

Для написання програмного продукту було обрано мову програмування *Java*. Це зв'язано насамперед с тим, що дана мова програмування має всі необхідні функції та набори бібліотек для написання даного програмного додатку. Головним аргументом при виборі цієї мови є і те, що вона забезпечує безперерйну роботу програми, що є дуже важливим оскільки виробництво на шахті безперервне і на основі результатів роботи даного програмного додатку, ЛПР буде прийматися рішення про безпеку ведення робіт в шахті. Завдяки тому, що програми на мові *Java* виконуються в середині *JVM*, вони мають достатній захист від зовнішніх втручань. Важливою обставиною є мультиплатформенність мови *Java*, що дозволить при зміні архітектури комп'ютера без зайвих проблем продовжити роботу програми на ньому.

ВИСНОВКИ

Таким чином в роботі на підставі методики прогнозу за акустичною емісією гірничого масиву безпечності підземного вуглевидобутку в умовах глибоких шахт визначена структура та алгоритм функціонування автоматизованої підсистеми прогнозування безпечного ведення гірничих робіт на пластах, що схильні до газодинамічних явищ. Застосування автоматизованої системи дозволить забезпечити безпеку ведення робіт на шахті та дозволить збільшити виробітку вугільного пласта за умови сприятливого прогнозу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гавриленко Ю. Н., Папазов Н. М., Морозова Т. В. Динамика оседания земной поверхности при большой глубине разработки и высокой скорости подвигания забоя. // Проблемы прського тиску. Донецьк: 2000. №4. С. 108–119.
2. Кольчик Е. И., Ревва В. Н., Кольчик И. Е., Софийский К. К., Кольчик А. Е. Влияние подземной разработки угольных пластов на смещение земной поверхности. *Геотехническая механика*. Днепропетровск: 2008. Вып. 74. С. 118–130.
3. Долгов П. В., Полянина Г. Д., Земсков А. И. Методы прогноза и предотвращения газодинамических явлений в калийных рудниках. Адма-Ата: Наука, 1987. 176 с.

ФУНКЦІЯ ПРИНАЛЕЖНОСТІ ДЛЯ АЛГОРИТМУ ВИЯВЛЕННЯ ВОДЯНОЇ ПАРИ У ТЕПЛОНОСІЇ ПЕРШОГО КОНТУРУ АЕС З РЕАКТОРОМ ВВЕР-1000

Медведєв Р. Б., Складаний Д. М., Крайнік А. Р.

ФУНКЦИЯ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ АЛГОРИТМА ВЫЯВЛЕНИЯ ВОДНОГО ПАРА В ТЕПЛОНОСИТЕЛЕ ПЕРВОГО КОНТУРА АЭС С РЕАКТОРОМ ВВЭР-1000

Медведев Р. Б., Складанный Д. М., Крайник А. Р.

THE MEMBERSHIP FUNCTION FOR THE ALGORITHM OF THE STEAM DETECTION IN THE PRIMARY CIRCUITS HEAT CARRIER AT THE NPP WITH THE VVER-1000 REACTOR

Medvedev R. B., Skladanny D. M., Krainick A. R.

Кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
skl_den@ukr.net

На основі даних про хімічний склад теплоносія в першому контурі АЕС з ВВЕР-1000 визначено верхню та нижню межі його електропровідності. За розрахованими значеннями електропровідності за відсутності борної кислоти у розчині, запропоновано два можливих варіанти функції приналежності. Ці функції будуть використані у алгоритмі визначення наявності пари у теплоносії.

Ключові слова: реактор ВВЕР-1000, перший контур, електропровідність, функція приналежності

На основе данных о химическом составе теплоносителя в первом контуре АЭС с ВВЭР-1000 определены верхняя и нижняя границы его электропроводности. По рассчитанным значениям электропроводности при отсутствии борной кислоты в растворе, предложено два возможных варианта функции принадлежности. Эти функции будут использованы в алгоритме определения наличия паров в теплоносителе.

Ключевые слова: реактор ВВЭР-1000, первый контур, электропроводность, функция принадлежности

Based on the data of the chemical composition of the primary circuits' heat carrier at the NPP with WWRP-1000, the upper and lower limits of its electrical conductivity are determined. According to the calculated of electrical conductivity values, without the boric acid in the solution, two possible variants of the membership function are proposed. This function could be useful in the algorithm for determining the steam presence in the heat carrier.

Keywords: VVER-1000 reactor, primary circuit, electrical conductivity, membership function

ВСТУП

Перший контур теплоносія АЕС, яка використовує водо-водяні реактори, зазвичай містить воду, яка знаходиться під тиском 16 МПа, а температура води першого контуру складає $312 \div 325$ °С. Крім того перший контур є радіоактивним. Всі зазначені обставини значно ускладнюють спостереження за станом зазначеного теплоносія [1].

В результаті роботи системи компенсації тиску, або об'єму, що є невід'ємною складовою першого контуру АЕС з водо-водяними реакторами, в першому контурі можуть утворюватися прошарки пари, що призводить до пульсуючих змін параметрів теплоносія і несе небезпеку для обладнання першого контуру реактора. Тому виявлення і усунення пари з теплоносія є важливою і актуальною задачею.

ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ ТЕПЛОНОСІЯ ПЕРШОГО КОНТУРУ АЕС З ВВЕР-1000

У якості початкових даних для визначення електричної провідності теплоносія першого контуру, використаємо дані калій-аміачного режиму при борному регулюванні. Показники цього режиму зведено у таблицю 1 [2]. Для визначення електропровідності теплоносія визначимо електропровідність кожного компоненту розчину окремо.

Показник електропровідності чистої води визначається за формулою [3]:

$$k = 10^{-3} \cdot \Lambda_0 \cdot K_w^{\frac{1}{2}} \cdot p \quad (1)$$

де k – електролітична провідність води; K_w – іонний добуток води; p – щільність іонів води; Λ_0 – молярна провідність іонів $H^+ + OH^-$ у воді. За

розрахунками, проведеними у наведеному джерелі, за даної температури електрична провідність води становитиме $0.00024 \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{м}$.

Таблиця 1. Показники калій-аміачного режиму при борному регулюванні для ВВЕР

Показник	Нормоване значення
Калій, мг/кг	$2,5 \div 12$
Аміак, мг/кг	> 5
Гідроген, норм, мл/кг	$30 \div 60$
Кисень, мг/кг	$< 0,01$
Хлорид-іон, мг/кг	$< 0,1$
Борна кислота, г/кг	< 16

Показник електропровідності калію можна визначити з діаграми, наведених у [4]. Для розчинів іонів калію у концентраціях, які не перевищують 12 мг/кг ($2 \cdot 10^{-4}$ моль/л) наближена до нуля і нею можна знехтувати. Показник електропровідності аміаку для концентрацій до 0.1 моль/л є константою яка дорівнює $0,1723 \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{м}$ [5]. Показник електропровідності гідрогену та кисню рівні нулю для усіх температур середовища, які не перевищують $5000 \text{ }^{\circ}\text{К}$ [5]. Показник електропровідності хлорид-іонів для концентрації $0,1 \text{ мг/кг}$ дорівнюватиме $0,3368 \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{м}$ [6].

Показники електропровідності борної кислоти експериментально дослідженні та зведенні до таблиць у роботі [7]. Для розчинів борної кислоти концентрацією 16 г/кг за температур, близьких до $320 \text{ }^{\circ}\text{С}$, її електрична провідність дорівнюватиме $8000 \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{м}$. Ця величина значно (на чотири порядки) перевищує електричні провідності усіх інших компонентів розчину. Проте, слід зауважити, що борна кислота вводиться у розчин першого контуру лише за необхідності в результаті процедури, відомої як «борне регулювання», і до проведення такого регулювання борна кислота в теплоносії відсутня. Таким чином, у випадку, якщо борне регулювання проводилося і у теплоносії першого контуру присутня борна кислота, проблема виявлення водної пари шляхом вимірювання електричної провідності має очевидне вирішення.

За відсутності борної кислоти в теплоносії, електропровідність теплоносія першого контуру АЕС з реактором ВВЕР-1000 розрахунково знаходиться в межах від $0,1725$ до $0,5093 \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{м}$.

ПОБУДОВА ФУНКЦІЇ ПРИНАЛЕЖНОСТІ

Задача побудови функції приналежності для досліджуваної проблеми, очевидно, має сенс лише у випадку відсутності борної кислоти у теплоносії. Побудована функція приналежності має, на нашу думку, відповідати таким вимогам:

- для максимального значення електропровідності теплоносія ($0,5093 \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{м}$) значення функції приналежності повинно бути строго рівне одиниці;
- для середнього значення електропровідності теплоносія ($0,3409 \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{м}$) значення функції приналежності повинно не суттєво відхилятися від одиниці;
- для мінімального значення електропровідності теплоносія ($0,1725 \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{м}$) значення функції приналежності не повинно бути нижчим за $0,9$;
- для нульового значення електропровідності, значення функції приналежності не повинно бути строго рівне нулю.

Найкраще, на нашу думку, таким вимогам буде відповідати Z-подібна функція приналежності вигляду:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0,205 \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos\left(\frac{x-0,205}{-0,185} \pi\right), & 0,205 \geq x \geq 0,02 \\ 0, & x < 0,02 \end{cases}; \quad (2)$$

Альтернативним варіантом може бути сигмоїдальна функція вигляду:

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \exp(90 \cdot (x - 0,11))}, \quad (3)$$

Графіки цих функцій наведено на рисунку 1.

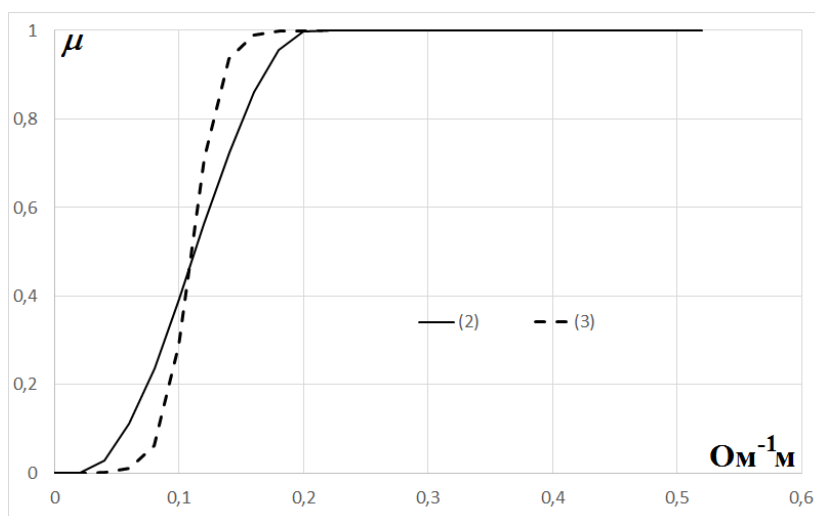


Рис. 1. Графіки обраних функцій приналежності

ВИСНОВКИ

Обрані функцій приналежності, на нашу думку, можна використати у контурах контролю стану теплоносія першого контуру АЕС з ВВЕР-1000. Числові коефіцієнти функцій можуть уточнюватися під час впровадження на реальному об'єкті. Сигмоїдальна функція є простішою у користуванні, проте вона має незначні відхилення від сформованих для побудови вимог.

ЛІТЕРАТУРА

1. Монахов О. С. Атомні електричні станції і їх технологічне обладнання. Москва: Энергоатомиздат, 1986. 38 с.
2. Пічал М. Електролітична провідність води. Каліфорнія, 1990. 7 с.
3. Алеброд Ф. Інтернаціональний журнал водневої енергії. Фредерісбург, 2012. 10 с.
4. Щербаков В. В., Артемкина Ю. М. Электропроводность систем гидроксид щелочного металла – вода. *Журнал неорганической химии*, 2010. Том 55. с. 1034-1036.
5. Морріс Д.С. Вимірювання електричної та теплової провідності водню, азоту і аргону при високих температурах / Д.С. Морріс, Р.П. Рудіс. – Америка, 1970 – 617 с.
6. Пеінадо-Гуевера Г. Зв'язок між концентрацією хлориду та електропровідністю у воді. Сіналоа, 2012. 239 с.
7. Хо П. С., Палмер Д. А. Электропроводность борной кислоты при 25-350 °С. Тенесси, 1995. 74 с.