

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРО-НЕЧІТКОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ЗАДАЧАХ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ СИСТЕМАМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

П.Д.Лежнюк, О.О.Рубаненко

Вінницький національний технічний університет, Україна, м. Вінниця, Хмельницьке шосе; 95,
epss@energo.vsty.vinnica.ua

Рассматривается применение методов нечеткого моделирования для решения энергетических задач, таких как управление сложными системами в условиях неполноты входных данных. Построение математических моделей, реализующих алгоритм Мамдани и Сугено, позволило исследовать процессы изменения коэффициента качества функционирования трансформаторов систем электроснабжения в зависимости от их остаточного ресурса и влияния на потери.

Application of methods of unclear design is considered for the decision of power tasks, such as the management by the difficult systems in the conditions of incompleteness of data. The construction of mathematical models which will realize the algorithm of Mamdani and Sugeno allowed to explore the processes of change of coefficient of quality of functioning of transformers of SE depending on their remaining resource and influence on the losses.

Вступ

Існуючі в Україні втрати електричної енергії є неприпустимо високими, враховуючи нишній гострий дефіцит енергоносіїв в країні, а також всі чинники, які впливають на рівень втрат електроенергії при її транспортуванні. Керування нормальними режимами систем електропостачання (СЕ) за допомогою регульованих пристроїв займає важливе місце серед заходів зменшення втрат електроенергії в СЕ. Наявність технічних можливостей і відповідного програмного забезпечення дає змогу розраховувати на суттєвий техніко-економічний ефект від їх використання. Ефект від керування нормальними режимами СЕ визначається результатами практичної реалізації оптимальних режимів, що плануються. Однак внаслідок складності СЕ, швидкої і частой зміну умов експлуатації на практиці не забезпечується повна відповідність фактичних та розрахованих оптимальних режимів СЕ. Таким чином, запланований ефект досягається не повністю і вкладені додаткові кошти в розподільні пристрої (РП) залишаються не виправданими. У зв'язку з цим виникає необхідність у подальшому удосконаленні технічних пристроїв і системи оптимального керування потоками, потужностями і рівнем напруги в СЕ [1].

З метою автоматизації процесів управління режимами роботи електроенергетичних систем доцільно використовувати методи нечіткого моделювання.

Метою роботи є побудова математичних моделей, які реалізуються алгоритмом Мамдани, які б дали змогу дослідити процеси зміни коефіцієнта якості функціонування трансформаторів СЕ залежно від їх залишкового ресурсу та впливу на втрати.

В процесі функціонування СЕ піддається малим та великим зовнішнім впливам, на які СЕ реагує зміною параметрів режиму. Все це призводить до неоптимальності нормальних режимів неоднорідних СЕ, яка породжує цілу

низку негативних явищ [2]. Тому проводяться різні заходи з оптимізації режимів СЕ, які дають змогу підвищити економічність і надійність роботи електроенергетичної системи в цілому. В процесі реалізації заходів з оптимізації режимів СЕ завжди постає питання про черговість їх проведення, а також щодо їх ефективності загалом.

Згадувані оптимізаційні заходи вимагають подальшого дослідження та аналізу чутливості до них критерію оптимальності. Потрібно здійснювати відносну оцінку впливу окремих оптимізуючих параметрів, які повинні ранжуватися за мірою впливу на критерій оптимальності, а також має визначитися їх роль і місце у процесі оптимізації. Таким чином, постає задача, вирішення якої можливе за допомогою вдосконалення оптимального керування нормальними режимами СЕ шляхом врахування чутливості критерію оптимальності до параметрів режиму.

Існує низка чинників, котрі не враховуються або не можуть бути враховані в програмах оптимізації режимів СЕ. До них відносяться: надійність РП, дискретність їх параметрів, неточність і невизначеність вихідних даних та ін. Ці чинники впливають на ефективність реалізації визначених оптимальних розв'язків при оптимальному керуванні в СЕ. Тому висока точність, з якою здійснюються оптимізаційні розрахунки, суперечить реальним умовам роботи СЕ. Згадані вище чинники можуть бути враховані при аналізі оптимальних розв'язків на чутливість. В багатопараметричних задачах оптимальності і задачах аналізу чутливості їх оптимальних розв'язків виникають певні труднощі, пов'язані з тим, що область нечутливості критерію оптимальності формується не одним, а багатьма параметрами. Тоді області оптимальності окремих параметрів визначаються на підставі розподілу допусків на керуючі параметри при заданому відхиленні критерію оптимальності від його екстремальних значень.

Відповідність поточного й оптимального значень критерію оптимальності в СЕ досягається за рахунок інтенсивності роботи РП. Це призводить до швидкого використання їх технічного ресурсу РПН, зниження надійності функціонування і, як наслідок, призводить до відмов і збитків, іноді співрозмірних і навіть більших за техніко-економічний ефект, який досягається в результаті оптимізації. Тому необхідно розробляти математичні моделі для оптимального керування нормальними режимами ЕЕС із врахуванням чутливості втрат потужності до напруги в вузлах. Це дасть змогу більш ефективно використовувати трансформатори з регулятором під напругою (РПН) для зменшення втрат електроенергії під час її транспортування.

Використовувати нечітке моделювання при вирішенні задач управління рекомендується: для дуже складних процесів, коли не існує простої математичної моделі; для нелінійних процесів високих порядків; якщо повинна проводитися обробка (лінгвістично сформульованих) експертних знань [3].

В задачах диспетчерського управління нечіткість проявляється на етапі інтуїтивного (нечіткого) формування диспетчером висновку про якість функціонування обладнання за допомогою якого диспетчер планує підтримувати оптимальний режим роботи енергосистеми. Якість їх функціонування залежить від залишкового ресурсу трансформатора та впливу трансформатора на забезпечення оптимального режиму в даний момент часу. Однак, вагу кожного з цих показників диспетчер визначає не за допомогою чіткого аналітичного виразу, а виходячи з власного досвіду. Так, наприклад, відомо, що ресурс трансформатора безперервно зменшується на 4% на рік за відсутності аварійних ситуацій [4]. Різні аварійні ситуації додатково зменшують ресурс, але по-різному – залежно від їх виду і обставин, за яких вини виникають.

Аварійні ситуації не чітко прогнозовані і здебільшого мають випадковий характер. Зміна навантаження, яка визначає режим роботи, лише частково передбачена, тому чимало споживачів не дотримуються заздалегідь визначеного графіка навантаження.

Режим також може змінюватись при виникненні випадкових аварій, ненормальних режимів, тому дані про зміну режиму також нечіткі. Це пояснює можливість використання методів нечіткого висновку і нечіткого моделювання для вирішення задач оптимального керування режимами СЕ.

Основні етапи побудови систем інтелектуального управління на основі нечіткої логіки [5]:

1. Визначення входів і виходів створюваної системи;
2. Визначення для кожної з входних і вихідних змінних функції приналежності;
3. Розробка бази правил для нечіткої системи, що реалізовується;
4. Вибір і реалізація алгоритму нечіткого логічного висновку;

5. Аналіз результатів роботи створеної системи (з'ясування того, наскільки розроблена модель адекватна реальності).

В роботі розглядається задача автоматизованого управління режимами роботи енергосистеми.

З метою забезпечення мінімальних втрат електроенергії і зменшення відмов в роботі РПН трансформаторів при підтриманні оптимального режиму в енергосистемі.

За допомогою системної автоматики і регістраторів параметрів режиму, таких як Регіна і Рекон, диспетчер отримує інформацію про втрати в мережах, а від мікропроцесорних пристроїв контролю – показники ресурсу РПН. На базі цієї інформації диспетчер повинен приймати рішення про те, яким трансформатором необхідно зробити перемикання. На прийнятті рішення впливає:

1. Ефективність впливу місця розташування трансформатора (на якій підстанції) в енергосистемі на підтримання оптимального режиму;

2. Ресурс трансформатора;

3. Кількість перемикань, які потрібно зробити для підтримання оптимального режиму.

Однак, ступінь впливу цих показників на прийнятті рішення не однакова. Режим роботи змінюється безперервно відповідно до навантаження споживача.

Щоб зменшити кількість перемикань, пов'язаних з режимом, вводиться зона нечутливості. Тому відновлення режиму з точки зору зменшення втрат виконуються дискретно – шляхом перемикання витків трансформатора.

Кількість перемикань РПН трансформатора також залежить від режиму і не є постійною величиною в часі, але впливає на ресурс РПН і трансформатора в цілому.

Вплив кожного з цих чинників на прийнятті диспетчером рішення про використання того чи іншого трансформатора не є чітко визначеним на сьогодні.

Рішення диспетчером приймається, виходячи з власного досвіду. При цьому враховуються наступні умови:

1. Перемикання потрібно здійснювати найбільш надійним трансформатором, оскільки пошкодження трансформатора під час перемикань призводить до більших збитків, ніж робота енергосистеми в неоптимальному режимі на час ремонту трансформатора.

2. Вимикання найнадійнішого трансформатора для підтримання режиму не завжди забезпечує оптимальний режим роботи, тому що трансформатор може бути нечутливим для підтримання режиму в даний момент.

3. Розрахункова кількість перемикань для підтримання оптимального режиму для одного трансформатора переводить в режим з аварійним залишковим ресурсом, а для іншого – лише незначним чином зменшує ресурс.

За таких умов пропонується перемикання здійснювати таким трансформатором, у якому коефіцієнт якості функціонування найкращий за умови врахування цих критеріїв [6, 7]. Однак

відсутність аналітичного виразу, який би дозволив чітко визначити цей інтегральний показник дає змогу використовувати нечітке моделювання з метою визначення коефіцієнта якості функціонування трансформаторів.

На сьогодні пропонується для розв'язку задачі оптимального керування використовувати можливості MATLAB.

Для фрагменту схеми СЕ 110-750 Південно-Західної енергетичної системи (ПЗЕС) проведено розрахунок усталеного і оптимального режиму за допомогою програмного комплексу АЧП. При оптимальному режимі – втрати активної потужності в системі становлять 11.14 МВт, а, при усталеному 13.8 МВт. Залежність втрат активної потужності від коефіцієнту трансформації в абсолютних одиницях наведена за результатами розрахунків в АЧП на рисунку 1.

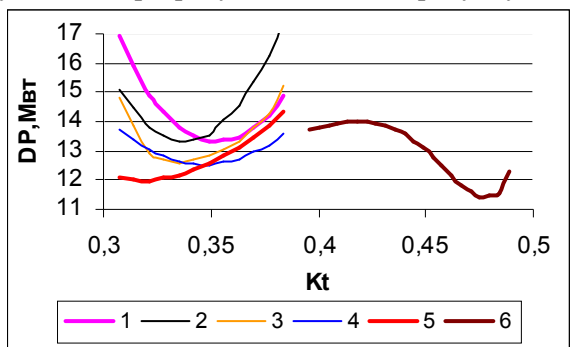


Рисунок 1 – Залежність втрат активної потужності від коефіцієнта трансформації

За результатами обчислювального експерименту з варіюванням коефіцієнтів трансформації трансформаторів СЕ побудовані критеріальні залежності. З аналізу цих залежностей видно, що відхилення коефіцієнтів трансформації 4, 1, від їх оптимальних значень практично не впливає на міру оптимальності втрат електроенергії в системі (знаходиться в межах нечутливості 5%). Тому коригування нормальними режимами доцільно здійснювати лише трансформаторами 3, 2, 5, 6. Але всі трансформатори мають різний коефіцієнт якості функціонування. Від якості функціонування трансформатора залежить скільки перемикачів ним доцільно здійснювати за певний період часу.

Диспетчеру важко зробити вибір, враховуючи те, що потрібно мінімізувати втрати і забезпечити надійність. За таких умов задачі оптимізації доцільно застосовувати програмний комплекс MATLAB. Скористаємось моделлю Мамдані, яка зображена на рис. 2.

База правил для побудови моделі за алгоритмом Мамдані :

■ Якщо $K_{res1} = \min$; $K_{res2} = \min$; $K_{res3} = \min$; $K_{res4} = \min$; $K_{res5} = \min$; $K_{res6} = \min$; $K_{vtrat1} = \min$; $K_{vtrat2} = \min$; $K_{vtrat3} = \min$; $K_{vtrat4} = \min$; $K_{vtrat5} = \min$; $K_{vtrat6} = \min$, то $K_{iak_fun1} = \min$; $K_{iak_fun2} = \min$; $K_{iak_fun3} = \min$; $K_{iak_fun4} = \min$; $K_{iak_fun5} = \min$; $K_{iak_fun6} = \min$. Кількість правил змінювалась від 6 до 16 .

■ 20% похибка при 6 правилах.

■ 14% похибка при 16 правилах.

Структура моделі задається нечіткою базою знань, яка представляється сукупністю лінгвістичних правил типу «ЯКЩО-ТО». Налаштування моделі зводиться до пошуку таких її параметрів, які забезпечують найменше відхилення між експериментальними даними і результатами логічного висновку. База нечітких знань зазвичай будується за допомогою експертів, які формують сукупність «зважених» правил необхідного змісту та необхідної кількості (з їх точки зору), визначають лінгвістичні терми для описування вхідних змінних, вибирають відповідні їм функції належності і призначають значення їх змінним параметрам. Функції належності призначені для розрахунку ступенів належності значень вхідних змінних до відповідних їм лінгвістичних термів.

Диспетчер може з деякою похибкою передбачити втрати залежно від критерію оптимізації [8,9]. Програмний комплекс АЧП формує залежність коефіцієнта трансформації від навантаження, від кількості перемикачів. Результати розрахунку в АЧП дають можливість сформулювати певні правила, яким користується диспетчер при прийнятті рішень.

Розглянемо задачу знаходження коефіцієнта якості функціонування трансформатора залежно від його впливу на втрати в енергосис-

темі.

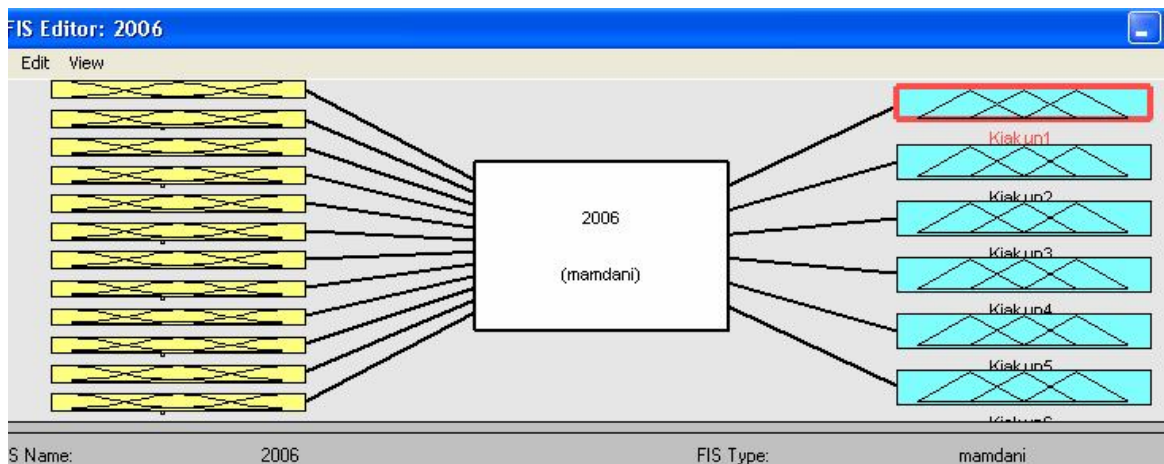


Рисунок 2 – Модель Мамдані

темі та залишкового ресурсу трансформатора. Коефіцієнт якості функціонування трансформатора є комплексним параметром, який враховує не лише можливість трансформатора передавати потужність, а й можливість ефективно впливати на режим енергосистеми. Визначимо коефіцієнт якості функціонування і-того трансформатора за формулою:

$$k_{\text{як-ф.т.і}} = a_1 \cdot k_{\text{втрат}} + a_2 \cdot k_{\text{рес}} \quad (2)$$

де: i – порядковий номер трансформаторів в системі ($i = 1 \div n$); a_1, a_2 – вагові коефіцієнти.

Використання методів нечіткого моделювання базується на визначенні вагових коефіцієнтів на основі життєвого досвіду диспетчера.

Враховуючи вартість ремонтних робіт з ліквідації відмов у роботі автотрансформаторів потужністю 125-200 МВА 330 кВ та тривалість цих робіт (від одного тижня до чотирьох тижнів), знаходимо показник витрат на ремонт трансформаторів $V = V_1 + V_2 = 60 \text{ тис.} + 340 \text{ тис.} = 400 \text{ тис. грн.}$, де: V_1 – вартість робіт, V_2 – вартість матеріалів. Вартість електроенергії – 7 коп./кВт·год. За 2 тижні, які необхідні для виконання середнього ремонту автотрансформатора втрати електроенергії для заданого режиму складуть $4636,8 \cdot 10^3$ кВт·год. Вартість цієї електроенергії складе 322 тис. грн. Тому витрати на ремонт складатимуть 55% від загальної суми витрат, зумовлених пошкодженням трансформатора, а витрати на компенсацію втрат електроенергії – 45% (322 тис. грн.). Тому вагові коефіцієнти – $a_1 = 0,45$ $a_2 = 0,55$; $k_{\text{втрат}}$ – коефіцієнт впливу відмов трансформатора на зростання втрат; $k_{\text{рес}}$ – коефіцієнт ресурсу, визначає залишковий ресурс трансформатора (може змінюватись від 1 до 0). Це зумовлено зношу-

ванням окремих вузлів трансформатора під час експлуатації (контактів контактора, вибирача і передвибирача РПН, ізоляції та інших).

Коефіцієнт втрат знаходиться за виразом:

$$k_{\text{втрат}} = \frac{\Delta P_{\text{неопт}} - \Delta P_{\text{опт}}}{\Delta P_{\text{опт}}}, \quad (3)$$

де $\Delta P_{\text{неопт}}$ - зростання втрат потужності внаслідок відмов в роботі трансформатора.

$$k_{\text{рес}} = k_1 \cdot \left(1 - \frac{n_2 - n_1}{n_2}\right) \quad (4)$$

де: n_1 – це кількість потрібних перемикачів РПН трансформатора;

n_2 – це залишкова кількість гарантованих заводом перемикачів РПН трансформатора.

Використовуючи ці дані засобами Matlab в Anfis редакторі будемо нейрону мережу, яка має 12 входів (по 2 на кожний з шести трансформаторів електричної мережі) і 6 виходів, які відповідають шести трансформаторам.

Як бачимо, кожний з виходів відповідає коефіцієнту якості функціонування відповідного трансформатора. Запишемо математичну модель процесу зміни коефіцієнта якості функціонування трансформатора у вигляді системи логічних рівнянь (правил). Розроблена математична модель дає змогу отримати значення коефіцієнтів якості функціонування кожного трансформатора залежно від залишкового ресурсу трансформатора та його впливу на втрати при зміні режиму (рис. 3).

Таблиця 1 – Фрагмент даних для навчальної вибірки

| k1 | k2 | kvuh1 | k1 | k2 | kvuh2 |
|------|------|-------|------|------|-------|
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 0,01 |
| 0,03 | 0,00 | 0,02 | 0,06 | 0,01 | 0,03 |
| 0,05 | 0,01 | 0,03 | 0,08 | 0,01 | 0,04 |
| 0,07 | 0,01 | 0,04 | 0,11 | 0,01 | 0,05 |
| 0,08 | 0,01 | 0,05 | 0,14 | 0,01 | 0,06 |
| 0,10 | 0,01 | 0,06 | 0,17 | 0,02 | 0,08 |
| 0,12 | 0,01 | 0,07 | 0,19 | 0,02 | 0,09 |
| 0,13 | 0,01 | 0,08 | 0,22 | 0,02 | 0,10 |
| 0,15 | 0,02 | 0,09 | 0,25 | 0,03 | 0,12 |
| 0,17 | 0,02 | 0,10 | 0,28 | 0,03 | 0,13 |
| 0,18 | 0,02 | 0,11 | 0,31 | 0,03 | 0,14 |
| 0,20 | 0,02 | 0,12 | 0,33 | 0,03 | 0,15 |
| 0,22 | 0,02 | 0,13 | 0,36 | 0,04 | 0,17 |
| 0,23 | 0,02 | 0,14 | 0,39 | 0,04 | 0,18 |
| 0,25 | 0,03 | 0,16 | 0,42 | 0,04 | 0,19 |
| 0,27 | 0,03 | 0,17 | 0,44 | 0,04 | 0,20 |
| 0,28 | 0,03 | 0,18 | 0,47 | 0,05 | 0,22 |
| 0,30 | 0,03 | 0,19 | 0,50 | 0,05 | 0,23 |

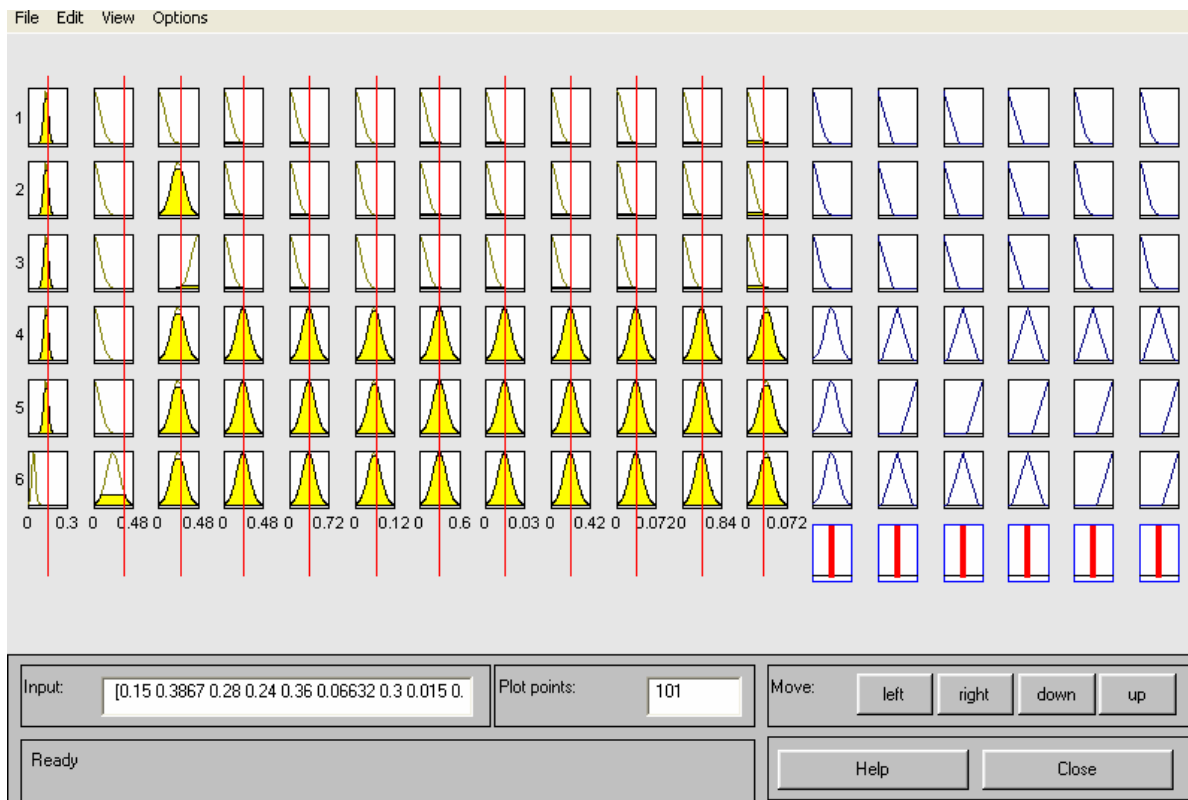


Рисунок 3 – Результати розрахунків

Наприклад, для 1 трансформатора якщо $k_{рес} = 0,15$, $k_{втрат} = 0,015$, то $k_{як-ф.т. i} = 0,031$; для 2 трансформатора якщо $k_{рес} = 0,24$, $k_{втрат} = 0,024$, то $k_{як-ф.т. i} = 0,038$; для 3 трансформатора якщо $k_{рес} = 0,30$, $k_{втрат} = 0,06$, то $k_{як-ф.т. i} = 0,0633$; для 4 трансформатора якщо $k_{рес} = 0,3$, $k_{втрат} = 0,015$, то $k_{як-ф.т. i} = 0,057$; для 5 трансформатора якщо $k_{рес} = 0,21$, $k_{втрат} = 0,036$, то $k_{як-ф.т. i} = 0,05$; для 6 трансформатора якщо $k_{рес} = 0,42$, $k_{втрат} = 0,036$, то $k_{як-ф.т. i} = 0,105$. Як бачимо, трансформатори за критерієм коефіцієнта якості функціонування розташувались в такій послідовності: Т6,Т3,Т4,Т5,Т2,Т1. Змінивши $k_{рес}$ для 6 трансформатора на 0,31 при $k_{втрат} = 0,036$, отримаємо $k_{як-ф.т. i} = 0,071$. При цьому трансформатори перерозташувались в такій послідовності: Т4,Т3,Т6,Т5,Т2,Т1. Як бачимо, за відсутності розробленої моделі такий результат передбачити було не можливо.

Висновки

Проведені дослідження свідчать, що використання методів нечіткого моделювання і нейронних мереж при вирішенні задач критеріального програмування дозволяє знаходити оптимальні рішення по вибору трансформаторів СЕ, які мають найкращий коефіцієнт якості функціонування на момент зміни режиму. Нечітке моделювання є перспективним напрямком вирішення енергетичних задач, таких як управління складними системами в умовах неповноти вхідних даних. Побудова математичних моделей, які реалізують алгоритм Мамдані, дозволила дослідити процеси зміни коефіцієнта

якості функціонування трансформаторів СЕ залежно від їх залишкового ресурсу та впливу на втрати.

Література

- 1 Лежнюк П.Д. Аналіз чутливості оптимальних рішень в складних системах критеріального методом. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 131 с.
- 2 Лизунова С.Д., Лоханина А.К. Силовые трансформаторы. Справочная книга. – М.: Энергоиздат, 2004. – 616 с.
- 3 Рубаненко О.О., Лежнюк П.Д. Використання методів нечіткого моделювання у задачах критеріального програмування // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2006. – № 1(5). – С.17-22.
- 4 ГОСТ 11677-85 Трансформаторы силовые. Общие технические условия.
- 5 Леоненков А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб. БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.
- 6 Лежнюк П.Д., Рубаненко О.С., Жук І.А. Визначення якості функціонування силових трансформаторів // Контроль і управління в складних системах. (КУСС-2005): Тези доповідей 8-ї міжнародної конференції. м. Вінниця, 24-27 жовтня 2005 року. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – С. 160.
- 7 Лежнюк П.Д., Рубаненко О.С., Жук І.А. Діагностування силових трансформаторів з використанням нечітких множин // Вісник ВП. – 2005. – №1. – С.43-51.

8 Рубаненко О.О., Лежнюк П.Д. Використання методів нечіткого моделювання в задачах електроенергетики // XIII Міжнародна конференція з автоматичного управління (Автоматика-2006): Тези доповідей тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2006. – С. 91.

9 Рубаненко О.О., Лежнюк П.Д. Динамічне коригування умов оптимальності нормальних режимів ЕЕС засобами нейро-нечіткого моделювання // Матеріали I-ї міжнародної науково-технічної конференції „Підвищення рівня ефективності енергоспоживання в електротехнічних пристроях і системах” / РВВ ЛДТУ. – 2006. – С. 63.

УДК 622.244.422

ОПТИМАЛЬНА ПОДАЧА ПРОМИВАЛЬНОЇ РІДИНИ НА ВИБІЙ ПРИ БУРІННІ СВЕРДЛОВИНИ

Чудик І. І., ¹Бабій Р. Б.

ІФНТУНГ, 76019, Івано-Франківськ, Карпатська, 15, тел. (03422) 45560, chudoman@ukr.net.

¹Управління розвідувального і експлуатаційного буріння, ДАТ "Чорноморнафтогаз", Порт Чорноморськ, АР Крим, тел/факс (06558) 92-804, rbabiy@gas.crimea.ua

Приведен анализ факторов, влияющих на очистку забоя скважины при бурении. В зависимости от концентрации шлама, его размеров и механической скорости бурения проведено исследование процесса выноса шлама из скважины и скорость его подъема. Намечены дальнейшие исследования.

The analysis of factors that influence the well bottom cleaning by drilling is adduced. Depending on mud concentration, its sizes and rate of penetration the investigation of cutting lifting process and rate of mud climb is carried out. Perspectives of further investigation in this direction are planned.

Механічна швидкість буріння свердловин суттєво залежить від процесу очищення вибою та своєчасного видалення уламків гірської породи в кільцевий простір, якнайдалі від зони дії породоруйнівного інструменту. У процесі поглиблення свердловини утворюється велика кількість різних за розмірами частинок шламу. Буровий розчин, який подається через промивальні канали долота, завихрює їх і по затрубному просторі піднімає до устя свердловини. Залежно від фізико-механічних властивостей гірської породи, типу долота і режимно-технологічних параметрів об'єм утвореного шламу за одиницю часу може змінюватися у великому діапазоні, що часто зумовлює проблеми його виносу із свердловини. Цьому питанню присвячено низку наукових праць, в яких основна увага приділяється швидкості потоку бурового розчину в кільцевому просторі, який забезпечить винос частинок гірської породи на устя свердловини [1-4]. Якщо вибій і кільцевий простір забруднені частинками шламу, то процес буріння супроводжується заклинюванням долота, затяжками (іноді навіть прихопленням) інструменту, зниженням швидкості буріння та викликає помилкову думку про зустріч долота із твердою чи абразивною гірськими породами. А при поганому очищенні вибою відбувається повторне перемелювання шламу, що і стає причиною зниження проходки на долото, збільшення енергетичних і матеріальних затрат при повному виконанні гідравлічної програми промивання свердловини

Незважаючи на переконливу необхідність збільшення подачі на вибій бурового розчину з метою очистки його від шламу, існує низка суттєвих недоліків [3]:

1. Підвищується диференційний тиск на вибій свердловини за рахунок зростання гідравлічних затрат у кільцевому просторі.
2. Інтенсифікується процес розмивання стінок свердловини до утворення каверн і жолобів.
3. Зростають енергетичні затрати на реалізацію гідравлічної програми промивки.
4. Виникають сильні поглинання бурового розчину і спрацювання елементів бурових насосів, вертлюгів, різьб бурильної колони, насадок долота тощо.

Зважаючи на подані переваги і недоліки промивання свердловини за рахунок великих питомих витрат бурового розчину, використання гідравлічної програми для кожного конкретного випадку повинно відбуватися за компромісним рішенням, яке забезпечить мінімальні матеріальні та енергетичні затрати процесу буріння. З існуючих досліджень по даному напрямку відомо, що при виконанні процесу промивання свердловини витрачається більш, ніж 70% енергії, необхідної для її спорудження [5]. У зв'язку з цим при бурінні свердловин на основі геолого-технічної інформації необхідно проводити складні інженерні розрахунки для вибору правильної стратегії промивання, яка дасть змогу суттєво зменшити витрати паливно-енергетичних ресурсів, а для цього потрібна відповідна методика.