

3. Vakhonina L. V., Popov V. G. Flexural vibrations of a thin circular elastic inclusion in an unbounded body under the action of a plane harmonic wave. *International applied mechanics*. 2008. Vol. 44, no. 493-497.

Abstract. *The paper investigates the interaction of a plane harmonic longitudinal wave with a thin circular elastic inclusion located in an unbounded elastic medium. An approach based on solving the Lamé equations using discrete (discontinuous) solutions is used. The flexibility of the inclusion is taken into account and the case of its ideal adhesion to the matrix is considered. An integral equation of the second kind is derived to determine the jump in normal stresses on the surface of the inclusion, which is solved numerically by the method of mechanical quadratures. Approximate relations for the stress intensity coefficients (SIF) are obtained and a numerical analysis of the influence of the wave number and stiffness of the inclusion on the stress concentration is performed.*

Keywords: *elastic inclusion, harmonic wave, bending vibrations, stress intensity factor, quadrature method, wave interaction.*

УДК. 631

ІЄРАРХІЧНА СТРУКТУРНА СХЕМА НЕЧІТКОГО ЛОГІЧНОГО ВИСНОВКУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

Ракитянський Владислав

здобувач вищої освіти спеціальності 141 Електроенергетики,
електротехніки та електромеханіки

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М.
Бекетова

м. Харків, Україна

Анотація: *У роботі обґрунтовано метод визначення залишкового ресурсу асинхронного електродвигуна на основі використання нечіткої логіки, наведено структуру розробленої системи нечіткої логіки.*

Ключові слова: *асинхронний, електродвигун, фактор, нечітка, експлуатація, логіка, ізоляція, залишковий ресурс, діагностика.*

При виготовленні та експлуатації асинхронних двигунів (АД) виникають відхилення параметрів двигуна від номінальних значень. Ці відхилення можуть бути викликані як технологічними помилками виготовлення двигуна, неправильними режимами експлуатації, так і розміром під час експлуатації. Вихід із строю АД призводить до важких аварій і великому матеріальному збитку, пов'язаному з простою технологічного обладнання, усуненням останньої аварії та ремонтом виниклого із строю електродвигуна. Отже, ефективний контроль параметрів АД в процесі виробництва і після їх виготовлення, одночасна їх діагностика в процесі експлуатації є актуальними задачами.

В результаті виникає необхідність досліджувати АД з метою отримання діагностичних признаков і сигналів для визначення несправностей. Види несправностей і методи діагностики оцінки стану асинхронного двигуна представлені в [1]. Стан асинхронного двигуна характеризується великою кількістю станів x_i , які в роботі представлені не тільки в цифровій формі, з різною розмірністю, але і в незначних термінах (високий (в), низький (н), середній (с), нижче середнього (нс), вище середнього (вс)).

Для асинхронного двигуна складемо ієрархічну структуру деревовидного типу (рис. 1).

У такому вхідному векторі системи з діагностичними визнаннями представлено в виразу (1):

$$x = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}, \quad (1)$$

де n – число ознак (факторів) [2].

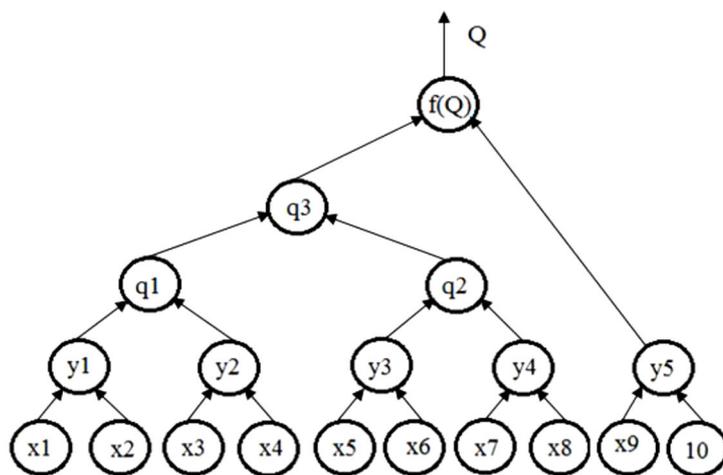


Рис. 1. Ієрархічна структурна схема нечіткого логічного висновку для асинхронного двигуна: x_1-x_{10} – вхідні діагностичні фактори системи; y, q – проміжні параметри; Q – вихід системи

Для асинхронного двигуна класифікація пошкоджених елементів (факторів x) передбачає такі рівні: низький – відсутні ознаки старіння та зношування, значення параметрів відповідають нормативним вимогам; нижче середнього – наявні незначні дефекти, що не впливають на подальшу роботу двигуна, їхня присутність регламентується нормативно-технічною документацією; середній – виявлені дефекти, які не призводять до пошкодження двигуна, проте потребують виконання незначних режимних заходів; вище середнього – руйнування частин двигуна, що вимагає реконструкції або ремонту, подальша експлуатація неможлива; високий – відмова двигуна, що призводить до переривання технологічного процесу.

Таблиця 1. Сукупність діагностичних параметрів

Позначення	Діагностичні параметри	Діапазони вимірювань вхідних величин
x1	Температура статору	Від 60 °С до 150 °С
x2	Вимірювання ККД	Від 0,8 до 1
x3	Вимірювання вібраційної швидкості V, мм/с	Від 0 мм/с до 40 мм/с
x4	Вимірювання зовнішнього магнітного поля	Від 0 до 0,4
x5	Вимірювання опору ізоляції обмоток статора	Від 1МОм до 1000МОм
x6	Вимірювання коефіцієнту абсорбції ізоляції обмотки статору	Від 1 до 2
x7	Вимірювання хвильових затухаючих коливань в обмотці	Від 0 до 1
x8	Вимірювання за допомогою ультразвуку G - модуль зсуву	Від 0 до 1
x9	Порівняльний аналіз спектрів струмів	Від 0 до 0,4
x10	Оцінка стану підшипників	Погане, добре, відмінне
y1, y 2, y 3, y4, y5, q1, q2, q3	Збільшені фактори	
Q	Корінь дерева	Залишковий ресурс двигуна

На підставі таблиці 1 і класифікації пошкоджених елементів (факторів x) вироблено обґрунтування необхідності урахування діагностичних параметрів для створення системи нерівної логіки.

При розробці згаданого методу виявилася необхідність вирішення наступних завдань:

- аналіз стану розробок та методів визначення залишкового ресурсу АД;
- виявлення особливостей експлуатації АД та їх вплив на фізико-механічні властивості ізоляції;
- складання сукупності вимірюваних діагностичних параметрів, за якими можна судити про залишковий ресурс АД;
- обґрунтування вибору факторів;
- вибір приладів для вимірювання факторів, що впливають, та їх одиниці виміру;
- визначення діапазонів вимірювань параметрів для оцінки залишкового ресурсу АД;

Розроблена система нечіткої логіки забезпечує можливість ранньої діагностики та прогнозування стану двигуна, дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо ремонту чи продовження експлуатації обладнання. Використання ієрархічної структури та комплексного підходу до оцінки параметрів значно

підвищує надійність і ефективність контролю асинхронних двигунів, зменшуючи ризик аварій та матеріальних втрат.

Отже, запропонований метод є актуальним інструментом для автоматизованого моніторингу та оцінки технічного стану АД, а його застосування сприятиме підвищенню експлуатаційної безпеки та продовженню строку служби електродвигунів.

Список використаних джерел

1. Seera, M., Lim, C. P., Nahavandi, S., & Loo, C. K. Condition monitoring of induction motors: A review and an application of an ensemble of hybrid intelligent models. *Expert Systems with Applications*, 2014, 41(10), 4891-4903.
2. Trutt, F. C., Sottile, J., & Kohler, J. L. Online condition monitoring of induction motors. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 2002, 38(6), 1627-1632.

Abstract. *The paper substantiates the method for determining the residual resource of an asynchronous electric motor based on the use of fuzzy logic, and presents the structure of the developed fuzzy logic system.*

Keywords: *induction electric motor, factor, fuzzy, operation, logic, insulation, residual life, diagnostics*

Науковий керівник:

Єгоров О.Б.,

канд. тех. наук, доцент

кафедри альтернативної електроенергетики та електротехніки

Харківський національний університет міського

господарства ім. О.М. Бекетова

УДК. 004.942

ЦИФРОВІ ДВІЙНИКИ У ХОЛОДИЛЬНИХ ПРОЦЕСАХ АПК

Давіденко П. С.

здобувач вищої освіти спеціальності 144 Теплоенергетика,

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

м. Харків, Україна

Анотація: *У даній роботі розглянуто застосування цифрових моделей у холодильних та технологічних системах АПК для оптимізації режимів, зниження енергоспоживання та підвищення надійності виробництва.*

Ключові слова: *холодильні системи АПК, інформаційні технології, цифрові двійники*

Підвищення енергоефективності, керованості та стабільності агропромислового виробництва в сучасних умовах є завданням першочергового пріоритету. Розв'язання цих викликів неможливе без впровадження цифрової трансформації технологічних процесів та систем керування, що передбачає