

УДК 620.179.17

КОНТРОЛЬ РЕЖИМА СМАЗКИ ПОДШИПНИКА КАЧЕНИЯ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ ОГИБАЮЩЕЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Шевченко С.А., к.т.н., доцент

*(Харьковский национальный технический университет
сельского хозяйства имени Петра Василенко)*

Для контроля режима смазки подшипника предлагается использовать распределение мгновенных значений амплитуд огибающей акустической эмиссии. Сравнивая указанное распределение с распределением Релея, можно обнаружить работу подшипника в режиме граничной смазки. Преимуществами предложенного параметра является инвариантность к изменению затухания акустической эмиссии и изменению чувствительности датчика.

Введение. Увеличение энергонасыщенности и рабочих скоростей машин приводит к возрастанию рабочих температур и динамических нагрузок подшипниковых узлов. В особенности это относится к машинам, работающим в неблагоприятных внешних условиях – мобильным машинам лесного и агропромышленного комплексов, режимы работы которых изменяются в широких

диапазонах под влиянием почвенно-климатических факторов. Режим работы подшипникового узла в значительной мере зависит от состояния смазки, физико-химические свойства которой изменяются вследствие термической деструкции, «срабатывания» присадок и загрязнения. Как следствие, возможен переход подшипникового узла в режим граничного трения.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами. Работа подшипника качения в режиме граничного трения приводит к сокращению его ресурса из-за ускоренного износа поверхностей качения и, вследствие возрастания вибрации, к уменьшению ресурса связанных с ним деталей [1, 2]. В связи с этим возникает необходимость контроля режима смазки подшипникового узла. Своевременно обнаружить работу подшипника в режиме граничной смазки можно, анализируя его акустическую эмиссию (АЭ) – высокочастотные упругие колебания, генерируемые в процессе возникновения и роста дислокаций, развития микротрещин и т.п.

Для этого необходимо выбрать диагностический признак, инвариантный к масштабированию сигнала эмиссии по амплитуде. Это объясняется следующими причинами. Во-первых, это затухание упругих волн при переходах между деталями, которое, из-за вариаций зазоров, менее стабильно, чем затухание в самих деталях. Во-вторых, амплитудно-частотная характеристика датчика АЭ зависит от неплоскостности и шероховатости поверхности агрегата в месте установки датчика, наличия и свойств иммерсионной среды в зазоре между установочной поверхностью и датчиком.

Анализ исследований и публикаций. В работе [3] показано, что скорость счета импульсов акустической эмиссии можно использовать для контроля объема и качества смазки подшипника. Недостатком этого параметра является зависимость от выбора порогового уровня, при превышении которого регистрируется импульс эмиссии и, следовательно, зависимость от затухания сигнала эмиссии.

В [4] предложена методика диагностирования подшипника скольжения, который состоит в определении эмпирического закона распределения мгновенных значений широкополосного сигнала АЭ и определении вектора коэффициентов, каждый из которых является мерой расстояния эмпирического распределения от одного из распределений - нормального, экспоненциального и распределения Релея. Мера расстояния указанных распределений определяется как статистика критерия согласия Колмогорова. Экспериментально определено, что эмпирическое распределение наиболее близко к нормальному распределению [4]. Недостатком методики [4] является необходимость осуществлять измерение мгновенных значений сигнала АЭ с высокой частотой, которая многократно превышает верхнюю границу полосы пропускания датчика и усилителя АЭ. Объясняется это тем, что продолжительность измерения должна быть значительно меньшей, чем период высшей частоты в спектре сигнала.

Анализ публикаций и параметров АЭ привел к таким выводам:

– целесообразно анализировать огибающую АЭ, что позволяет многократно уменьшить частоту измерений и скорость обработки данных;

– следует анализировать вид закона распределения (с точностью до параметра масштаба) огибающей АЭ, что позволит существенно ослабить влияние затухания и чувствительности датчика на результат диагностирования.

Нерешенной частью проблемы является диагностика режима смазки подшипника в условиях вариации затухания акустической эмиссии и чувствительности датчика эмиссии, осуществляемая по единственному измерению.

Целью является обоснование акустико-эмиссионного диагностического параметра, позволяющего обнаруживать работу подшипника в режиме граничной смазки и инвариантного к масштабированию сигнала по амплитуде.

Изложение основного материала.

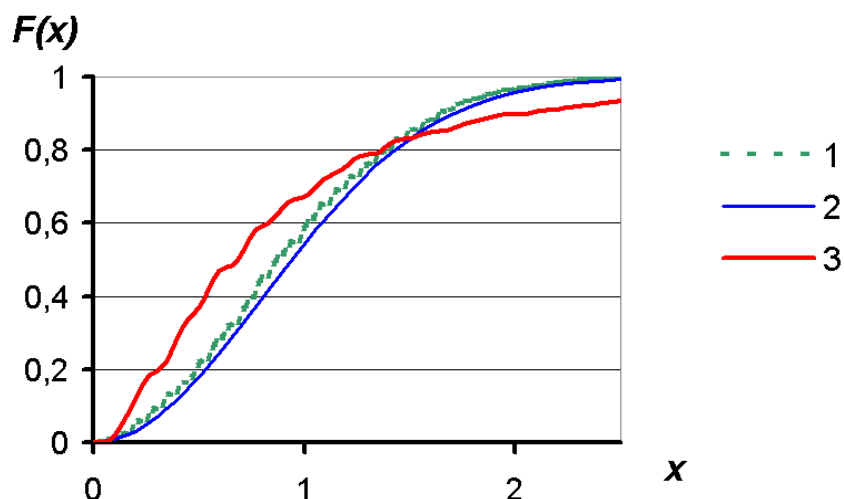
Известно, что при прохождении широкополосного случайного сигнала через узкополосный фильтр на выходе фильтра будет формироваться случайное колебание с огибающей, амплитуда которой распределена по закону Релея [5].

Если поверхность качения подшипника будет иметь дефект, мощность АЭ будет увеличиваться при контактировании с телами качения на поврежденном участке. Такая модуляция мощности АЭ приведет к тому, что распределение амплитуды огибающей будет отличаться от закона Релея.

Для периодического измерения огибающей акустической эмиссии целесообразно использовать пиковый детектор и далее анализировать выходной сигнал детектора. Выберем метод дальнейшей статистической обработки. Для проверки соответствия распределения заданному закону используют критерии согласия – критерий χ^2 или непараметрические критерии Колмогорова и Крамера-Мизеса-Смирнова [6].

Примем во внимание, что под действием собственных шумов усилителя АЭ возможно отклонение распределения сигнала на его выходе от распределения входного сигнала в диапазоне напряжений, близких к нулю. Поэтому критерий Колмогорова в данном случае использовать нецелесообразно, поскольку статистика этого критерия определяется по максимальному отклонению интегральных функций эмпирического и заданного законов распределения. Поскольку критерий согласия Крамера-Мизеса-Смирнова является более мощным, чем критерий χ^2 [6], далее применялся именно этот критерий.

Исследования осуществлялись на стенде [7], в съемный подшипниковый узел которого устанавливался упорный шарикоподшипник 8100, при работе в двух режимах смазывания – смешанном (упруго-гидродинамическом) режиме при начальном состоянии масла М10Г2к и в режиме граничного смазывания после «старения» масла (срабатывания присадок и уменьшения вязкости вследствие термодеструкции). Частота вращения подвижного кольца – 1460 1/мин (период вращения 0,041 с), продолжительность интервала наблюдения 0,1 с, нагрузка – 258 Н. На рис. 1 изображены значения F интегральных законов распределения в зависимости от мгновенного значения огибающей x (при единичном математическом ожидании случайных величин).



1 – упруго-гидродинамический режим смазки, 2 – распределение Релея, 3 – граничный режим смазки

Рисунок 1 – Функции распределений мгновенных значений огибающей акустической эмиссии подшипника

Диагностический параметр, вычисленный как статистика Крамера-Мизеса-Смирнова, равнялся 0,38 при начальном состоянии масла и 57 после его «старения» и термодеструкции.

Вывод. Сравнение эмпирического закона распределения огибающей узкополосного сигнала акустической эмиссии подшипника, с законом распределения Релея путем вычисления статистика критерия согласия Крамера-Мизеса-Смирнова позволяет осуществлять контроль режима смазки подшипника. Перспективным направлением дальнейших работ является определение части времени, соответствующей работе подшипника в режиме граничной смазки, для повышения информативности контроля.

Список литературы

1. Дворук В.І., Войтов В.А. Трібофізика: підруч. –Харків, 2014. –374 с.
2. Мигаль В.Д. Вибрационные методы оценки качества тракторов на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации: Автореф. дис... докт. техн. наук: 05.22.02 / ХНАДУ. -Харьков, 2002. -32 с.
3. Zahari Taha, Indro Pranoto. Acoustic Emission Application for Monitoring Bearing Defects. DOI: 10.5772/55434.
4. Hall L. D., Mba D., Bannister R.H. Acoustic Emission Signal Classification in Condition Monitoring Using the Kolmogorov-Smirnov Statistic // Journal of Acoustic Emission, Vol. 19, 2001, pp. 209–228.
5. Филипский Ю.К. Случайные сигналы в радиотехнике. -К.: Вища школа, 1986. -126 с.
6. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных. Справочное изд. / С. А. Айвазян, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 471с.

7. Войтов В.А., Шевченко С.А. Обоснование структуры комплекса для исследования акустико-эмиссионных признаков дефектов подшипников качения // Вісник ХНТУСГ. Проблеми технічної експлуатації машин. -Харків, 2011. -Вип. 109. - С. 50-54.

Анотація

КОНТРОЛЬ РЕЖИМУ МАЩЕННЯ ПІДШИПНИКА КОЧЕННЯ ЗА РОЗПОДІЛОМ ОБВІДНОЇ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ

Шевченко С.А.

Для контролю режиму мащення підшипника пропонується використовувати розподіл миттєвих значень амплітуд обвідної акустичної емісії. Порівнюючи зазначений розподіл з розподілом Релея, можна виявити роботу підшипника в режимі граничного мащення. Перевагами запропонованого параметра є інваріантність до зміни ослаблення акустичної емісії та зміни чутливості датчика акустичної емісії.

Abstract

ROLLING BEARING LUBRICATION REGIME CONTROL BASED ON DISTRIBUTION OF ACOUSTIC EMISSION ENVELOPE

Shevchenko S.A.

Sign is based on the fact that the instantaneous values of the acoustic emission envelope will be distributed according to the law near to the Rayleigh distribution, while bearing working in a hydrodynamic and elastohydrodynamic lubrication regimes. When logging in to the boundary lubrication will occur bursts of acoustic emission by direct contact of the rolling elements and raceways. These bursts occur at random times and have random amplitude. This results to a change of the distribution of the acoustic emission signal envelope. For comparison the actual distribution of the acoustic emission envelope and the Rayleigh law is advisable to use a statistical goodness of fit of the Cramer-von Mises test.