

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Каждый из элементов подшипника может находиться в определенном состоянии работоспособности или в состоянии отказа. По отказом имеется в виду случай критического состояния при котором увеличивается шум, вибрация, ударные импульсы, вызывающими дефектами внутренней и внешней дорожек качения или элементов качения и сепаратора.

Совокупность состояний элементов подшипника однозначно определяет состояние подшипника в целом.

Показатель эффективности функционирования количественно характеризует качество выполнения подшипником своих функций при условии, что он при этом находится именно в данном состоянии.

Показатель эффективности функционирования подшипника в i -м состоянии можно определить по формуле:

$$E(t) = \sum_i h_i(t) \Phi_i, \quad (1)$$

где: $h_i(t)$ - вероятность, что подшипник в момент времени t находится в i -м состоянии;

Φ_i - условный показатель эффективности функционирования подшипника в i -м состоянии.

Для подшипника, состоящего из n взаимно независимых элементов, каждый из которых может находиться в двух состояниях (работоспособности или отказа), вероятность $h_i(t)$ выражается через показатели надежности элементов подшипника.

Вероятность того, что все элементы подшипника работоспособны,

$$h_0(t) = r_1(t) r_2(t) \dots r_n(t) = \prod_{i=1}^n r_i(t), \quad (2)$$

где: $n = z + \eta + \zeta$,

n - число элементов подшипника,

z - число элементов качения,

η - число элементов входящих в подшипник (внутренние и наружное кольцо, сепаратор и т.д.);

ζ - число факторов, влияющих на работоспособность подшипника (вязкость смазки, запыленность, разноразмерность и др.).

Вероятность того, что в состоянии отказа находится только i -й элемент подшипника, определяется зависимостью:

$$h_i(t) = r_1(t) \dots r_{i-1}(t) q_i(t) r_{i+1}(t) \dots r_n(t) = \frac{q_i(t)}{r_i(t)} \prod_{k=1}^n r_k(t), \quad (3)$$

Вероятность того, что в состоянии отказа находится только i -й и j -й элементы подшипника, будет:

$$h_{ij}(t) = \frac{q_i(t)}{r_i(t)} \times \frac{q_j(t)}{r_j(t)} \prod_{k=1}^n r_k(t), \quad (4)$$

где: $r_i(t)$ - вероятность состояния работоспособности i -го элемента подшипника в момент времени t ,

$$q_i(t) = 1 - r_i(t); \quad (5)$$

в случае, если имеет место условие:

$$\max q_i(t) \ll \frac{1}{n}, \quad (6)$$

Оценка эффективности функционирования подшипника может быть произведена по приближенной формуле,

$$P(t) = \Phi_0 \left[1 - \sum_{i=1}^n q_i(t) (1 - \Phi_i^*) \right], \quad (7)$$

где: Φ_0 - условный показатель эффективности состояния S_0 ,

$$\Phi_i^* = \frac{\Phi_i}{\Phi_0};$$

Для подшипника, имеющего 7 шариков, работоспособность элементов подшипника, будет определяться зависимостью:

$$h_0(t) = r_1(t) r_2(t) \dots r_n(t) = \prod_{i=1}^n r_i(t) = \prod_{i=1}^{11} r_i(t). \quad (8)$$

Нами было исследована возможность влияния разноразмерности шариков на вибрацию подшипника. В ходе эксперимента определяли акустическую эмиссию и вибрацию подшипников. Исследование проводилось в экспериментальной лаборатории ОАО «МПЗ» на испытательном стенде ВНИПП-542. Были выполнены записи

виброшумов подшипника и проведен спектральный анализ пакетом обработки сигналов (ПОС.).

Установлено, что при увеличении разноразмерности шариков в спектрах вибрации подшипников происходит увеличение уровней вибрации.

Таблица 1

Геометрические параметры внутренних и наружных колец

Геометрический параметр	Величина	
	Номер подшипника	
	1	4
Внутреннее кольцо:		
Внутренний диаметр, мм	25	25
Отклонение внутреннего диаметра, мкм.	-3...-4/-1...-2	-2...-4/-2...-4
Диаметр желоба, мм	31.991	31.991
Отклонение диаметра желоба, мкм.	-54...-58	-50...-54
Овал желоба, мкм.	4	4
Не перпендикулярность оси желоба торцам, мкм.	6	6
Положение оси желоба к торцам, мкм.	-12...-18	-16...-22
Разностенность желоба, мкм.	2	2
Не перпендикулярность внутреннего диаметра торцам, мкм.	4	4
Наружное кольцо:		
Наружный диаметр, мм	62	62
Отклонение наружного диаметра, мкм.	-4...-6/-1...-4	-6...-9/-2...-4
Диаметр желоба, мм	55.009	55.009
Отклонение диаметра желоба, мкм.	-56...-58	-70...-74
Овал желоба, мкм.	2	4
Не перпендикулярность оси желоба торцам, мкм.	4	8
Положение оси желоба к торцам, мкм.	-30...-34	+4...-4
Разностенность желоба, мкм.	4	5

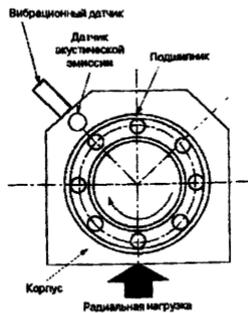


Рис. 1. Схема испытательной машины для исследования подшипников

Таблица 2

Значения уровней вибрации

Условное обозначение	Частота, кГц	
	0.137	0.156
1-1-1	0.036	0.011
1-1-2	0.056	0.057
1-1-3	0.064	0.054
1-4-1	0.113	0.119
1-4-2	0.089	0.089
1-4-3	0.092	0.122
1-6-1	0.258	0.305
1-6-2	0.273	0.264
1-6-3	0.210	0.253
4-1-1	0.074	0.076
4-1-2	0.078	0.064
4-1-3	0.065	0.065
4-4-1	0.142	0.135
4-4-2	0.125	0.130
4-4-3	0.156	0.131
4-6-1	0.249	0.205
4-6-2	0.277	0.227
4-6-3	0.252	0.232

Исходя из результатов эксперимента, можно сделать вывод, что по различию между амплитудами частотной составляющей сигналов акустической эмиссии и вибраций, нормальных подшипников качения и подшипников с разноразмерными шариками (дефектами) можно судить о наличии дефекта, его месте и причинах. Следовательно, метод исследования акустической эмиссии как один из методов неразрушающего контроля, пригоден для диагностики состояния подшипников качения и раннего обнаружения дефектов.

Для того, чтобы более точно определять ресурс подшипника, необходимо наряду с расчетными применять акустические методы выявления дефектов. В этом случае, можно определить не только место повреждения, но и наблюдать его развитие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галахов М.А., Бурмистров А.Н. расчет подшипниковых узлов.-М: машиностроение, 1988.-272 с.
2. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.З. надежность машин.-М: Высш.шк., 1988.-238 с.
3. Скойбеда А.Т., Достанко Г.А., Кривко Г.П., Эльмессауди Дрисс. Исследование влияние разноразмерности шариков на вибрацию подшипников. Сборник трудов первой международной научно-практической конференции г. Минск, 11-13 декабря 2002 г.
4. Клюева В.В., приборы и системы для измерения вибрации, шума и удара: Справочник в 2-х т.-Машиностроение, 1978.-448с.
5. Самохин О. Н., Авдеев А.М., Варламов Е.Б.(Обзор).-М.: ЦНИТЭИавтопром, 1988.-77с.
6. Васильев Б.В., Прогнозирование надежности и эффективности динамических систем. в кн. О надежности сложных технических систем. М. «Сов.радио» 1966.