

ДІАГНОСТИКА ПОШКОДЖЕНЬ ЛАМІНОВАНИХ ОСЕРДЬ

© Василь Чабан, Тадей Кватер, Роберт Пенкала, 2005

Ряшівський університет,
вул. Рейтана, 16А, Ряшів 35-310, Польща

Запропоновано метод визначення пошкоджень ламінованих осердь електротехнічних пристроїв за допомогою штучної нейронної мережі. Навчання мережі здійснюється на підставі усталеного струму обмотки намагнетчування, одержаного з польової математичної моделі електротехнічного пристрою. Подаються результати комп'ютерної симуляції.

Предложен метод определения поврежденных шихтованных сердечников электротехнических устройств с помощью искусственной нейронной сети. Процесс обучения сети осуществляется на основании установившегося тока обмотки намагничивания, полученного на основании полевой математической модели электротехнического устройства. Прилагаются результаты расчетов на ЭВМ.

In the paper we present the method of definition of defect in laminated structure of electric device cores taking into consideration steady-state current in magnetizing windings. As the tool of diagnostic method we used artificial neural networks (ANN). To obtain input signals for the ANN we used mathematical field model of the electric device. The results of computation are given.

1. Вступ. У ході експлуатації електротехнічних пристроїв часто виникають пошкодження ламінованої структури магнетних осердь – короткі замикання сталевих листів, розпресування тощо. Пропонується діагностувати ті чи інші пошкодження за допомогою штучної нейронної мережі, навченої за результатами симуляції усталених струмів обмоток намагнетчування, одержаних на підставі польової математичної моделі. Як елемент дослідження вибрано найпростіший пристрій – дросель з тороїдальним осердям.

1. Математична модель дроселя. За основу приймаємо математичну модель [1]

$$\frac{di}{dt} = L_s^{-1} \left(u - iR - w \frac{d\Phi}{dt} \right), \quad (1)$$

де u – напруга живлення, i – струм обмотки; R – опір обмотки, Φ – головний магнетний потік, L_s – індуктивність дисипації, w – кількість витків обмотки.

Похідну основного магнетного потоку за часом знайдемо через інтегральну залежність

$$\frac{d\Phi}{dt} = \int_{R_1}^{R_2} \int_0^a \frac{\partial B}{\partial t} dz dr, \quad (2)$$

де B – кутовий компонент вектора магнетної індукції, z, r – аксіальна й радіальна координати.

Похідну в правій частині (2) знаходимо за рівнянням електромагнетного поля в поперечному перерізі осердя

$$\frac{\partial B}{\partial t} = \frac{1}{\gamma} \left(\frac{\partial^2 H}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial H}{\partial r} - \frac{H}{r^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial z^2} \right), \quad (3)$$

де H – кутовий компонент вектор напружености магнетного поля, γ – питома електропровідність сталі, V – статична релактивність сталі.

У діелектрику ізоляційних прошарків $\gamma = 0$, $v = v_0$, і у рівнянні (3) ліва частина вироджується в нуль. А на межі розглядуваних середовищ повинна задовольнятися умова $v_0 B_0 = v_f B_f$, де індекси 0 і f указують на причетність до ізолятора й сталі, відповідно.

Область інтегрування (3): $R_1 \leq 0 \leq R_2$, $0 \leq z \leq a$, де R_1 – внутрішній радіус тороїда, R_2 – зовнішній радіус тороїда, a – осьовий розмір у z -керунку. Крайові умови знаходимо за законом Ампера

$$H(R_1, z) = wi / 2\pi R_1; \quad H(R_2, z) = wi / 2\pi R_2; \\ H(r, 0) = H(r, a) = wi / 2\pi r. \quad (4)$$

Записавши інтеграл (2) в дискретному просторі і підставивши одержаний результат в (1), одержимо остаточно

$$\frac{di}{dt} = \left(u - iR - w \sum_{i=2}^{M-1} \sum_{j=2}^{N-1} \frac{dB_{i,j}}{dt} \right) \times \\ \times \left(L_\sigma + \frac{w}{2\pi} \left(\sum_{i=2}^M \frac{1}{r_i} + \frac{N-2}{2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \right) \right)^{-1}, \quad (5)$$

де M, N – кількість вузлів просторової сітки в радіальному й аксіальному керунках.

Утворимо колонку невідомих $x = (B_{\Delta}, i)_t$,

де B_{Δ} – субколонка дискретних значень магнетної індукції. Тоді систему (3), (5) можна записати в загальному вигляді

$$\frac{dx}{dt} = f(x, t), \quad (6)$$

де $f(x, t)$ – T -періодична.

Накладемо на (6) умову T -періодичності:

$$x(0) - x(x(0), T) = 0. \quad (7)$$

Доточкову крайову задачу для диференціальних рівнянь розв'язуємо на підставі наївного алгоритму [1]:

$$x(0)^{k+1} = x(T)^k - \frac{1}{2}(x_{\max}^k + x_{\min}^k), \quad (8)$$

де x_{\max}^k, x_{\min}^k – колонки максимальних і мінімальних значень невідомих на періоді $x(t)$ на інтервалі $[0, T]$. Процес ітерації закінчується при виконанні заданих умов точності одержаних початкових умов, що виключають перехідну реакцію.

2. Результати симуляції. Результати симуляції усталених процесів модельного дроселя показані на рис. 1 і рис. 2.

На рис. 1. показані часові залежності струму на періоді при різних ситуаціях в трьох листах, розділених ізоляційним лаком – нормальному стані, короткому замиканні двох листів, при розпресуванні двох листів. На рис. 2 показаний просторовий розподіл індукції в одній з названих ситуацій. Результати симуляції одержані для



Рис. 1. Часові залежності струму при різних ситуаціях

реальної електротехнічної сталі, характеристика намагнетчування якої апроксимувалася виразом

$$H_f = \begin{cases} 274B_f, & B_f \leq 0.7; \\ -529B_f + 2807B_f^3 - 2876B_f^5 + 1012B_f^7, & 0.7 < B_f < 1.38; \\ 19000B_f - 24320, & B_f \geq 1.38. \end{cases} \quad (9)$$

3. Числовий експеримент зі штучною нейронною мережею. Як вхідний сигнал, що надходив на нейронну мережу, використовувався розрахунковий усталений струм обмотки намагнетчування (рис. 1). Як вхідний вектор використовувалися амплітуди і фази гармонічного спектра струму, отриманого за розкладом його в ряд Фур'є. Штучна нейронна мережа навчалася за стандартним алгоритмом зустрічної пропагації (back-propagation algorithm). Кількість вхідних нейронів визначалося за кількістю амплітуд і початкових фаз струму. У вихідному шарі знаходилося три нейрони. За нормальний стан ламінованої структури відповідав нейрон 1, а за пошкодження нейрони 2 і 3. У ході навчання кожен нейрон вихідного шару визначав три різні можливі стани ламінованої структури: [1 0 0] у разі короткого замикання листів, [0 1 0] – у разі розпресування листів, [0 0 1] – у разі нормальної (непошкодженої) структури. Як трансформанта вихідних нейронів використовувалася сигмоїдальна функція. У захованому шарі використовувалися сигмоїдальні трансформанти. Вхідний вектор становив 15 позицій – нульовий компонент, 7 амплітуд і 7 початкових фаз розкладеного в ряд струму обмотки. Навчена мережа будувала успішно інтерполяційну функцію для розпізнання пошкоджень. У нашому експерименті ми протестували 69 різних сигналів. Результативність штучної нейронної мережі під час розпізнання пошкоджень виявилася високою і досягла значень 90%.

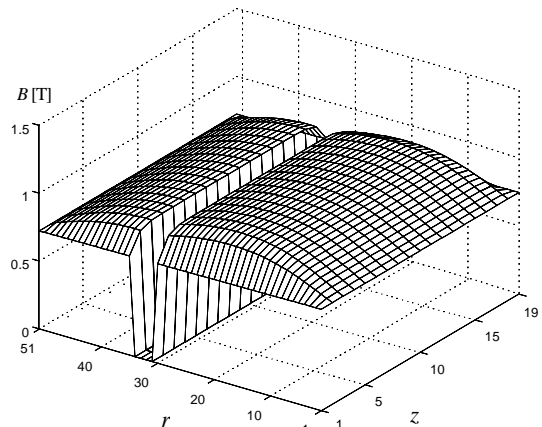


Рис. 2. Просторовий розподіл індукції при замиканні двох листів

Подані в цій праці результати свідчать про те, що, незважаючи на незначні відхилення інтегральної кривої усталеного струму обмотки намагнетичування електротехнічного пристрою, що зумовлюються тим чи іншим пошкодженням ламінованої структури осердя, все ж таки цей струм може бути використаний як вхідний сигнал для штучної нейронної мережі, за яким вона здатна тестувати той чи інший випадок пошкодження цієї структури

1. Чабан В. Математичне моделювання електро-механічних процесів. – Львів, 1997. 2. Tchaban V., Kwater T., Pekala R. The Diagnostic of laminated Cores by ANN and Field Model of Choke. – Proceeding of MS'2002. International AMSE-Conference, Girona, Catalonia, Spain, 25-27 June 2002, pp. 549-555. 3. Fan J.Y., Nikolaou M. An approach to fault diagnosis of chemical processes via neural network. – AICHE Journal, v.39, N. 1. 4. Чабан В. Чисельні методи. – Львів, 2001.

УДК 621.311

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ОГИНАЮЧОЇ НА ЖИВИЛЬНУ НАПРУГУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

© Андронік Буняк, Петро Микулик, 2005

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

Запропоновано алгоритм оцінки відхилення напруги від номінальної за наявності коливання її амплітуди, зумовленого зміною параметрів огинаючої.

Предложен алгоритм оценки отклонения напряжения от номинального при наличии колебания его амплитуды, обусловленного изменением параметров огибающей.

The algorithm of estimation of voltage deflection from rated voltage while its amplitude oscillation caused by the change of shearing stress parameters is proposed.

Вступ. Якість електроенергії в мережах електропостачання характеризується низкою показників, зокрема таким параметром, як відхилення напруги [1, 2]. Таке відхилення, передовсім, залежить від коливання напруги, зумовленого різкозмінними навантаженнями. Змінно-періодичні навантаження в системах електропостачання викликають модуляцію живильної напруги.

Оскільки живильна напруга (50 Гц) з різкозмінними навантаженнями і модулюючі її гармоніки (1–10 Гц) практично частотно незалежні, при аналізі характеру зміни напруги (коливань напруги) в мережах допустимо і доцільно розглядати ймовірні характеристики лише огинаючої, а не повного сигналу напруги [3].

Іншими словами, на практиці, для оцінки допустимості коливання напруги, необхідно виділити в огинаючій живильної напруги її зміни, що характеризують відхилення напруги в мережах електропостачання.

Аналіз останніх досліджень засвідчив, що для розв'язання цієї задачі використовують метод, на основі якого виконують періодичні вимірювання напруги мережі з подальшою статистичною обробкою отриманих даних [1, 4, 5].

Алгоритм, запропонований авторами, базується на використанні дискретної трансформації Фур'є і конкретно на визначенні енергетичної спектральної щільності, яка є, на переконання авторів, інваріантним ядром для визначення якісних показників електроенергії [6, 7].

Мета статті (постановка задачі) полягає в дослідженні впливу коливання амплітуди напруги, зумовленого зміною параметрів огинаючої: амплітуди, частоти та кута початкової фази, на відхилення напруги від номінальної. Матрична форма представлення алгоритму зручна для обробки на комп'ютері, наприклад, з використанням математичного пакета