

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЇ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Гарелих А. Ю., магістрант, anton_donntu@mail.ru;

Тарасюк В. П., к.т.н., доцент, vita_post@mail.ru

*Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний
технічний університет», м. Красноармійськ, Україна*

Існуючі структурні й математичні моделі формування діагностичних параметрів, що відображаються високочастотними вібраціями асинхронних електродвигунів, побудовані на гіпотезі однозначного взаємозв'язку енергетичних параметрів вібрації з мірами серйозності дефектних елементів [1] (рівнем динамічного навантаження, що викликано дефектом, розмірами дефекту і т.д.). Деякі з них враховують так само зв'язок кінематики дефекту й оборотної частоти ротора із частотою пульсації середньої потужності вібрації. Однак неможливість пояснити на основі цих моделей погіршення вірогідності діагностики при виборі області резонансів конструкції у якості інформативної, де енергетичний рівень інформативної компоненти вібрації вище, указує на обмеженість моделей та їхню недостатність для подальшого удосконалювання систем вібродіагностики у напрямку підвищення вірогідності діагнозів. Ці обставини й обумовлюють необхідність створення нових моделей, що дозволяють врахувати більш тонкі механізми формування діагностичних параметрів, які відображаються високочастотною вібрацією опори кочення.

Істотними вимогами, які ставляться до розроблювальних моделей є:

- вони повинні враховувати особливості процесу формування високочастотної вібрації в опорі асинхронного двигуна;
- вони повинні враховувати комплексний характер діагностичних параметрів, формування яких розроблювальні моделі описують.

Перша вимога фактично означає необхідність урахування впливу на процес формування вібрації нерівностей поверхонь кочення мінімального розміру при мінімальній товщині мастильного шару. Друге – урахування впливу динамічних навантажень, прикладених до контакту, на частотні та енергетичні параметри коливання, що описують високочастотну вібрацію, водночас.

Для циліндричних контактуючих тіл контурні площадки мають вид вузьких смужок, що лежать у площині зони контактування тіл й орієнтованих уздовж осей тіл кочення. Ширина смуги Δu повинна бути досить малою, що б у її межах контурний тиск змінювався незначно й величину цього контурного тиску можна було б вважати незмінної.

Таким чином, якщо для контурної площадки Δs кількість мікроконтактів як функція тиску P описується вираженням [1]:

$$n_{\Delta s}(P) = C_{n\Delta s} P,$$

а величина контурного тиску підпорядковується залежності:

$$P(y) = P_0 \cos \frac{\pi}{2b} y,$$

то для будь-якої контурної площадки такої ж площі одержимо залежність кількості мікроконтактів від координати y й тиску P :

$$n_{\Delta s}(P, y) = P_0 C_{n\Delta s} \cos \frac{\pi}{2b} y,$$

де $C_{n\Delta s}$ – постійна контактування для площадки $\Delta s = \Delta y l$; b, l – ширина й довжина зони контактування, відповідно; P_0 – тиск у центрі контактної зони; y – відстань від елементарної площадки до центра контакту.

Для малих значень $\Delta y < y$, що справедливо майже скрізь на інтервалі $(-b; b)$ крім точки $y = y_0$, де $n_0(P_0, y = 0) = 0$, може бути визначена тривалість i -го силового імпульсу, формованого i -им мікроконтактом [2], що виникає при $y = y_i$ і зникає при $y = -y_i$

$$t_i = \frac{2y_i}{V} = \frac{4y_i}{D_\epsilon \omega_\epsilon},$$

де $V = D_\epsilon \omega_\epsilon / 2$ – швидкість кочення; D_ϵ – діаметр тіла кочення; ω_ϵ – кутова швидкість тіла кочення.

Комплексний спектр прямокутного імпульсу тривалістю t_i має вид:

$$S_i(\omega, t_i) = q_i t_i \frac{\sin \frac{\omega t_i}{2}}{\frac{\omega t_i}{2}}, \quad (1)$$

де q_i – амплітуда i -го силового імпульсу, обумовленого деформацією i -го мікровиступу.

Цей же спектр (1), що залежить від координати початку контактування y_i може бути представлений у виді [3]:

$$S_i(\omega, t_i) = q_i \frac{4y_i}{D_\epsilon \omega_\epsilon} \frac{\sin \frac{\omega}{2} \frac{4y_i}{D_\epsilon \omega_\epsilon}}{\frac{\omega}{2} \frac{4y_i}{D_\epsilon \omega_\epsilon}} = q_i \frac{2 \sin \frac{2\omega y_i}{D_\epsilon \omega_\epsilon}}{\omega}. \quad (2)$$

Після інтегрування (2) і одержимо:

$$S_\Sigma(\omega, P_0) = \frac{8C_n P_0 q_0}{\pi D_\epsilon \omega_\epsilon} \frac{1}{1 - \frac{16b^2 \omega^2}{\pi^2 D_\epsilon^2 \omega_\epsilon^2}} \cos \frac{2}{D_\epsilon \omega_\epsilon} \omega b. \quad (3)$$

Величина q_i має випадкову природу, що обумовлена формою й розмірами мікровиступів, а так само матеріалом контактуючих поверхонь.

З аналізу результатів моделювання можна зробити висновок, що:

1. Високочастотна границя спектра збуджуючої сили знаходиться в пропорційній залежності від лінійної швидкості в контакті кочення ($V = D_{\epsilon} \omega_{\epsilon} / 2$) і змінюється за законом ступеня $(-1/3)$ від P_k ;
2. Спектральна густина сили вібрації в області низьких частот змінюється за законом ступеня $(2/3)$ у залежності від навантаження на контакт;
3. З підвищенням лінійної швидкості в контакті відбувається перерозподіл енергії також за рахунок зниження рівня низькочастотних компонентів вібрації за законом $(1/V)$.

Література

1. Барков А.В. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации / А.В. Барков, Н.А. Баркова, А.Ю. Азовцев. — Л.: АО ВАСТ, 1997. — 170 с.
2. Воронцов А.Г. Элементы теории высокочастотной вибродиагностики роторных машин: [монография] / А.Г. Воронцов. — Донецьк: РВА ДонНТУ, 2002. — 137 с.
3. Шебалин О.Д. Физические основы колебаний и акустики / О.Д. Шебалин. — М.: Высш. школа, 1981. — 263 с.

Анотація

Розроблено математичну модель формування діагностичних параметрів вібрації. Високочастотна границя спектра збуджуючої сили знаходиться у пропорційній залежності від лінійної швидкості в контакті кочення. Спектральна густина сили вібрації в області низьких частот змінюється у залежності від навантаження на контакт. З підвищенням лінійної швидкості в контакті відбувається перерозподіл енергії за рахунок зниження рівня низькочастотних компонентів вібрації.

Ключові слова: вібрація, спектр, сигнал, асинхронний двигун, діагностика.

Аннотация

Разработана математическая модель формирования диагностических параметров вибрации. Высокочастотная граница спектра возбуждающей силы находится в пропорциональной зависимости от линейной скорости в контакте качения. Спектральная плотность силы вибрации в области низких частот изменяется в зависимости от нагрузки на контакт. При повышении линейной скорости в контакте происходит перераспределение энергии за счет снижения уровня низкочастотных компонент вибрации.

Ключевые слова: вибрация, спектр, сигнал, асинхронный двигатель, диагностика.

Abstract

Mathematical model of vibration diagnostic parameters formation has been developed. High-frequency spectrum boundary of exciting force proportionally depends on linear speed of rolling contact. Spectral density of the vibration intensity of the low-frequency range varies as a function of the load on a contact. As a linear speed increases, redistribution of energy is performed in a contact due to decrease in a low-frequency range vibration.

Keywords: vibration, spectrum, signal, asynchronous motor, diagnostics