



Кафедра вищої та прикладної математики

УДК 621.313:519.86

Діагностика технічного стану асинхронного двигуна з використанням байєсовських мереж

Борчик Є.Ю.

кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри вищої та прикладної математики Миколаївський національний аграрний університет.
Миколаїв, Україна

Анотація. У роботі розглянуто задачу діагностики технічного стану асинхронного двигуна з використанням байєсовських мереж. Запропоновано модель, що дозволяє визначати ймовірності виникнення основних несправностей на основі спостережуваних параметрів. Наведено приклади діагностики та показано ефективність запропонованого підходу. Особливо актуальною є задача діагностики в умовах аграрного виробництва, де надійність обладнання безпосередньо впливає на ефективність технологічних процесів.

Ключові слова: асинхронний двигун, діагностика, байєсовська мережа, ймовірність, вібрація, температура.

Асинхронні електродвигуни широко використовуються в промисловості та аграрному секторі, зокрема в насосних установках, вентиляційних системах та транспортних механізмах. Відмова таких двигунів може призводити до значних економічних втрат, тому задача своєчасної діагностики їх технічного стану є актуальною.

Класичні методи діагностики базуються на аналізі окремих параметрів (температури, вібрації, струму), проте вони не завжди дозволяють врахувати невизначеність та взаємозв'язки між різними ознаками несправностей. У зв'язку з цим доцільним є застосування ймовірнісних підходів, зокрема байєсовських мереж.

Байєсовська мережа — це ймовірнісна графічна модель, яка описує множину випадкових змінних та умовні залежності між ними у вигляді орієнтованого ациклічного графа.

Основою для виводу ймовірностей є формула Байєса:

$$p(A|B) = \frac{p(B|A) \cdot p(A)}{p(B)},$$

де A — гіпотеза, B — спостереження.

Байєсовські мережі дозволяють виконувати як прямий (від причин до наслідків), так і зворотний (від наслідків до причин) вивід. У задачах діагностики

використовується саме зворотний вивід — визначення ймовірних причин за відомими симптомами.

Метою роботи є розробка моделі діагностики несправностей асинхронного двигуна на основі байєсовської мережі.

Розглядаються такі основні несправності:

- перегрів двигуна;
- дисбаланс ротора;
- пошкодження підшипників.

Як діагностичні ознаки використовуються:

- підвищена температура двигуна;
- підвищена вібрація;
- підвищений рівень шуму;
- аномалії струму.

На основі аналізу експлуатації електродвигунів встановлено такі причинно-наслідкові зв'язки:

- перегрів призводить до підвищення температури двигуна та виникнення аномалій струму;
- дисбаланс ротора спричиняє підвищену вібрацію;
- пошкодження підшипників призводить до підвищеної вібрації та шуму.

На основі зазначених залежностей побудовано байєсовську мережу (рис. 1), яка дозволяє визначати ймовірності несправностей на основі спостережуваних параметрів.

Умовні ймовірності в мережі задавалися на основі експертних оцінок з урахуванням фізичних процесів роботи асинхронного двигуна.

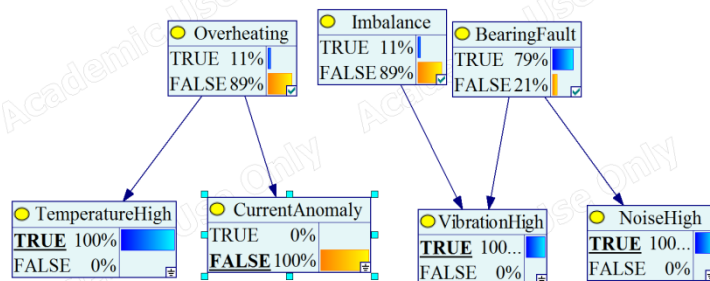


Рис.1 Випадок 1.

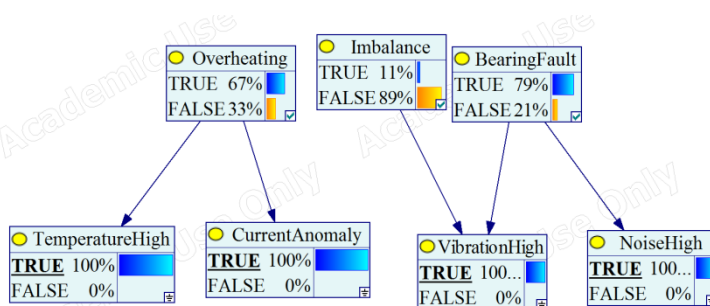


Рис.2 Випадок 2.

Розглянемо приклади діагностики.

Випадок 1.

Задано такі спостереження:

TemperatureHigh = TRUE,

VibrationHigh = TRUE,

NoiseHigh = TRUE,

CurrentAnomaly = False.

Результати обчислень показали:

$P(\text{BearingFault} = \text{TRUE}) = 0.79$,

$P(\text{Imbalance} = \text{TRUE}) = 0.11$,

$P(\text{Overheating} = \text{TRUE}) = 0.11$.

Отже, найбільш імовірною причиною є пошкодження підшипників, що узгоджується з відомими ознаками відповідних несправностей, оскільки поєднання вібрації та шуму є характерною ознакою цього дефекту.

Випадок 2.

У другому випадку досліджено вплив врахування параметра CurrentAnomaly на результати діагностики.

Було встановлено, що врахування параметра CurrentAnomaly призводить до суттєвого зростання ймовірності перегріву (до 0.67), що пояснюється впливом теплових перевантажень на електричні характеристики двигуна.

При цьому найбільш імовірною причиною залишається пошкодження підшипників.

Таким чином, у роботі запропоновано підхід до діагностики технічного стану асинхронного двигуна на основі байєсовських мереж.

Побудована модель дозволяє:

- враховувати невизначеність діагностичних параметрів;
- встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між несправностями та їх ознаками;
- визначати найбільш імовірні причини відмов.

Отримані результати підтверджують ефективність застосування байєсовських мереж для задач технічної діагностики. Запропонований підхід може бути використаний для створення автоматизованих систем діагностики електрообладнання в умовах аграрних підприємств.

Список використаних джерел

1. Darwiche A. *Modeling and Reasoning with Bayesian Networks*. Cambridge University Press, 2009.
2. Saidi L., Ben Ali J., Fnaiech F. *Application of Bayesian Networks in Fault Diagnosis of Electrical Machines*. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2018.
3. Murphy K. P. *Probabilistic Machine Learning: An Introduction*. MIT Press, 2022.

Abstract: The paper considers the problem of diagnosing the technical condition of an induction motor using Bayesian networks. A model is proposed that allows determining the probabilities of major faults based on observed parameters. Diagnostic examples are given and the effectiveness of the proposed approach is shown. The task of diagnostics is especially relevant in agricultural production, where the reliability of equipment directly affects the efficiency of technological processes.

Key words: induction motor, diagnostics, Bayesian network, probability, vibration, temperature.