквадратическое отклонение.

Для применения полученных зависимостей с целью определения достоверности ПМР-параметров надо определить функцию зависимости для контроля режимов релаксметра АМАПК, наиболее подходящую для данного

случая. Математическую модель для нормального стандартного отклонения $\sigma_{\text{норм}}$ решено искать в виде универсальной степенной зависимости, описываемой в работе [4]. Методом Крамера, получено:

$$\sigma_{\text{норм}} = 0,65N_{\text{норм}}^{-0,12} \quad (6)$$

Для решения задачи верификации текущего многопараметрического измерения использован математический пакет Statistica 10, позволяющий формировать искусственные нейронные сети разной конфигурации.

Список литературы

1. Rosendahl T., Hepso V. Integrated Operations in the Oil and Gas Industry: Sustainability and Capability Development. – IGI Global, 2012. – 457p.
2. Козелков О.В., Кашаев Р.С. Приборные и мехатронные комплексы в нефтяной промышленности и энергетике. – Махачкала: Апробация, 2019. – 112 с.
3. Солдатов А.А. Информационно-измерительная система контроля функционирования комплекса многопараметрического учета распределенного энергопотребления на основе искусственной нейронной сети: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.11.16 / Солдатов Антон Александрович. – Казань: Казан. нац. исслед. техн. ун-т им. А.Н. Туполева, 2018. – 22 с.
4. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 573 с.

References

1. Rosendahl T., Hepso V. Integrated Operations in the Oil and Gas Industry: Sustainability and Capability Development. – IGI Global, 2012. – 457p.
2. Kozelkov O.V., Kashaev R.S. Instrument and mechatronic complexes in oil industry and energetic. – Makhachkala: Approbation, 2019. – 112 p.
3. Soldatov A.A. Information and measurement system for monitoring the functioning of a complex of multiparametric accounting of distributed energy consumption based on an artificial neural network: abstract diss. ... cand. of tech. sc.: 05.11.16 / Soldatov Anton Aleksandrovich. – Kazan: Kazan. nat. research. tech. un-ty n.a. A.N. Tupolev, 2018. – 22 p.
4. Kremer N.Sh. Theory of probability and mathematical statistics. – M.: UNITY-DANA, 2004. – 573 p.

Овseenko Галина Анатольевна – аспирант	Ovseenko Galina Anatolyevna – post graduate
Кашаев Рустем Султанхамитович – доктор технических наук, профессор	Koshaev Rustem Sultankhamitovich – doctor of technical sciences, professor
Козелков Олег Владимирович – кандидат технических наук, доцент	Kozelkov Oleg Vladimirovich – docent, candidate of technical sciences
Kashaev2007@yandex.ru	

Received 12.09.2022