

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Abstract: In the article the technique of identification of defects of machines and equipment based on methods of digital processing of a signal is offered, on the base of which numerical research is conducted and the frequencies in a spectrum of a researched appropriating certain faults of bearings are chosen. Choosing researched range frequencies is implemented with the help of strict maxima, strong threshold and informative frequencies.

Key words: identification of defects of machines and equipment, discrete Fourier transform, vibrosignal, allocation of researched range frequencies, informative frequencies, strict maxima, strong threshold.

Анотація: У статті запропонована методика ідентифікації дефектів машин і устаткування, заснована на методах цифрової обробки сигналу, на основі якої проведено чисельне дослідження й виділені частоти у спектрі досліджуваного вібросигналу, що відповідають певним несправностям підшипників. Виділення досліджуваного діапазону частот здійснюється за допомогою строгих максимумів, твердого порога й обліку інформативних частот.

Ключові слова: ідентифікація дефектів машин і устаткування, дискретне перетворення Фур'є, вібросигнал, виділення досліджуваного діапазону частот, інформативні частоти, строгі максимуми, твердий поріг.

Аннотация: В статье предложена методика идентификации дефектов машин и оборудования, основанная на методах цифровой обработки сигнала, на основе которой проведено численное исследование и выделены частоты в спектре исследуемого вибросигнала, соответствующие определенным неисправностям подшипников. Выделение исследуемого диапазона частот осуществляется с помощью строгих максимумов, жесткого порога и учета информативных частот.

Ключевые слова: идентификация дефектов машин и оборудования, дискретное преобразование Фурье, вибросигнал, выделение исследуемого диапазона частот, информативные частоты, строгие максимумы, жесткий порог.

1. Введение

Актуальность. В настоящее время является актуальной разработка систем, предназначенных для идентификации дефектов машин и оборудования. Эти системы имеют широкую область применения: обнаружение неисправностей вентиляторов, подъемных машин, насосов и др.

Суть вопроса. В литературе приведены системы обнаружения неисправностей, выделяющие только определенные дефекты [1–2]. Кроме того, эти методы часто обладают высокой вычислительной сложностью и требуют дорогостоящего оборудования.

Постановка задачи. Для повышения надежности обнаружения неисправностей необходимо разработать методику идентификации дефектов машин и оборудования.

2. Идентификация дефектов машин и оборудования

В статье рассматриваются:

- классификация машин;
- выбор набора признаков;
- выбор метода идентификации дефектов;
- количественный анализ предложенной методики.

При оценке вибрационного состояния выделяют четыре класса машин [3]:

а) класс 1 (W_1) – машины мощностью до 15 кВт;

б) класс 2 (W_2) – машины мощностью от 15 кВт до 875 кВт без специальных фундаментов

или до 300 кВт на специальных фундаментах;

в) класс 3 (W_3) – машины мощностью до 10000 кВт;

г) класс 4 (W_4) – машины мощностью более 10000 кВт.

Для машин каждого класса, работающих в установившемся режиме, формируется эталон

$$E = (e_1, e_2, e_3, e_4, e_5),$$

где e_1 – пороговая амплитуда спектра виброскорости, зависящая от класса W_i и табулированная в [3], при превышении которой машина становится непригодной для непрерывной эксплуатации (мм/с);

e_2 – пороговая амплитуда спектра виброскорости, зависящая от класса W_i и табулированная в [3], при превышении которой требуется немедленный останов машины (мм/с);

e_3 – частота вращения рабочего органа (об/мин);

e_4 – вектор признаков, используется только для подшипников качения:

$$e_4 = (\alpha, D_n, D_e, D_m, N_m),$$

где α – угол контакта тел вращения с подшипником (градус);

D_n – посадочный размер наружного кольца (мм);

D_e – посадочный размер внутреннего кольца (мм);

D_m – диаметр тела качения (мм);

N_m – количество тел качения;

e_5 – количество зубьев зубчатой муфты, используется только для зубчатой муфты.

3. Методика идентификации дефектов машин и оборудования

1. Расчет информативных частот и их гармоник, гармоник и субгармоник (кратны 1/2, 1/3) частоты вращения рабочего органа и формирование из них множества $K_{\text{иф}}$.

2. Вычисление спектра вибросигнала.

Прямое дискретное преобразование Фурье сигнала $x(n)$ длиной N представлено в виде (1):

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j(2\pi/N)nk}, \quad k \in \overline{0, N-1}. \quad (1)$$

Амплитуда спектра вычисляется согласно (2):

$$A(k) = |X(k)|. \quad (2)$$

3. Выделение строгих максимумов из спектра:

$$A_{\text{см}}(k) = \begin{cases} A(k), & A(k-1) < A(k) > A(k+1) \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}. \quad (3)$$

4. Применение жесткого порога P к полученному спектру $A_{\text{см}}(k)$:

$$A_{c_{mn}}(k) = \begin{cases} A_{cm}(k), & A_{cm}(k) > P \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}, \quad (4)$$

$$P = \frac{\sum_{k=0}^N A_{cm}(k)}{M}, \quad (5)$$

где M – количество частот с ненулевой амплитудой.

5. Выбор частот с ненулевой амплитудой, соответствующих информативным из спектра $A_{c_{mn}}(k)$:

$$A_{c_{mтиф}}(k) = \begin{cases} A_{c_{mn}}(k), & A_{c_{mn}}(k) > 0 \wedge k \in K_{иф} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}. \quad (6)$$

6. Анализ амплитуд частот спектра $A_{c_{mтиф}}(k)$:

$$A_p(k) = \begin{cases} A_{c_{mтиф}}(k), & e_1 \leq A_{c_{mтиф}}(k) \leq e_2 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}, \quad (7)$$

$$A_3(k) = \begin{cases} A_{c_{mтиф}}(k), & A_{c_{mтиф}}(k) > e_2 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}, \quad (8)$$

а) если $\exists A_p(k) : A_p(k) > 0$, то требуется ремонт подшипника;

б) если $\exists A_3(k) : A_3(k) > 0$, то требуется замена подшипника.

Блок-схема предложенной методики приведена на рис.1.

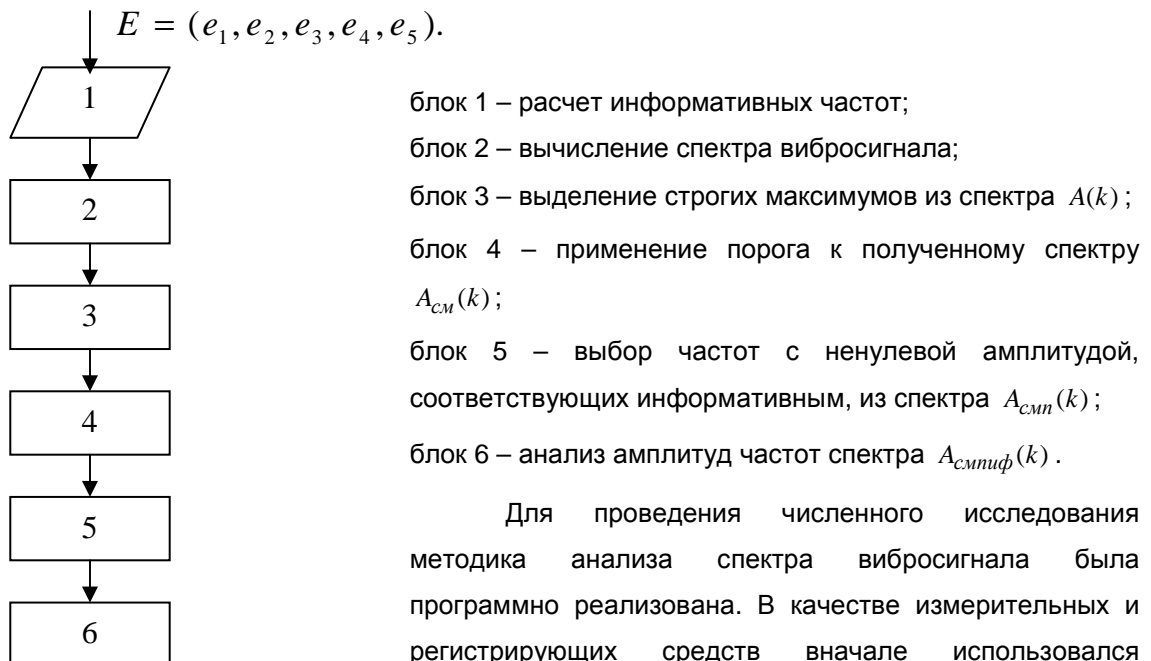


Рис. 1. Блок-схема методики анализа спектра вибросигнала

Для проведения численного исследования методика анализа спектра вибросигнала была программно реализована. В качестве измерительных и регистрирующих средств вначале использовался виброанализатор «Топаз» производства ООО «Диамех» (г. Москва, Россия) и пьезоэлектрический акселерометр типа ВИПРА 057.

Для комнатного турбовентилятора ТВ-1, имеющего подшипники скольжения и относящегося к классу W_1 (максимальная мощность 17 Вт), были определены следующие входные переменные: $e_1 = 2,8$ мм/с, $e_2 = 7,1$ мм/с, $e_3 = 2300$ об/мин, $e_4 = 0$, $e_5 = 0$. Акселерометр устанавливался на кожухе двигателя в вертикальном положении. На рис. 2–5 приведены исходный спектр виброскорости (рис. 2) с выделением строгих максимумов (рис. 3), выделением строгих максимумов, превышающих порог (рис. 4), выделением строгих максимумов, превышающих порог и соответствующих информативным частотам (рис. 5). Согласно рис. 5, амплитуда частоты 38 Гц (первая гармоника частоты вращения рабочего органа) превышает порог e_1 , но меньше порога e_2 , поэтому турбовентилятор требует ремонта.

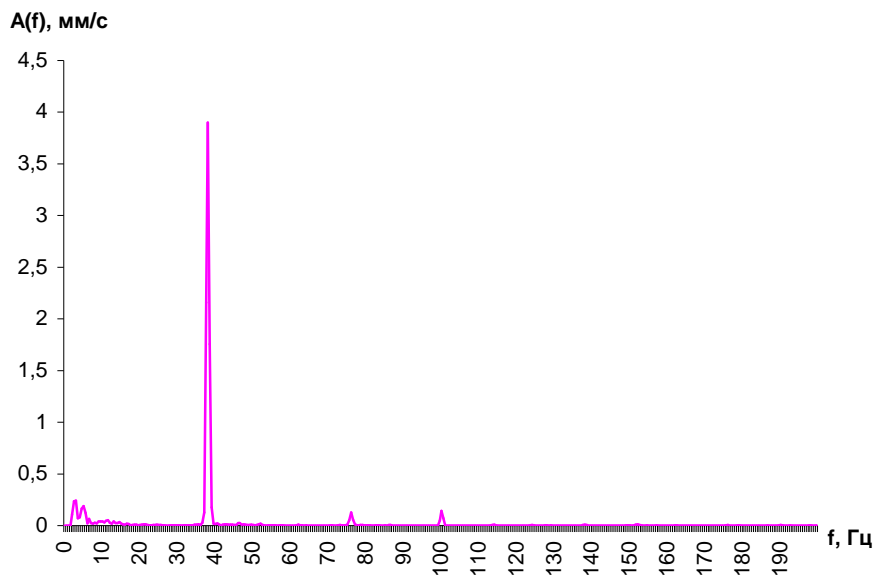


Рис. 2. Спектр сигнала



Рис. 3. Спектр сигнала с выделением строгих максимумов

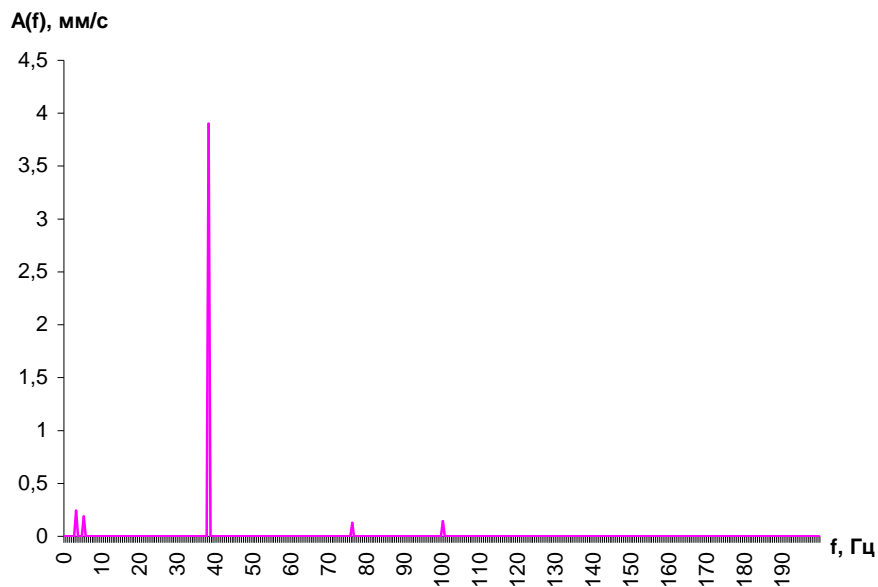


Рис. 4. Спектр сигнала с выделением строгих максимумов, превышающих порог

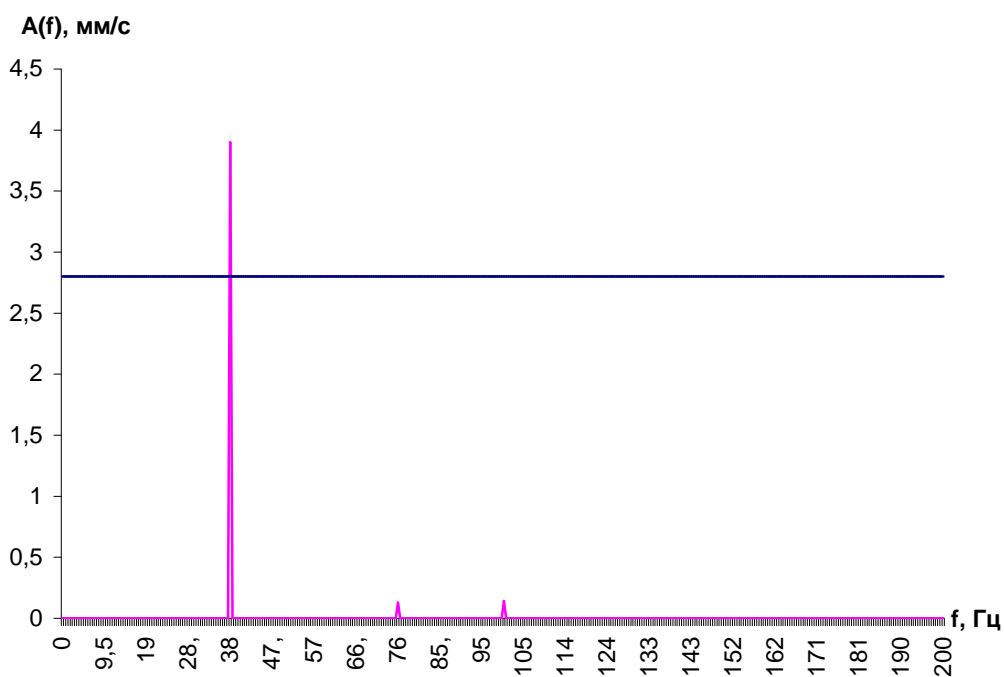


Рис. 5. Спектр сигнала с выделением строгих максимумов, превышающих порог и соответствующих информативным частотам

4. Выводы

Новизна. В статье была предложена методика идентификации дефектов машин и оборудования, основанная на методах цифровой обработки сигнала, на основе которой проведено численное исследование и выделены частоты в спектре исследуемого сигнала, соответствующие определенным неисправностям подшипников.

Практическое значение. Основные положения данной работы предназначены для реализации в интеллектуальных системах диагностики неисправностей подъемных машин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные методы и средства виброакустического диагностирования машин и конструкций / Ф.Я. Балицкий, М.Д. Генкин, М.А. Иванова и др. / Под ред. акад. К.В. Фролова. – М., 1990. – 252 с .
2. Barkov A.V. Optimization of Monitoring and Diagnostics Methods for the Rotating Machines by Vibration and Noise Measurements // Proc. of the 4th International Congress on Sound and Vibration. – Russia, St. Petersburg, 1996. – Vol. 3. – P. 1573–1578.
3. ИСО 10816-1-97. Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. – Ч. 1: Общие требования.

Стаття надійшла до редакції 25.02.2008