

ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

**О.В. УВАРОВ, Вовчанський технікум механізації
сільського господарства**

**П.І. САВЧЕНКО, Харківський національний технічний
університет сільського господарства ім. П. Василенка**

Науково обґрунтовано можливість використання прогнозованих залишкових термінів служби ізоляції асинхронних двигунів для оцінки діагностування стану двигунів.

Технічне обслуговування, ремонт, діагностування, старіння ізоляції, узагальнений діагностичний параметр.

Технічне обслуговування і ремонт асинхронного електродвигуна (АД) на підприємствах виконують, головним чином, з метою підвищення надійності найбільш слабого його елемента, а саме – обмотки статора.

Існує безліч методів, направлених на підвищення експлуатаційної надійності електродвигунів [1]:

- вдосконалення технічних засобів захисту електродвигунів (ЕД) від аварійних режимів;
- розробка ефективних методів діагностування стану електродвигунів;
- розробка технічних засобів вимірювання і контролю експлуатаційних і діагностичних параметрів;
- розробка ефективних методів прогнозування технічного стану електродвигунів на основі використання математичних моделей процесу старіння ізоляції;
- вдосконалення технології ремонту електродвигунів.

Об'єднуючи всі ці методи, ми повинні отримати технічний засіб діагностики, що прогнозує в достатньому наближенні стан електроізоляційної системи АД. Прогнозування стану електродвигунів створює передумови для визначення раціональних термінів проведення профілактичних заходів і ремонтів. Таке прогнозування доцільно проводити на основі використання математичних моделей зміни стану найбільш слабого елемента даної електротехнічної системи – ізоляції обмоток статора, що визначає працездатність цієї електротехнічної системи в цілому. До теперішнього часу розроблено безліч математичних моделей старіння ізоляції електродвигунів, що дозволяють прогнозувати зміну її технічного стану в реальних умовах експлуатації [1–4], але в багатьох випадках описуються лише певні сторони процесу старіння ізоляції ЕД.

Необхідно знати момент виходу електродвигунів з ладу. Але точно визначити, скільки він пропрацює повністю (у годинах) з урахуванням

простоїв, ці моделі не дозволяють. Відома динамічна стохастична модель старіння ізоляції АД, перевага якої полягає в точності прогнозування технічного стану ізоляції на основі узагальненого діагностичного параметра (УДП) $P_{норм}$, що використовується при діагностиці за методом хвилевих затухаючих коливань (ХЗК). При цьому помилка одно крокового прогнозу в середньому складає 2–5%. Багатовимірна динамічна стохастична модель старіння ізоляції електродвигунів описується наступним стохастичним різницеvim рівнянням [1]:

$$P_{зТ} = \sum_{i=1}^{m_1} a_i \cdot P_{зТ-i} + \sum_{j=1}^n \sum_{i=0}^{m_i} d_{ji} \cdot X_{jТ-i} + \psi(T) + E_i \quad (1)$$

де $P_{зТ}$ – значення УДП у момент часу T ;

$X_{jТ}$ – значення параметрів вектора X , врахованих впливаючих чинників у момент часу T ;

n – розмірність вектора X ;

a_i, d_{ji} – оцінки авторегресійних параметрів процесів вхідних і вихідних параметрів моделі;

$\psi(T)$ – функція детермінованого тимчасового тренда процесу старіння;

m_1 – первинний параметр моделі;

E_i – збурення.

Метою дослідження було визначення підвищення надійності роботи електродвигунів на основі прогнозованих залишкових термінів служби ізоляції АД.

Матеріали і методика дослідження. Процес старіння ізоляції двигунів у реальних умовах експлуатації є поєднанням трендової і випадкової складових. Тренд процесу старіння ізоляції можна описати стандартною функцією. За експериментальними даними підконтрольної експлуатації і діагностики електродвигунів були отримані криві зміни УДП у функції часу, що дозволило виділити трендову складову, яку можна екстраполювати логістичною кривою вигляду:

$$P_3(T) = \frac{1}{1 + b \cdot \exp(-c \cdot T)} \quad (2)$$

де $P_3(T)$ – функція зміни УДП;

b, c – параметри трендової кривої;

T – час експлуатації, міс.

Оскільки до рівняння детермінованої моделі старіння ізоляції АД входить змінна часу експлуатації, то на основі даного рівняння можна розрахувати повний і залишковий ресурс роботи ізоляції обмоток. Технічний стан ізоляції електродвигуна вважається працездатним, якщо параметр $P_{норм}$ знаходиться в межах зони $P_{норм}(t) \geq P_{нормдоп}$. При виході даного параметра за нижню межу вказаного діапазону найбільш вірогідний вихід з ладу АД внаслідок руйнування і зносу ізоляції його обмотки статора. Таким чином, повний термін служби ізоляції можна визначити із співвідношення (2):

$$T = -\frac{\ln\left(\frac{1-P}{b \cdot P}\right)}{c} \quad (3)$$

Тоді залишковий ресурс роботи ізоляції АД $t_{зал}$ на даний момент часу t розраховуватиметься за формулою:

$$t_{зал} = T - t \quad (4)$$

Для визначення залишкового ресурсу необхідно знати параметри трендової кривої, що характеризують умови експлуатації ЕД:

$$\begin{cases} c = -\frac{-\ln\left(\frac{1-P}{P \cdot b}\right)}{T}; \\ b = \frac{1}{P \cdot \exp(-c \cdot T)}. \end{cases} \quad (5)$$

У процесі експлуатації ЕД може бути відремонтований або йому проведено технічне обслуговування (ТО), що веде до зміни параметрів трендової кривої і величини P . Знаючи час, що пройшов до ТО, і діапазон зміни діагностичного параметра ізоляції АД, ми можемо з великою точністю визначити, на скільки зміниться його залишковий ресурс. Враховуючи все це, можна створити діагностичний пристрій, що реалізовує метод ХЗК з використанням детермінованої моделі старіння ізоляції. Прилад повинен виконувати такі функції:

- 1) подавати прямокутний імпульс на вхід обмотки АД;
- 2) обробляти діагностичну інформацію і виводити результат розрахунку залишкового ресурсу;
- 3) запам'ятовувати моторесурс АД;
- 4) блокувати запуск АД з виведенням світлової сигналізації.

Схемотехнічне рішення може бути розроблено за аналогією з відомою технологією S.M.A.R.T., яка забезпечує прогнозування ресурсу жорстких дисків у комп'ютерах.

Висновок

На основі прогнозованих залишкових термінів служби ізоляції АД можна визначити час заміни старих АД на нові і планувати проведення капітальних ремонтів.

Список літератури

1. Гутов И.А. Прогнозирование состояния электродвигателей на основе использования многофакторных моделей старения изоляции: дис ... канд. техн. наук: 05.20.02. /Гутов Иван Александрович – Барнаул, 1997. – 259 с.
2. Математическая модель для оценки качества межвитковой изоляции непропитанных статорных обмоток асинхронных электродвигателей/ Б.П. Берлинбау, Ю.В.Гандель, О.Д.Гольдберг и др. // Электротехническая промышленность. Сер. «Электрические машины». –1976. – №1(59). – С. 16 – 17.
3. Костыренко Я.И. Математическая модель для прогнозирования надежности межвитковой изоляции всыпных обмоток при ее продавлении / Я.И. Костыренко //Изв. вузов. Сер. «Электротехника». – 1971. – №11. – С.1233–1239.

4. Матялис А.П. Модель надежности корпусной изоляции / А.П. Матялис, Э.И. Стрельбицкий // Изв. Томского политехнического института. – 1972. – Т.229. – С.36–46.

Научно обоснована возможность использования прогнозированных остаточных сроков службы изоляции асинхронных двигателей для оценки диагностирования состояния двигателей.

Техническое обслуживание, ремонт, диагностирование, старение изоляции, обобщенный диагностический параметр.

Work is devoted to a scientific substantiation of an opportunity of using forecasted residual service life of isolation of asynchronous electric motors, for an estimation of diagnosing of a condition of motors.

Maintenance, repair, diagnosis, the aging of insulation, the generic diagnostic parameter.