

УДК 621.314.21

ДІАГНОСТУВАННЯ СИЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Жук І.А., інженер

м. Новодністрівськ, Дністрівська ГЕС-2

E-mail: zhuchokster@gmail.com

Рассмотрено построение и использование цифровых моделей определения коэффициента качества функционирования оборудования ГЭС в реальном времени, которые базируются на построении нейронных сетей, самообучающихся на выборках результатов измерений параметров генераторов и силовых трансформаторов. Получается, что применение методов нечеткой логики позволяет повысить информативность расчетов по определению коэффициента качества функционирования ГЭС во время регулирования параметров режима ЕЕС.

Ключевые слова: нечеткое моделирование, нейронные сети, гидрогенераторы, трансформаторы, коэффициент качества функционирования.

Construction and use of digital models for determination of the quality coefficient of HES equipment functioning is considered in real-time. They are based on construction of neurons networks, which are taught on the selections of results of measurement of generators and power transformers parameters. It is proved that application of methods of fuzzy logic allows increasing the information value of calculations on determination of the quality coefficient of HES equipment functioning during adjusting the parameters of the EES mode.

Keywords: unclear design, neuron network, hydrogenerators, transformers, quality coefficient of HES equipment functioning.

Вступ. Діагностування силового електротехнічного устаткування гідроелектростанцій сьогодні стає звичним технічним заходом підвищення надійності і якості електропостачання, зокрема в пікові години навантаження. Для цього є всі передумови: з одного боку це економічна необхідність і доцільність, а з іншого – технічні можливості. Перше обумовлено високою вартістю обладнання станцій, високою вартістю їх будівництва, а також збитками, викликаними порушенням технологічних процесів через обмеження електропостачання. Друге пояснюється потенційними можливостями сучасного апаратного і програмного забезпечення. В той же час актуальним є розроблення методів діагностування, які б відповідали вимогам, що суттєво зросли до систем діагностики, і в повній мірі використовували б можливості комп'ютерного моделювання. В даній статті розглядається можливість діагностування силового обладнання гідроелектростанцій на основі математичного моделювання процесів старіння устаткування з використанням апарату нечітких множин [1].

Аналіз попередніх досліджень. Оскільки гідроелектростанції мають значну частину складного і відповідального обладнання, то для оцінки їх технічного стану створені і розвиваються спеціальні системи контролю [1, 2]. Наприклад, для трансформаторів – це автоматичні системи відбору проб масла, аналізу газів, що містяться в них, і системи визначення діагнозу [3], для гідрогенераторів – це системи контролю зміщення валу та вібродіагностики, системи визначення температурної карти агрегату та її представлення в реальному часі. Вартість таких систем складає іноді до 10% вартості всього обладнання, на яке вони встановлюються. Устаткування

меншої вартості (вимикачі, системи змащення і регулювання), як правило, легше резервується і швидше вводиться в роботу. Відповідно і системи контролю охоплюють меншу кількість дефектів. Основна оцінка стану проводиться під час періодичних обстежень з відключенням відповідного обладнання станцій.

Найбільш ефективними в попередженні аварій устаткування є мікропроцесорні системи безперервного контролю і діагностики, що використовують комплекс датчиків [4]. Характерним для таких систем є мета - виявлення на ранній стадії розвитку небезпечних для обладнання дефектів безпосередньо під час роботи, а також обробка, аналіз і відображення параметрів стану агрегатів станції в зручному для експлуатаційного персоналу вигляді. Різними є комплекси чутливих до дефектів датчиків, методи виявлення небезпечного стану окремих вузлів устаткування гідроелектростанції.

Для безперервного контролю стану гідрогенераторів в світовій практиці найчастіше використовують: контроль вібраційного стану статора, контроль динамічної симетрії повітряного зазору, визначення теплового стану ротора та статора генератора, визначення технічного стану кутів ротора та статора [1].

В той же час, для безперервного контролю стану трансформаторів в світовій практиці найчастіше використовуються: газохроматографічний аналіз розчинених в маслі газів (ГХА), вимірювання і локалізація часткових розрядів, визначення температури найбільш нагрітої точки обмотки трансформатора [6].

А для контролю іншого обладнання гідроелектростанції використовуються методи визначення

опору ізоляції, перехідних опорів, старіння металів і матеріалів.

Тому актуальною задачею є розробка математичних моделей, які можуть бути використані при побудові алгоритмів функціонування мікропроцесорних систем моніторингу стану як окремого обладнання, так і всієї станції взагалі. Ці моделі повинні враховувати вплив багатьох контрольованих параметрів не тільки на параметр, який досліджується, а і їх взаємний вплив. Перспективним напрямком в цьому є використання теорії нечітких множин та вдосконалених засобів комп'ютерного моделювання [1, 4, 7].

Мета роботи. Робота проводиться з метою розробки таких математичних моделей визначення параметра якості функціонування ГЕС, які б дозволили розробити оптимальні алгоритми управління режимами ЕЕС з використанням ГЕС.

Матеріал і результати дослідження. Автоматична система безперервного контролю і діагностики силового обладнання гідроелектростанцій на основі даних вимірювань дозволяє дати об'єктивну оцінку стану устаткування, виявити дефекти всіх систем і вузлів в них, а також розробити рекомендації по усуненню дефектів, проведенню ремонтних робіт і подальшій експлуатації обладнання станції. В своїх розрахунках система спирається на вже існуючі математичні моделі, але класичні моделі мають досить суттєвий недолік – вони не можуть визначити і врахувати функціональні зв'язки між всіма вхідними величинами [1]. Наприклад, вони не враховують залежність між зростанням концентрації розчинених в трансформаторному маслі газів і опором КЗ, або між температурою осердя обмотки статора і повітряним зазором між статором і ротором, такі математичні моделі встановити не в змозі. Для таких випадків технологія нечіткого моделювання є досить конструктивна [5]. Нечітке моделювання дозволяє одержувати більш адекватні результати в порівнянні з результатами, які ґрунтуються на використанні традиційних аналітичних моделей і алгоритмів керування. Розглянемо можливості використання таких методів в діагностиці на прикладі трансформаторів в контексті визначення якості функціонування гідроелектростанції.

Для цих цілей було використано пакет MATLAB, а саме Fuzzy Logic Toolbox, в якому реалізовані десятки функцій нечіткої логіки.

Для відображення динамічних властивостей трансформатора використовуємо нелінійну авторегресійну модель з зовнішнім входом, яка встановлює нелінійне перетворення між попереднім значенням вхідних-виходів моделі, та майбутнім значенням виходу [7]:

$$y(k) = F\{y(k-1), y(k-k_y), u(k-k_d), \dots, u(k-k_u)\}, (1)$$

де $y(k)$ - вихід моделі в k -тий момент часу; k_y - максимальний крок зміни врахованих попередніх значень вектора виходу системи контролю показника якості функціонування трансформатора; k_u - макси-

мальний крок зміни врахованих попередніх значень вектора вхідного контрольованого параметра (наприклад, опорного короткого замикання $z_{к.з.}$); k_d - крок запізнення зміни вектора виходу по відношенню до зміни вектора входу; F - "нечітке" функціональне перетворення.

Для отримання виходу об'єкту використовується модель логічного виводу типу Сугено, яка у векторній формі вміщує в собі множину логічних нечітких правил:

$$\begin{aligned} &IF (u(k-k_d) IS A_{i1}) AND \dots AND (u(k-k_u) IS A_{ik_u}) \dots AND \\ &\quad (y(k-1) IS B_{i1}) AND \dots AND (y(k-k_y) IS B_{ik_y}), \\ &THEN y_k = a_{i1}(u(k-k_d)) + \dots + a_{ik_u}(u(k-k_u)) + b_{i1}(y(k-1)) + \dots + \\ &\quad b_{ik_y}(y(k-k_y)) + c_i, \end{aligned} (2)$$

де $i=1, \dots, L$, L – множина можливих комбінацій взаємодій вхідних параметрів трансформатора, які визначають кількість правил; $(A_{i1} \dots A_{ik_u})$ і $(B_{i1} \dots B_{ik_y})$ – позначення "нечітких" множин і відповідних їм функцій приналежності для i -го правила, в якому враховуються попередні (k_u-1) значення вектора входу; $(a_{i1} \dots a_{ik_u})$ і $(b_{i1} \dots b_{ik_y})$, c_i – параметри виходу "нечіткої" моделі.

Значення вектору вхідних величин $u(k-k_d), \dots, u(k-k_u)$ і вихідної величини $y(k-1), \dots, y(k-k_y)$ утворюють вектор прогнозування:

$$D = [u(k-k_d) \dots u(k-k_u)] \cup [y(k-1) \dots y(k-k_y)]. (3)$$

Для цього вектора рахуються наступні значення виходу моделі $y_m(k)$, як сума висновків правил мережі Сугено[7]:

$$y_m(k) = \sum_{i=1}^L \beta_i y_m^i(k), (4)$$

де $0 \leq \beta_i \leq 1$ – ваговий коефіцієнт i -го правила, який визначає ступінь відповідності реальних змін вектора D змінам, відображеним в i -му правилі. Цей коефіцієнт визначається як:

$$\beta_i(d) = \frac{\prod_{j=1}^D A_{i,j}(d_j)}{\sum_{i=1}^L \prod_{j=1}^D A_{i,j}(d_j)}. (5)$$

Мережа Сугено являє собою нейронну мережу прямого поширення, яка містить в собі адаптивні вузли, вхід яких залежить від їх параметрів. Правила навчання налаштовують ці параметри так, щоб максимально мінімізувати похибку. Застосовується гібридний навчальний алгоритм, кожна епоха (ітерація) якого складається з прямого та зворотного оптимізаційного розрахунків. При прямому розрахунку вхідна інформація про значення векторів входу та виходу використовується для отримання методом найменших квадратів параметрів виводу, після чого розраховується помилка мережі. При зворотному розрахунку методом градієнтного спуску визнача-

ються параметри посилення, які мінімізують середньоквадратичне відхилення моделі.

Розглянемо застосування методики оцінки залишкового ресурсу стану силового трансформатора за допомогою нечітких моделей.

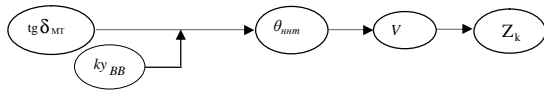


Рисунок 1 – Блок-схема взаємозв'язків параметрів частин обладнання силового трансформатора

Показники технічного стану трансформаторів, які використовуються в даній моделі і вимірюються під час роботи трансформатора: $k_{уВВ}$ - коефіцієнт якості функціонування трансформаторних вводів, який враховує $tg\delta_{ВВ}$ – тангенс кута діелектричних втрат ізоляції вводів [4], C - ємність ізоляції вводів, Δq - зміна величини часткових розрядів у вводах, $\theta_{НВВ}$ - найбільша температура вводу; $\theta_{ННТ}$ - температура найбільш нагрітої точки обмотки трансформатора та елементів РПН; W - вологість трансформаторного масла в баку трансформатора; $tg\delta_{МТ}$ – тангенс кута діелектричних втрат масляної ізоляції трансформатора; Z_k - опір струму короткого замикання; T - час нагріву.

Запишемо рівняння, які визначають перелік взаємовпливових параметрів, від яких залежить якість функціонування трансформатора:

1. Оцінка якості функціонування трансформаторних ввідів:

$$k_{уВВ}(k) = F\{k_{уВВ}(k-1), tg\delta_{ВВ}(k-1), C(k-1), \Delta q(k-1), \theta(k-1)\}. \quad (6)$$

Враховуючи те, що узагальнені результати контролю $k_{уВВ}$ за станом трансформаторних ввідів можна отримати від спеціалізованих контролерів [1, 4], які обробляють результати вимірів $tg\delta_{ВВ}$, C , Δq , $\theta_{НВВ}$, маємо:

$$k_{уВВ}(k) = F\{k_{уВВ}(k-1)\}. \quad (7)$$

2. Оцінка нагріву обмоток та вбудованих в бак трансформатора РПН:

$$\theta_{ННТ}(k) = F\{\theta_{ННТ}(k-1), T(k-1), V(k-1)\}. \quad (8)$$

Оцінка старіння масла:

$$V(k) = F\{V(k-1), \theta_{ННТ}(k-1), T(k-1), tg\delta_{МТ}(k-1)\}. \quad (9)$$

3. Оцінка стану обмоток по параметру опору Z_k :

$$Z_k(k) = F\{Z_k(k), V(k-1), \theta(k-1), T(k-1)\}. \quad (10)$$

Ці залежності отримані з відомих. Наприклад,

$$tg(\delta_{МТ}(\theta_2)) = tg(\delta_{МТ}(\theta_1)) \cdot e^{\beta(\theta_2 - \theta_1)}, \quad (11)$$

де температурний коефіцієнт $\beta = 0,04 \div 0,025$ при $\theta = 20^0 C \div 90^0 C$, або

$$tg\delta_{ВВ} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot R_{i3}}, \quad (12)$$

де R_{i3} - активний опір ізоляції, частота $f = 50$ Гц.

Але аналітичні вирази відповідно до (8)-(10) не відомі. А (8)-(10) відомі по результатам вибірок ко-

нтрольних вимірів, які є нечіткими вхідними даними і містять похибку конкретного вимірювання та досліджуваного трансформатора.

При введенні трансформатора в експлуатацію, контрольовані параметри задовольняють вимогам виробника. Кількісні показники цих параметрів вважаємо такими, які відповідають 1-му показнику якості функціонування. Наприклад, після ремонту для ТКП $tg\delta_{МТ \text{ п.р.}} = 0,2\%$. Якщо цей показник зросте до $tg\delta_{МТ \text{ макс}} = 10\%$, то це буде відповідати 0. При погіршенні цього параметра до поточного значення $tg\delta_{МТ \text{ поточне}} = 5\%$ (параметр зростає) пропонуємо використовувати коефіцієнт якості функціонування по параметру $tg\delta_{к_яф \text{ tg}} = (tg\delta_{МТ \text{ макс}} - tg\delta_{МТ \text{ поточне}}) / (tg\delta_{МТ \text{ макс}} - tg\delta_{МТ \text{ пр}}) = (10-5)/(10-0,2) = 0,510204$ в.о.

Так само, зростання температури, вмісту вологи до максимально припустимих значень викликає зменшення показника якості до 0. Що стосується опору короткого замикання то зменшення або зростання цього параметра викликають зменшення показника якості. Наприклад, після ремонту $Z_{к \text{ п.р.}} = 0,14$ в.о. Це відповідає 1. Якщо цей показник зменшується до $Z_{к \text{ мін}} = 0,1358$ в.о., то у відповідності до вимог норм випробовувань це буде відповідати 0. При погіршенні цього параметра до поточного значення $Z_{к \text{ поточне}} = 0,1379$ в.о. (параметр зменшується) пропонуємо використовувати коефіцієнт якості функціонування по параметру Z_k :

$$k_{яфz} = (Z_{к \text{ поточне}} - Z_{к \text{ мін}}) / (Z_{к \text{ п.р.}} - Z_{к \text{ мін}}) = (0,1379 - 0,1358) / (0,14 - 0,1) = 0,5 \text{ в.о.}$$

З [1, 2] відомо, що пошкодженість ввідів складає 28,4%. Тому ваговий коефіцієнт, який враховує вплив такої пошкодженості – 0,284. Пошкодження РПН – 13,5%. В запропонованій моделі вихідні параметри контролера стану РПН поки що не враховувались. Для спрощення моделювання вважалось, що коефіцієнт якості функціонування РПН $k_{эфzРПН} = 1$. Вважаємо [1, 2], що пошкодження обмоток, магнітопроводу, системи охолодження, трансформаторного масла складають 71,6%, а ваговий коефіцієнт – 0,716. Коефіцієнт якості функціонування трансформатора:

$$k_{яф. \text{ тр}} = 0,284 k_{уВВ} + 0,716 k_{яф \text{ tg}} k_{яфw} k_{яф. \theta} k_{яф.z}.$$

Так у справного трансформатора

$$k_{яф. \text{ тр}} = 0,284 \cdot 1 + 0,716 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,284 + 0,716 = 1.$$

У відповідності з рівняннями, які характеризують технічний стан складових частин трансформатора, і з встановленням нечіткої змінної $k_{яф. \text{ тр}}$, складено правила нечіткої моделі. Правила відображають зміну $k_{яф. \text{ тр}}$ трансформатора в точках вибірки відповідно до початкових значень.

Правила матимуть вигляд:

1. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf2) and (input5 is in5mf1) then (output is out1 mf1)(1)

2. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf2) and (input5 is in5mf1) then (output is out1 mf2) (1)

3. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf1) and (input5 is in5mf1) then (output is out1 mf3) (1)

4. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf2) and (input5 is in5mf1) then (output is out1 mf4) (1)

5. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf1) and (input5 is in5mf1) then (output is out1 mf5) (1)

6. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf2) and (input5 is in5mf1) then (output is out1 mf6) (1)

7. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf1) and (input5 is in5mf1) then (output is out1 mf7) (1)

8. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf2) and (input5 is in5mf1) then (output is out1 mf8) (1)

9. If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf1) and (input5 is in5mf1) then (output is out1 mf9) (1)

10. If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf2) and (input5 is in5mf1) then (output is out1 mf10) (1)

11. If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf1) and (input5 is in5mf1) then (output is out1 mf11) (1)

12. If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf2) and (input5 is in5mf1) then (output is out1 mf12) (1)

13. If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf1) and (input5 is in5mf1) then (output is out1 mf13) (1)

14. If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf2) and (input5 is in5mf1) then (output is out1 mf14) (1)

15. If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf1) and (input5 is in5mf1) then (output is out1 mf15) (1)

16. If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf2) and (input5 is in5mf1) then (output is out1 mf16) (1)

17. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf1) and (input5 is in5mf1) then (output is out1 mf17) (1)

18. If (input1 is in1 mf2) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf2) and (input5 is in5mf1) then (output is out1 mf18) (1)

19. If (input1 is in1mf2) or (input2 is in2mf2) or (input3 is in3mf2) or (input4 is in4mf2) or (input5 is in5mf1) then (output is out1 mf18) (1)

20. If (input2 is in2mf2) or (input3 is in3mf2) or (input4 is in4mf2) or (input5 is in5mf1) then (output is out1 mf18) (1),

де вхідні параметри трансформатора позначені відповідно: $k_{ВВ}$ - input1, $tg\delta_{MT}$ - input2, Θ - input3, W - input4, Z_k - input5, а вихідний параметр $k_{яф.тр}$ - output.

Найменша похибка була отримана при виборі для термів вхідних змінних функцій приналежності типу gauss2mf [11]. Параметрам $k_{ВВ}$, $tg\delta_{MT}$, Θ , W пропонуємо по 2 терми з функціями приналежності типу gauss2mf, а параметру Z_k - лише 1 терм, бо зменшення або зростання Z_k викликає зменшення вихідної величини $k_{яф.тр}$. „П” подібні функції при-

належності для вхідних величин мають наступні числові параметри, які забезпечують найменшу похибку навчання:

для $k_{ВВ}$ - параметри першої функції приналежності in1mf1 0,1699; -0,3; 0,1675; 0,2982;

для $k_{ВВ}$ - параметри другої функції приналежності in1mf2 0,17; 0,696; 0,17; 1,3; далі так само:

для $tg\delta_{MT}$ - in2mf1 0,1699, -0,3, 0,35, 0,2958; - in2mf2 0,3597; 0,6728; 0,1699; 1,3;

для $\Theta_{ННТ}$ - in3mf1 0,1699; -0,3; 0,3502; 0,2957; - in3mf2 0,3599; 0,673; 0,1699; 1,3;

для W - in4mf1 0,1699; -0,3; 0,3504; 0,2957; - in4mf2 0,36; 0,6731; 0,1699; 1,3;

для Z_k - in5mf1 0,434; 1,13; 0,453; 0,9699.

На рис. 2-3 показані функції приналежності для $tg\delta_{MT}$.

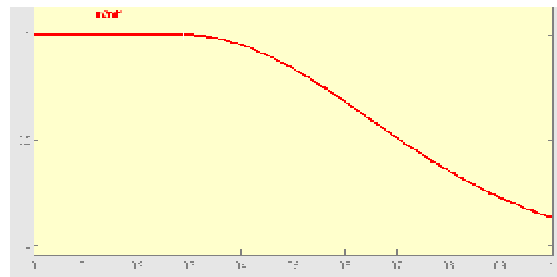


Рисунок 2 – вигляд функції in2mf1

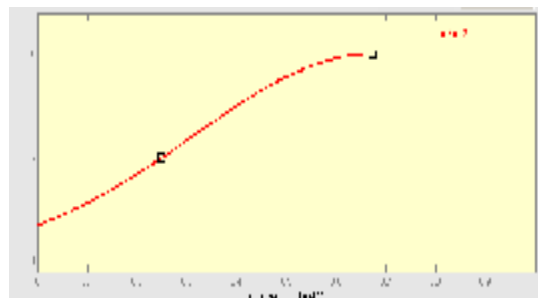


Рисунок 3 – вигляд функції in2mf2

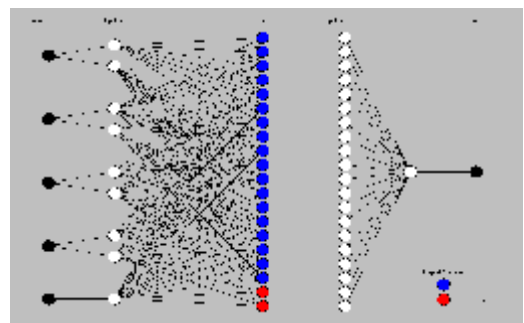


Рисунок 4 – Структура побудованої мережі згідно до складених правил

Побудова комп'ютерної моделі нечіткого висновку для трансформатора складалася з наступних етапів:

1. Створення файлу вхідних даних.
2. Вибір типу і структури нейронної мережі (синтез структури нейронної мережі).
3. Навчання нейронної мережі (визначення чисельних значень ваг кожного з нейронів) на основі на-

явної інформації про вплив параметрів трансформатора на його роботу.

4. Перевірка нейронної мережі на основі використання контрольного приклада.

5. Використання навченої нейронної мережі для рішення поставленої задачі.

Для розробки моделі нейронної мережі було сформовано таблицю навчальних даних, які передбачається отримувати від датчиків, що встановлені на трансформаторі, для чого було використано редактор m-файлів. Перед навчанням гібридної мережі були задані параметри навчання, для чого було вибрано метод навчання гібридної мережі - гібридний (hybrid), який представляє собою комбінацію метода найменших квадратів і методу убування зворотного градієнта. Далі було встановлено рівень помилки навчання (Error Tolerance) - 0, та задано кількість циклів навчання (Epochs) - 100. Структура отриманої мережі представлена на рис. 4.

Слід зазначити, що від типу та структури мережі залежить як адекватність моделі, так і час її навчання. При чому, чим більша точність вихідної прогнозованої величини, тим більший час, необхідний для навчання мережі.

За подібним принципом можна побудувати математичну модель і провести її навчання для будь-якого обладнання на станції. Наприклад, для гідро-генераторів одна з блок-схем взаємозв'язків параметрів може мати вигляд:

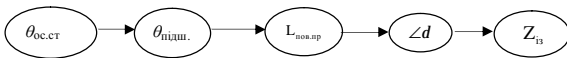


Рисунок 5 – Блок-схема взаємозв'язків параметрів частин обладнання гідрогенератора

Показники технічного стану гідрогенератора, які використовуються в даній моделі і вимірюються під час роботи гідрогенератора: $\theta_{oc,ст}$ - температура осердя статора; $\theta_{підш}$ - середня температура підшипників ротора; $L_{пов,пр}$ - ширина повітряного проміжку між ротором і статором; $\angle d$ - технічний стан кута ротора, $Z_{із}$ - опір ізоляції обмоток статора.

На основі математичних моделей, що визначають якість функціонування окремого обладнання гідроелектростанції, можна визначити якість функціонування всієї станції:

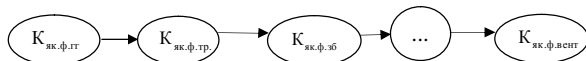


Рисунок 6 – Блок-схема взаємозв'язків параметрів частин обладнання гідроелектростанції

Показники технічного стану гідроелектростанції, які використовуються в даній моделі і вимірюються під час роботи гідрогенератора: $K_{як,ф,гт}$ - коефіцієнт якості функціонування гідрогенератора; $K_{як,ф,тр}$ - коефіцієнт якості функціонування трансформатора; $K_{як,ф,зб}$ - коефіцієнт якості функціонування збу-

дження; ... - коефіцієнти якості функціонування іншого обладнання станції; $K_{як,ф,вент}$ - коефіцієнт якості функціонування вентиляції.

Коефіцієнт функціонування гідроелектростанції дозволяє передбачити ефективність заходів по забезпеченню оптимального режиму роботи енергетичної системи в години максимального навантаження. Чим вищий цей коефіцієнт, тим менші втрати в енергосистемі при регулюванні режимів цією станцією.

Висновки. Використання математичних моделей, які є моделями постановки і обробки результатів експериментальних і аналітичних досліджень, здатні значною мірою полегшити та спростити розв'язання задач діагностики силового обладнання.

Впровадження запропонованої цифрової моделі визначення коефіцієнта якості функціонування устаткування в реальному масштабі часу, яка базується на використанні нейронних мереж, що мають властивість самонавчатись на вибірках результатів вимірів основних параметрів та нечіткої логіки, значно підвищує інформативність розрахунків. Використання цих моделей в алгоритмах мікропроцесорних систем діагностики дозволить покращити їх ефективність.

БІБЛІОГРАФІЧНІ ДАНІ

1. Алексеев Б.А. Основное электрооборудование в энергосистемах // М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2002. – 216 с.
2. Ванин Б.И., Неклепаев Б.Н., Чичинский М.И. и др. О повреждении силовых трансформаторов напряжением 110-500 кВ в эксплуатации // Электрические станции. – 2001. - № 9. – С. 53-58.
3. Турпан С.В. Причины повреждаемости и меры по повышению надежности мощных силовых трансформаторов и шунтирующих реакторов // Тезисы докладов X международной науч.-техн. конф. „Трансформаторостроение-2000” (19-21.09.2000 г.) – Запорожье, ПО ЗТВ. – С. 122-126.
4. Marks J. The continuous control of the equipment and diagnostics over substation // Electrical World. 1999. Vol. 213. № 6, 7, 16, 17, 20, 21.
5. The continuous control of power transformers over the tendencies, the new development, the first experience of the control of transformers 300 MVA. / W. Knorr, T. Leibfried, K. Wiereck et al. // Доклад СИГРЭ 12-211. 1998.
6. Leibfried T. The Continuous supervision over power transformers - intellektualnaja the monitoring system of a condition // Elektrizitaetswirtschaft. 1998. - № 15. S. 23, 24, 26-30.
7. Агамалов О.Н., Костерев Н.В., Лукаш Н.П. Методика оценки технического состояния электрооборудования в реальном времени с помощью нечетких моделей // Электричество. – № 1. – 2004. – С.42-49.

Стаття надійшла 15.04.2007 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Родькіним Д.Й.