



Рисунок 3 – Модель визначення енергетичних характеристик

ВИСНОВКИ

На основі наведених математичних співвідношень було розроблено модель для визначення енергетичних характеристик в пакеті прикладних програм MATLAB Simulink.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Квашинин В. О. Удосконалення методики визначення енергетичних характеристик асинхронного двигуна з використанням його математичної моделі / В. О. Квашинин, В. А. Косенко // Сборник трудов XX международной научно-технической конференции. – Севастополь, 2013. – 3-й том. – С. 274–277.
2. Бугров Я. С., Никольский С. М. Высшая математика. Том 1. Элементы линейной алгебры и аналитической геометрии.
3. Виноградов А. Б. Векторное управление электроприводами переменного тока / А. Б. Виноградов. – Иваново, 2008. – 298 с.
4. Терехин В. Б. «Моделирование систем электропривода в Simulink» / В. Б. Терехин. – Издательство Томского политехнического университета 2010.

РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

Клімченков А. Г., Ровінець П. І., Шеремет О. І.
ДДМА, м. Краматорськ

Через перевищення встановленого строку служби щороку виходять з ладу до 20 % автоматизованих електроприводів (АЕП) промислових установок – у машинобудівній промисловості, 15 % – у металургійній, 55 % – у будівництві, 25 % – у сільському господарстві. Це значно зніжує енергоефективність електромеханічних систем (ЕМС) та призводить до збільшення кількості аварій [1]. Тому застосування інструментарію моніторингу та діагностування енергоефективності й технічного стану ЕМС

у вигляді комп'ютеризованих комплексів, які дозволяють отримати повну якісну й кількісну інформацію щодо процесів в ЕМС, є актуальною науково-технічною задачею [2].

Мета роботи і задачі дослідження: розробка системи діагностування ЕМС, яка дозволяла б оцінювати їх енергоефективність і технічний стан в умовах дії комплексу факторів (неякісної напруги живлення, зміни навантаження, низького рівня експлуатації тощо).

У переважній більшості АЕП після ремонту параметри й характеристики машин значно відрізняються від заводських, і, по суті, відремонтований двигун – це інша електрична машина. Така машина вимагає іншого підходу до її оцінки з позиції якості перетворення енергії. Зниження якості електричної машини - це відхилення параметрів і характеристик, обумовлених проектом: несиметрія електричних параметрів, зміна геометрії, ушкодження сталі статора й ротора, фізичне старіння елементів, низькі показники енергоефективності, ККД та $\cos \varphi$.

Питання моніторингу та діагностування ЕМС займають провідне місце в дослідженнях, спрямованих на підвищення енергоефективності, надійності та ресурсу устаткування [1–3]. Існуючі системи моніторингу та діагностування, володіючи розвиненими функціями вимірювання та оброблення даних, не забезпечують аналізу отриманої інформації про енергетичні процеси, оскільки не мають функції математичного моделювання. На сьогодні постала необхідність застосування нових технічних рішень і наукових підходів до вирішення проблеми підвищення рівня енергоефективності та безаварійної роботи ЕМС з АД.

Рішення цих задач може бути у використанні інформаційної технології інтелектуального аналізу даних - Data Mining. Одним із основних методів цієї технології є метод опорних векторів (Support Vector Machines – SVM), якій використовує функції математичного моделювання [2–3]. Система діагностування, яка заснована на цій технології, повинна визначати які параметри є припустимими, а які ні для аналізу. Для цього потрібно сформуванню навчальну вибірку, щоб надалі провести навчання системи діагностування. В якості параметрів для навчальної вибірки взяті фактори, відхилення яких від номінального значення різним чином впливає на працездатність електромеханічної системи.

Для приводу більшості робочих механізмів використовують трифазні асинхронні двигуни (АД) з короткозамкненим ротором (КЗР). Практично усі аварії призводять до несиметричних режимів роботи. Так, наприклад, обрив стрижня обмотки КЗР призводить до підвищених вібрацій, зменшення частоти обертання під навантаженням, пульсації струму статора поспідовно у всіх фазах. До діагностичних параметрів, відхилення яких буди враховане, відносять: коефіцієнти струму прямої послідовності (ПП) і зворотної послідовності (ЗП)_i, критерій нахилу механічної характеристики, коефіцієнт пульсацій результуючого вектора струму статора. Маємо багатфакторну модель аналізу.

Навчальна вибірка сформована так, що значенням всіх параметрів буде відповідати значення «працездатний» або «непрацездатний». Програмний код, необхідний для реалізації багатофакторної системи діагностування на базі класу SVM, написаний на Python 3.

Алгоритм діагностування повинен надавати висновок щодо фактичного стану і прогноз його технічного стану на майбутнє [1]. Для побудови алгоритму діагностування використовуються параметри з максимальною інформацією про енергетичний стан об'єкту діагностування: ККД та $\cos \varphi$. Були отримані відхилення цих параметрів асинхронного двигуна типу 4A132M6Y3 ($n_n = 1500 \text{ хв}^{-1}$, навантажувався за допомогою гальмівного пристрою), якій був відремонтований. Ця ситуація типична для виробничих умов. Далі була зроблена вибірка основних факторів цього двигуна. Змінюючи навантаження можливо отримати відповідь, до якого дефекту призведе те чи інше змінення обраних критеріїв, що підвищить інформативність при діагностуванні технічного стану двигуна.

Стенд, на якому проводилися експериментальні дослідження, являє собою програмно-технічний комплекс і містить: ноутбук, одноплатний комп'ютер обраний Raspberry Pi, якій може виконувати функції діагностування, датчики вимірювання струму та напруги, програмне забезпечення діагностики двигунів. На стенді проведено два експерименти: виявлення несправностей обмоток статора і ротора АД та поступове навантаження до виходу двигуна з ладу. На першому етапі експерименту виявлено зменшення активного опору обмотки статора двигуна на 20 % і збільшення втрат в обмотці в середньому на 25 % протягом циклу роботи. Після введення додаткової несправності у ротор сумарні змінні втрати зросли на 21 %. Отримані експериментальні дані стали базою для моделі аналізу енергетичного стану двигуна, потім модель завантажили до одноплатного комп'ютеру.

Проведені в роботі дослідження доводять можливість ефективного застосування методу опорно-векторної класифікаційної машини для діагностування електроприводів. Виконані розробка та дослідження інтелектуальної системи діагностування електроприводів, побудованої на основі методу опорно-векторної класифікаційної машини: програмно реалізовано багатофакторну систему діагностування на базі класу SVC.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закладний О. М. *Енергозбереження засобами промислового електропривода : навч. посіб.* / О. М. Закладний, А. В. Праховник, О. І. Соловей. – К. : Кондор, 2007. – 408 с.
2. Sheremet O. I. *Method of support vectors // Mathematical modeling. Science magazine* / O. I. Sheremet, O. V. Sadovoy. – Dneprodzerzhinsk, DSTU. – 2013. – № 1 (28). – P. 13–17.
3. Sheremet O. I. *Synthesis of automated electromechanical systems by discrete time equalizer* / O. I. Sheremet // *Bulletin of the National technical university "KhPI". Collected papers. Series : Problems of automated electric drive. Theory and practice.* – Kharkov : NTU "KhPI". – 2013. – № 36 (1009). – P. 110–111.