

УДК 621.313

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТИКИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ЗА АНАЛІЗОМ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИГНАЛІВ

Д. Г. Мамчур, М. В. Загірняк, А. П. Калинов

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: scenter@kdu.edu.ua

Розглянуто теоретичні основи методу діагностики асинхронних двигунів на основі аналізу фазних струмів і запропоновано підхід до проведення діагностики на основі аналізу сигналів потужності окремих фаз та сумарної потужності трьох фаз асинхронного двигуна. Теоретичні засади, на яких базуються дані методи, ґрунтуються на аналізі спектрального складу електричних сигналів асинхронного двигуна та визначенні наявності гармонік, викликаних появою дефектів. Експериментальні дослідження ефективності роботи розглянутих методів показали переваги методу, що базується на аналізі сигналу потужності.

Ключові слова: діагностика, асинхронний двигун, спектральний аналіз.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИАГНОСТИКИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПО АНАЛИЗУ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Д. Г. Мамчур, М. В. Загірняк, А. П. Калинов

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: scenter@kdu.edu.ua

Рассмотрены теоретические основы метода диагностики асинхронных двигателей на основе анализа фазных токов и предложен подход к проведению диагностики на основе анализа сигналов мощности отдельных фаз и суммарной мощности трёх фаз асинхронного двигателя. Теоретические принципы, на которых базируются данные методы, основаны на анализе спектрального состава электрических сигналов асинхронного двигателя и определении наличия гармоник, вызванных появлением дефектов. Экспериментальные исследования эффективности работы рассмотренных методов показали преимущества метода, основанного на анализе сигнала мощности.

Ключевые слова: диагностика, асинхронный двигатель, спектральный анализ.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Для діагностики асинхронних двигунів (АД) широкої популярності набувають методи, які не вимагають зупинки технологічного процесу і придатні для виявлення пошкоджень на стадії їх зародження. Для двигунів великої потужності з цією метою успішно застосовуються методи вібродіагностики. Проте, у зв'язку з відносно високою вартістю вібродіагностичного обладнання та складністю встановлення вібродатчиків, ці методи важко застосовувати для діагностики наймасовіших споживачів і перетворювачів енергії – асинхронних двигунів середньої і малої потужності. Тому для вирішення цієї задачі з'явилися методи на основі аналізу параметрів АД, які досить просто виміряти і контролювати у робочому режимі – електричних сигналів двигуна. До даного типу методів належить діагностика на основі аналізу фазних струмів, напруг та сигналу потужності АД. Перші два підходи є більш простими з точки зору технічної реалізації, оскільки вимагають вимірювання лише одного електричного сигналу – струму або напруги. Проте результат діагностики за даними методами істотно залежить від якості вимірювання сигналів та наявності завод. Третій метод технічно більш складний, однак надає більш надійний результат. Таким чином, метою роботи є експериментальне порівняння результатів роботи методів діагностики АД на основі аналізу електричних сигналів.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

1. Діагностика за аналізом фазних струмів

Діагностика за аналізом фазних струмів є досить популярним методом у зв'язку з простотою вимірювання та запису сигналів струму у робочому режимі АД. Наразі існує велика кількість робіт, присвячених застосуванню даного методу для діагностики обривів

стрижнів ротора, дисбалансу ротора, коротких замикань в обмотці статора, а також для виявлення дефектів підшипникових вузлів [1–3]. Ідея даного методу полягає у співставленні дефектів АД з певними гармоніками спектра струму, як показано нижче.

Обрив стрижнів ротора.

Струми, які протікають у короткозамкненій обмотці ротора, призводять до виникнення трифазного магнітного поля з таким самим числом полюсів, як і магнітне поле статора. Однак це магнітне поле обертається на частоті ковзання відносно обертового ротора. У випадку симетрії короткозамкненої клітини ротора існує лише магнітне поле прямої послідовності, яке обертається на частоті ковзання відносно обертового ротора. У випадку несиметрії клітини ротора, що виникає, наприклад, унаслідок обриву стрижнів короткозамкненої клітини, виникають обертові магнітні поля зворотної послідовності на частоті ковзання відносно обертового ротора. Наслідком впливу цих полів на обмотку статора є виникнення гармонік струму та напруги на наступних частотах [1, 3]:

$$f_{bb} = f_s [l \pm 2s], \quad (1)$$

де f_s – частота мережі живлення; s – ковзання.

Дисбаланс ротора.

Існує три типи дисбалансу ротора: статичний, динамічний та змішаний. Всі види дисбалансу призводять до появи специфічних гармонійних компонент у спектрі сигналу струму фази. Розглянемо механізм їх формування.

Статичний дисбаланс проявляється на гармоніках частот прямування стрижнів ротора, які є бічними частотами основної гармоніки, і розраховуються як

$$f_{stat} = K_b n_s \pm n f_s, \quad (2)$$

де f_{stat} – частота, що відповідає статичному дисба-

лансу; K_b – кількість стрижнів ротора; n_s – частота обертання ротора; n – номер непарної гармоніки частоти мережі живлення.

Динамічний дисбаланс проявляється на основній гармоніці частоти прямування стрижнів ротора та її субгармоніках та бокових частотах робочої швидкості навколо них і розраховується як

$$f_{dyn} = K_b n_s \pm n f_s \pm n_s. \quad (3)$$

Змішаний дисбаланс.

На практиці виникнення статичного й динамічного дисбалансів зазвичай відбувається одночасно. В роботі [4] отримано вираз для визначення гармонік спектру струму у загальному випадку наявності змішаного ексцентриситету:

$$f_{mix} = f_s [1 \pm k(1-s)/p], \quad (4)$$

де $k = 0, 1, 2, \dots$ – кількість стрижнів ротора.

Короткі замикання в обмотці статора.

Пошкодження обмоток статора низьковольтних трифазних АД можна класифікувати наступним чином:

- виникнення короткозамкнених кіл у межах однієї фази: двигун може працювати, але невідомо, як довго;
- міжфазне замикання: двигун виходить з ладу, й захисне обладнання відключає його від мережі живлення;
- замикання фази на землю: двигун виходить з ладу, й захисне обладнання відключає його від мережі живлення;
- розімкнений контур однієї з фаз: двигун може продовжувати працювати залежно від навантаження, однак при цьому відбувається перегрів обмоток непошкоджених фаз.

Попередження відмови двигуна можливе лише у випадку ранньої діагностики короткозамкнених кіл у межах однієї фази за допомогою методів онлайн-діагностики. У низьковольтних двигунах, на відміну від високовольтних, проміжок часу між виникненням короткозамкнених кіл у межах однієї фази та відмовою двигуна доволі істотний. Це надає переваги, оскільки дозволяє своєчасно визначити виникнення пошкодження, контролювати його розвиток та своєчасно планувати ремонт, уникаючи значних витрат унаслідок виникнення аварій.

У роботах [2, 5] математично та експериментально показано, що складові спектру фазного струму, викликані витковими замиканнями у фазі, не є надійним індикатором для визначення пошкоджень статора. У роботах [2, 5] досліджено взаємодію пошкодженого статора та непошкодженого ротора, на основі чого математично та експериментально визначено частоти спектру струму, викликані наявністю виткових замикань. Обмотка статора, яка має пошкодження і є несиметричною, може продукувати в електромагнітному полі повітряного проміжку АД множини гармонік будь-якого порядку. Однак усі ці гармоніки модулюють одну й ту саму частоту – частоту мережі живлення. Гармоніки статора індукують струми у клітину ротора, а в обмотку статора індукується відбиток цих гармонік у вигляді нових гармонік електромагнітного поля у повітряному проміжку. Дослідження, проведені у роботах [4, 6], довели, що скла-

дові сигналу потоку у повітряному проміжку, які є функцією короткозамкнених витків, визначаються згідно з наступним виразом

$$f_{st} = f_s [n/p(1-s) \pm k], \quad (5)$$

де n – додатне ціле число (1, 2, 3...); k – додатне ціле непарне число.

Діагностика коротких замикань в обмотці статора на основі аналізу сигналу струму фази статора базується на визначенні частотних компонент, розрахованих згідно з виразом (5), які відбиваються у відповідних гармонійних складових сигналу струму фази.

Дефекти підшипників.

Дефекти підшипників призводять до виникнення вібрацій електричної машини. Оскільки підшипники утримують ротор, їх вібрації призводять до коливань у повітряному проміжку між статором і ротором. Ці коливання призводять до виникнення гармонік у сигналі струму на частотах, які визначаються згідно з виразом [1]:

$$f_{brg} = [f_s \pm m f_{i,o}], \quad (6)$$

де $m = 1, 2, 3, \dots$; $f_{i,o}$ – характерна вібраційна частота, яка залежить від геометричних розмірів підшипника:

$$f_{i,o} = 0,5 n f_v [1 \pm bd/pd \cos(\beta)],$$

де n – кількість шариків у підшипнику; f_v – швидкість обертання ротора, Гц; bd – діаметр шарика; pd – відстань між шариками; β – контактний кут шарика та доріжки кочення.

2. Діагностика за аналізом сигналу потужності

На відміну від спектрів напруги та струму, які мають лише основну гармоніку на частоті мережі живлення f_s , спектр потужності має постійну складову $U_1 I_1 \cos(\varphi)$ та основну гармоніку на подвійній частоті мережі живлення $2f_s$.

З метою всебічного аналізу технічного стану двигуна та уникнення похибок доцільно додатково виконувати аналіз сумарної потужності трьох фаз АД, яка є сумою фазних потужностей:

$$P_{tot}(t) = u_A(t)i_A(t) + u_B(t)i_B(t) + u_C(t)i_C(t).$$

Сумарна потужність трьох фаз містить більше діагностичної інформації та дозволяє виявляти не тільки дефекти, що спричиняють модуляцію фазних електричних сигналів, але й дефекти, що виникають унаслідок несиметрії двигуна або мережі живлення, які призводять до несиметрії електричних сигналів за фазами. У випадку симетричного АД та мережі живлення сигнал сумарної потужності трьох фаз містить лише постійну складову, тому будь-яке пошкодження двигуна або несиметрія системи електроприводу призводить до появи унікальних гармонік, що можна використати для точного визначення типу пошкодження.

Обрив стрижнів ротора.

Обрив стрижнів ротора призводить до модуляції струму статора. Вираз для модульованого струму, з урахуванням (1):

$$\begin{aligned} i_m(t) &= i(t) [1 + I_m \cos(2\pi f_{bb} t)] = \\ &= i(t) + \frac{\sqrt{2}}{2} I_1 I_m \left[\cos(2\pi(f_s - f_{bb})t - \varphi) + \right. \\ &\quad \left. + \cos(2\pi(f_s + f_{bb})t - \varphi) \right], \quad (7) \end{aligned}$$

де I_m – амплітуда моделюючої частоти; I_1 – амплітуда основної гармоніки; $i(t)$ – миттєві значення струму АД за умови роботи без дефектів.

Згідно з виразом (7), спектр струму фази, додатково до гармоніки основної частоти, містить її дві бічні гармоніки на частотах $f_s - f_{bb}$ та $f_s + f_{bb}$.

Тоді модульована потужність фази буде описуватись наступним виразом:

$$p_m(t) = i_m(t)u(t) = P_0 + U_1 I_1 \cos(\varphi) \cos(2\omega t) + U_1 I_1 \sin(\varphi) \sin(2\omega t) + \left(I_1 I_m U_1 \cos[2\pi(f_s - f_{bb})t - \varphi] + I_1 I_m U_1 \cos[2\pi(f_s + f_{bb})t - \varphi] \right) \cos(2\omega t). \quad (8)$$

Цей вираз демонструє, що спектр потужності фази містить, окрім постійної складової P_0 та двох бічних компонент основної гармоніки на частотах $2f_s - f_{bb}$ та $2f_s + f_{bb}$, додаткову складову на частоті модуляції f_{bb} , яка є додатковим діагностичним параметром.

У випадку симетричного АД електроприводу відбувається компенсація гармонік, викликаних дефектами, і спектр сумарної потужності трьох фаз містить лише постійну складову та гармоніку на частоті $2f_s + f_{bb}$.

Будь-який вид несиметрії АД електроприводу призводить до виникнення додаткових гармонік у спектрі сумарної потужності трьох фаз на частоті модуляції f_{bb} , бічної гармоніки на частоті $2f_s - f_{bb}$ та основної гармоніки потужності на подвійній частоті мережі живлення $2f_s$.

Дисбаланс ротора.

У випадку змішаного дисбалансу ротора гармоніки струму частот f_r , що визначаються згідно з виразом (4), призводять до модуляції фазного струму:

$$i_{ecc}(t) = i(t) + \frac{\sqrt{2}}{2} I_1 \sum_{k=1}^K \begin{bmatrix} I_{e1k} \cos(2\pi(f_s - kf_r)t - \alpha_{e1k} - \varphi) + \\ + I_{e2k} \cos(2\pi(f_s + kf_r)t - \alpha_{e2k} - \varphi) \end{bmatrix}, \quad (9)$$

де I_{e1k}, α_{e1k} – амплітуда та початковий кут фази частоти модуляції $f_s - kf_r$; I_{e2k}, α_{e2k} – амплітуда та початковий кут фази частоти модуляції $f_s + kf_r$.

У цьому випадку миттєва потужність фази АД, який має дисбаланс ротора, описується згідно з наступним виразом:

$$p_{ecc}(t) = i_{ecc}(t)u(t) = P_0 + U_1 I_1 \cos(\varphi) \cos(2\omega t) + U_1 I_1 \sin(\varphi) \sin(2\omega t) + \sqrt{2} U_1 \cos(2\omega t) \sum_{k=1}^K \begin{bmatrix} I_{e1k} \cos \left[\begin{matrix} 2\pi(f_s - kf_r)t - \\ - \alpha_{e1k} - \varphi \end{matrix} \right] + \\ + I_{e2k} \cos \left[\begin{matrix} 2\pi(f_s + kf_r)t - \\ - \alpha_{e2k} - \varphi \end{matrix} \right] \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Дисбаланс ротора призводить до появи у спектрі потужності фаз бічних компонент відносно основної

гармоніки на частотах $2f_s - kf_r$ та $2f_s + kf_r$, а також додаткової гармоніки на частоті kf_r .

Пошкодження обмоток статора

За аналогією з (7), модульований унаслідок наявності короткозамкнених витків струм фази статора можна описати наступним виразом:

$$i_m(t) = i(t) \left[I + I_m \cos(2\pi f_{st} t - \varphi) \right] = i(t) + \sqrt{2} / 2 I_1 I_m \left[\cos(2\pi f_{st} t - \varphi) \right] \quad (11)$$

Згідно з виразом (11), спектр струму фази, додатково до гармоніки основної частоти, містить гармоніки на частотах f_{st} , що залежать від конструктивних особливостей машини й визначаються згідно з (5).

Тоді модульована потужність фази буде описуватись наступним виразом:

$$p_m(t) = i_m(t)u(t) = P_0 + U_1 I_1 \cos(\varphi) \cos(2\omega t) + U_1 I_1 \sin(\varphi) \sin(2\omega t) + I / (2 I_1 I_m U_1 \cos[2\pi f_{st} t - \varphi] \cos(2\omega t)). \quad (12)$$

Отже, наявність несиметрії обмоток статора, що виникає внаслідок короткозамкнених витків, призводить до виникнення у спектрі сигналу потужності гармонік на частотах модуляції f_{st} та їх комбінації з основною частотою мережі живлення.

Пошкодження підшипників.

Вібрації, що виникають унаслідок дефектів підшипників, призводять до модуляції сигналу струму з частотою, що визначається згідно з виразом (6). Тоді модульований унаслідок вібрацій підшипників струм можна визначити як

$$i_{brg}(t) = i(t) + \frac{\sqrt{2}}{2} I_1 \sum_{k=1}^K \begin{bmatrix} I_{b1k} \cos(2\pi(f_s - kf_{brg})t - \alpha_{b1k} - \varphi) + \\ + I_{b2k} \cos(2\pi(f_s + kf_{brg})t - \alpha_{b2k} - \varphi) \end{bmatrix},$$

де I_{b1k}, α_{b1k} – амплітуда та початковий кут фази частоти модуляції $f_s - kf_{brg}$; I_{b2k}, α_{b2k} – амплітуда та початковий кут фази частоти модуляції $f_s + kf_{brg}$.

За аналогією з (10), миттєва потужність фази двигуна, який має пошкодження підшипників, визначається згідно з виразом:

$$p_{brg}(t) = i_{brg}(t)u(t) = P_0 + U_1 I_1 \cos(\varphi) \cos(2\omega t) + U_1 I_1 \sin(\varphi) \sin(2\omega t) + I U_1 \cos(2\omega t) \sum_{k=1}^K \begin{bmatrix} I_{b1k} \cos(2\pi(f_s - kf_{brg})t - \alpha_{b1k} - \varphi) + \\ + I_{b2k} \cos(2\pi(f_s + kf_{brg})t - \alpha_{b2k} - \varphi) \end{bmatrix}.$$

Дефекти підшипників призводять до виникнення у спектрі потужності фаз АД бічних гармонік відносно основної з частотами $2f_s - kf_{brg}$ та $2f_s + kf_{brg}$, додаткової гармоніки на частоті kf_{brg} та гармонік,

що виникають унаслідок комбінації частот f_{brg} з частотами, кратними до основної частоти мережі живлення.

Експериментальна перевірка ефективності розглянутих методів.

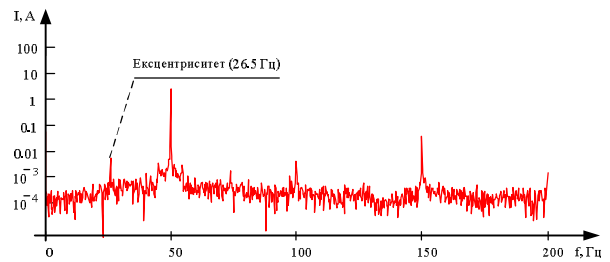
Для перевірки ефективності розробленого методу діагностики та оцінки технічного стану АД на основі аналізу сигналу потужності та порівняння даного методу з методом гармонійного аналізу спектру струму було проведено низку дослідів з ідентичними АД типу АИР80В4У2, в які штучно було внесено дефекти статора і ротора. Для дослідження несиметрії обмоток статора у фазі С одного зі статорів зроблено відпайки відповідно до схеми, наведеної у [7]. Для дослідження обриву короткозамкнених стрижнів у роторах висвердлено отвори для порушення електричного контакту стрижнів із короткозамкненим кільцем. Оскільки двигуни є ідентичними, то для дослідження різних дефектів та їх комбінацій є можливість змінювати досліджувані ротори і статори.

Для аналізу обрано випадки, за якими можна досліджувати розвиток ступеню таких дефектів, як обрив стрижнів ротора та параметрична несиметрія обмоток статора. Відповідність наявних дефектів порядковому номеру виконаних дослідів наведено у табл. 1. Усі досліді наведено для випадку роботи АД з номінальним навантаженням.

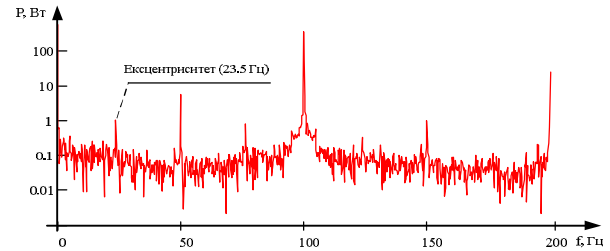
Таблиця 1 – Досліді зі штучними пошкодженнями АД

№ з/п	Тип пошкодження	Несиметрія фази С, %	Кількість обірваних стрижнів ротора
1	Непошкоджений АД	–	–
2	Параметрична несиметрія обмоток статора	0,3	–
3		2,52	–
4		14	–
5	Обрив стрижнів ротора	–	1
6		–	2
7		–	3
8	Параметрична несиметрія обмоток статора та обрив стрижнів ротора	2,52	1
9		2,52	2
10		2,52	3

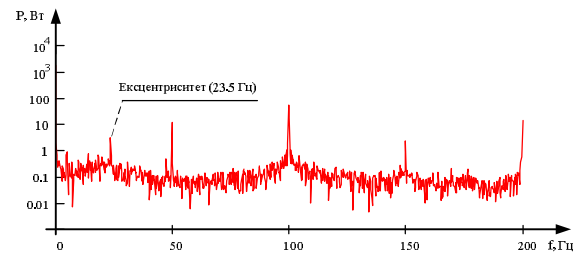
За попереднім аналізом спектрального складу фазного струму та потужності, а також сумарної потужності трьох фаз базового варіанту АД (дослід № 1) можна сказати, що досліджуваний АД без штучних пошкоджень має ексцентриситет, про що свідчить гармоніка на частоті обертання у спектрі сигналу струму (рис. 1,а) та її комбінації з основною частотою мережі живлення у спектрах сигналу потужності (рис. 1,б,в). Ексцентриситет пояснюється зміщенням центральної вісі статора відносно центральної вісі ротора внаслідок процедур збирання–розбирання досліджуваного АД.



а) спектр струму фази А для досліду № 1



б) спектр потужності фази А



в) спектр сумарної потужності трьох фаз

Рисунок 1 – Спектри електричних сигналів для досліду № 1

Розглянемо аналіз експериментальних даних для найбільш характерних випадків: параметричної несиметрії фази С на рівні 2,52 %, обриву двох стрижнів ротора та наявності одночасно двох розглянутих дефектів (табл. 1, досліді № 3, 6, 8 відповідно).

Для випадку параметричної несиметрії обмоток статора у спектрі сигналу струму фази АД, окрім гармонік, пов'язаних з ексцентриситетом ротора, виникають гармоніки на частотах, розрахованих згідно з виразом (5), які викликані несиметрією обмоток статора (рис. 2,а). У спектрі сигналу потужності фази та у спектрі сигналу сумарної потужності трьох фаз виникають гармоніки, що визначаються згідно з (12) (рис. 2,б,в). Слід зазначити, що амплітуди гармонік потужності, пов'язаних з несиметрією статора, є більшими за амплітуди аналогічних гармонік спектру струму.

За наявності обриву стрижнів ротора у спектрі сигналу струму з'являються бічні гармоніки основної частоти мережі живлення, що визначаються згідно з (1) (рис. 3,а). У спектрах потужності фази та сумарної потужності трьох фаз, окрім бічних гармонік подвійної частоти мережі живлення, виникає низькочастотна складова на частоті модуляції (у даному випадку 5,5 Гц), яка є додатковою діагностичною ознакою (рис. 3,б,в). Цей факт підтверджує справедливості виразу (8).

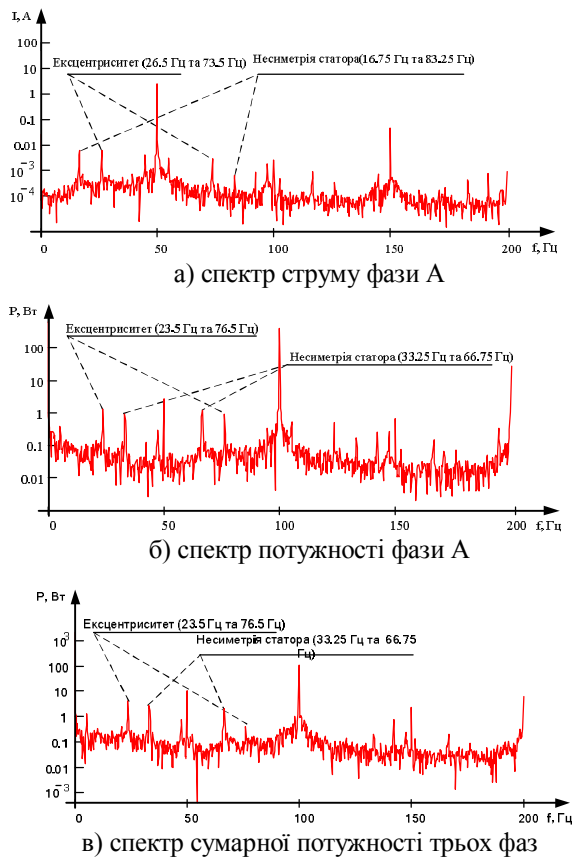


Рисунок 2 – Спектри електричних сигналів для досліду № 3

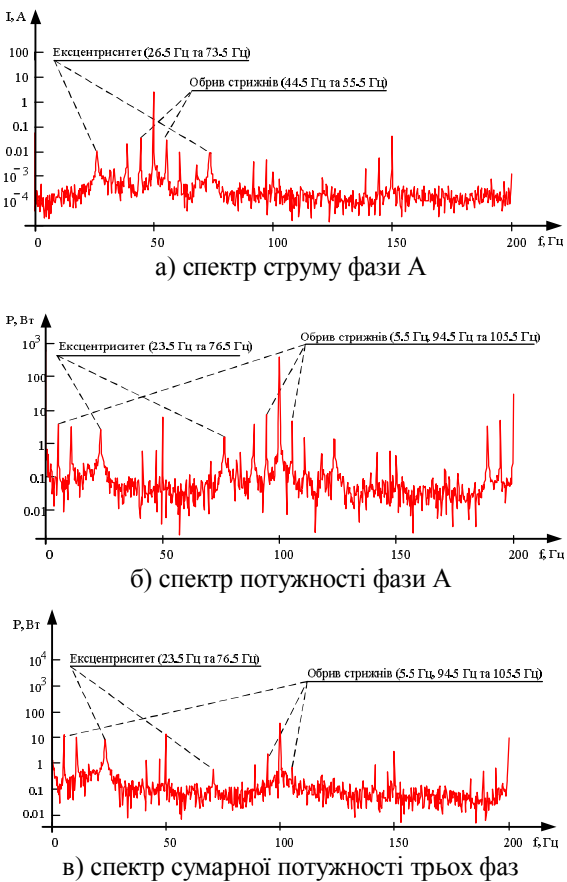


Рисунок 3 – Спектри електричних сигналів для досліду № 6

У випадку наявності одночасно двох розглянутих дефектів гармоніки струму фази, що пов'язані з несиметрією обмоток статора, є досить незначними порівняно з іншими гармоніками спектру і можуть бути помилково визначено як завади (рис. 4,а).

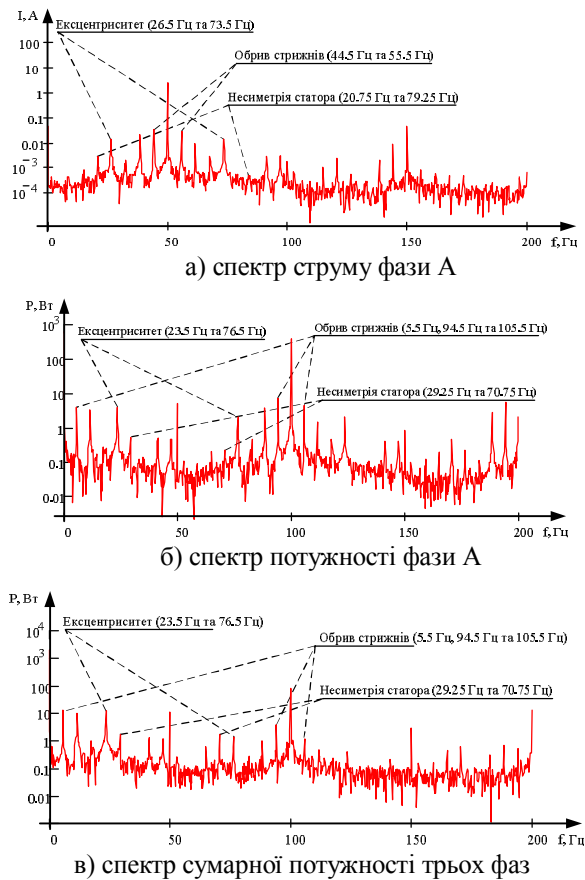


Рисунок 4 – Спектри електричних сигналів для досліду № 8

У спектрах сигналів потужності амплітуди гармонік, пов'язаних з несиметрією, легко визначити. Так само легко визначити гармоніки, пов'язані з обривом стрижнів (рис. 4,б,в). Таким чином, проведений аналіз показав, що діагностика дефектів АД, проведена за аналізом спектру потужності, є більш надійною, оскільки містить більшу кількість діагностичної інформації, оперує з більшими амплітудами гармонік, пов'язаних з дефектами, а також придатна для визначення одночасно наявних дефектів.

ВИСНОВКИ. Проведений аналіз експериментальних даних роботи АД з наявністю найбільш розповсюджених дефектів показав, що діагностика АД, виконана на основі аналізу спектру потужності, є більш надійною, оскільки містить більшу кількість діагностичної інформації, оперує більшими значеннями амплітуд гармонік, пов'язаних з дефектами, а також придатна для визначення одночасно наявних дефектів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Benbouzid M.E.H. A Review of Induction Motors Signature Analysis as a Medium for Faults Detection

// IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2000. – Iss. 47. – № 5. – PP. 984–993.

2. Joksimovic G.M., Penman J. The Detection of Inter-Turn Short Circuits in the Stator Winding of Operating Motors // IEEE Transactions on Industry Applications. – 2000. – Iss. 47. – № 5. – PP. 1078–1084.

3. Bonnett A.H., Soukup G.C. Cause and analysis of stator and rotor failures in three-phase squirrel-cage induction motor // IEEE Industry Applications. – 1992. – Iss. 28 (4). – PP. 921–937.

4. Dorrell D.G., Thomson W.T., Roach S. Combined effects of static and dynamic eccentricity on air gap flux waves and the application of current monitoring to detect dynamic eccentricity in 3-phase induction motors // Electrical Machines and Drives. – 1995. – Seventh International Conference on (Conf. Publ. № 412), Durham, UK. – PP. 151–155.

5. Jover Rodríguez P., Belahcen A., Arkkio A. Signatures of Electrical Faults in the Force Distribution and Vibration Pattern of Induction Motors // IEEE Proceedings. Electric Power Applications. – 2006. – Iss. 153. – № 4. – PP. 523–529.

6. Cusido J., Romeral L., Ortega J.A. and oth. Fault Detection in Induction Machines Using Power Spectral Density in Wavelet Decomposition // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2008. – Iss. 55. – № 2. – PP. 633–643.

7. Zagirnyak M.V., Kalinov A.P., Mamchur D.V. Substantiation and experimental verification of instantaneous power spectra analysis as a method for induction motors fault detection // Електротехнічні та комп'ютерні системи. Наук-техн. журнал. – 2011. – № (03) 79. – С. 423–426.

EXPERIMENTAL VERIFICATION OF EFFECTIVENESS OF THE INDUCTION MOTORS DIAGNOSTIC METHODS BASED ON ELECTRIC SIGNALS ANALYSIS

D. Mamchur, M. Zagirnyak, A. Kalinov

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: scenter@kdu.edu.ua

The theoretical basis of an induction motor diagnostic system based on the phase current analysis was considered. An approach to providing an induction motor diagnostics based on the each phase power and on the total three-phase power signals analysis was proposed. Theoretical basics, underlying both methods, are grounded on the electrical signals spectra analysis and the detection of specific harmonics, related to specific damage type. Experimental tests of the effectiveness both considered methods showed advantages of the method, based on power signal analysis.

Key words: diagnostics, induction motor, spectra analysis.

REFERENCES

1. Benbouzid M.E.H. A Review of Induction Motors Signature Analysis as a Medium for Faults Detection // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2000. – Iss. 47. – № 5. – PP. 984–993.

2. Joksimovic G.M., Penman J. The Detection of Inter-Turn Short Circuits in the Stator Winding of Operating Motors // IEEE Transactions on Industry Applications. – 2000. – Iss. 47. – № 5. – PP. 1078–1084.

3. Bonnett A.H., Soukup G.C. Cause and analysis of stator and rotor failures in three-phase squirrel-cage induction motor // IEEE Industry Applications. – 1992. – Iss. 28 (4). – PP. 921–937.

4. Dorrell D.G., Thomson W.T., Roach S. Combined effects of static and dynamic eccentricity on air gap flux waves and the application of current monitoring to detect dynamic eccentricity in 3-phase induction motors // Electrical Machines and Drives. – 1995. – Seventh International Conference on (Conf. Publ. № 412), Durham, UK. – PP. 151–155.

5. Jover Rodríguez P., Belahcen A., Arkkio A. Signatures of Electrical Faults in the Force Distribution and Vibration Pattern of Induction Motors // IEEE Proceedings. Electric Power Applications. – 2006. – Iss. 153. – № 4. – PP. 523–529.

6. Cusido J., Romeral L., Ortega J.A. and oth. Fault Detection in Induction Machines Using Power Spectral Density in Wavelet Decomposition // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2008. – Iss. 55. – № 2. – PP. 633–643.

7. M. Zagirnyak, A. Kalinov, D. Mamchur Substantiation and experimental verification of instantaneous power spectra analysis as a method for induction motors fault detection // Electrical and computer systems. Science-Engineering magazine. – 2011. – Iss. 79. – № 3. – PP. 423–426.

Стаття надійшла 28.07.2012.

Рекомендовано до друку
д.т.н., проф. Чорним О.П.