

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВИБРАЦИИ

Первоисточник: Ширман А. Р., Соловьев А. Б. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования. Библиогр., — М, 1996. — 276 с. (прил. 2, с. 1 — 11)

Колебания

Колебаниями скалярной величины называют процесс поочередного возрастания и убывания обычно во времени значений какой-либо величины (в области вибрации термин "колебания" применяется только для случая изменения величины во времени, а величина, значения которой колеблются, называется колеблющейся величиной).

Механическими колебаниями называют колебания значений кинематической или динамической величины, характеризующей механическую систему.

Период — это интервал времени, который необходим для завершения одного цикла колебания, т. е. это время между двумя последовательными моментами пересечения нулевой точки в одном направлении.

Частота колебаний — величина обратная периоду, определяет количество циклов колебаний за один период.

Полигармонические колебания — периодические колебания величины, характеризующей колебания, которые можно представить в виде суммы гармонических колебаний (гармонических составляющих).

Вибрация

Вибрация — движение точки или механической системы, при котором происходят колебания характеризующих его скалярных величин (виброускорения, виброскорости и виброперемещения). Другими словами вибрация — колебания тела или отдельных его частей относительно нейтрального положения, меняющиеся во времени в определенных пределах. Различают абсолютную и относительную вибрации.

Абсолютная вибрация — колебания тела около положения своего равновесия (например, вибрация корпусов машин, фундаментов, трубопроводов относительно Земли), другими словами, колебания тела в абсолютной системе координат.

Относительная вибрация — колебания одного тела относительно другого.

Источником вибрации в простейшем случае является условная точечная масса A с заданным эксцентриситетом (приводящая к появлению при вращении центробежной силы), вызывающая во время вращения ротора переменные нагрузки на опорах и его изгиб, называемая неуравновешенной массой (точечной неуравновешенной массой). Фазы вибрации связывают с угловым положением ротора.

Встречающиеся на практике вибрации обычно являются сложными полигармоническими вибрациями, т.е. содержат гармонические составляющие различной частоты.

Для количественной оценки механических колебаний можно использовать разные параметры: размах, пиковое значение, среднее значение, среднеквадратическое значение.

Пиковое значение (амплитуда) эффективно при оценке кратковременных механических ударов и т.д. Однако пиковое значение отображает только максимальное значение исследуемых колебаний, а не их временное развитие. Среднее значение отображает временное развитие исследуемых колебаний, но его практическое применение ограничено ввиду того, что оно не имеет непосредственной связи ни с какой физической величиной этих колебаний. Среднеквадратическое значение (СКЗ) является самым важным, так как в нем учитывается временное развитие исследуемых колебаний и оно непосредственно отображает значение, связанное с энергией сигнала и, следовательно, разрушающей способностью этих колебаний. Вибродиагностика, являясь разделом технической диагностики, есть отрасль знаний, включающая в себя теорию и методы организации процессов распознавания технических состояний машин и механизмов по исходной информации, содержащейся в виброакустическом сигнале. Основным физическим носителем информации о состоянии элементов работающего оборудования в вибродиагностике является виброакустический сигнал — собирательное понятие, включающее информацию о колебательных процессах (вибрационных, гидро — или газодинамических и пр.) и акустическом шуме механизма в окружающей среде. Следовательно вибродиагностированию может подвергаться любое оборудование, функционирование которого сопровождается возбуждением колебательных процессов. В данной книге рассматриваются в основном проблемы диагностирования дефектов узлов роторных машин и механизмов (в дальнейшем агрегатов). Всякое отклонение параметров функционирования оборудования от нормы приводит к изменению характера взаимодействия его элементов и к изменению сопровождающих взаимодействия виброакустических процессов.

Вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования позволяют:

- уточнить причины дефекта и условия его возникновения и развития, оценить влияющие факторы;
- вовремя устранить дефект или увеличить среднюю наработку парка на проявление дефекта (отказа);

— снизить интенсивность проявления дефекта (отказа) при наиболее ответственных режимах работы и эксплуатации машины;

— улучшить организацию работ по разработке и внедрению мероприятий, направленных на устранение дефекта;

— оценить эффективность мероприятий, эффективные;

— получить чисто экономический эффект благодаря снижению затрат на внедрение мероприятий, предотвращающих дефект или устраняющих неисправность, и затрат производства на изготовление деталей;

— оценить возможный эффект от разработанных и внедренных мероприятий на ранней стадии, что очень важно, так как полное проявление действия этих мероприятий зависит от наработки изделия после их внедрения и может быть отделено от момента внедрения длительным временем (1 — 2 года и больше);

— ускорить процесс восстановления эксплуатационной надежности парка машин и управлять им;

— облегчить взаимодействие изготовителя машин и ее заказчика (эксплуатационника) в конфликтных ситуациях, особенно в начальном периоде массового проявления дефектов и организации действия по их устранению.

В то же время использование диагностики может вызвать некоторый отрицательный эффект. Отрицательные факторы при внедрении системы вибромониторинга на предприятии следующие:

— увеличение досрочных (временных) выводов изделий из эксплуатации;

— неизбежность "необоснованных" съемов изделий с эксплуатации вследствие ложных диагнозов;

— возможность пропуска в дальнейшую эксплуатацию некоторой части ненадежных изделий (особенно на начальном этапе использования диагностики);

— вероятность чисто экономической неэффективности внедрения диагностики (например, при малом парке эксплуатируемых изделий);

— необходимость проведения сложных и трудоемких исследований для разработки методик и средств диагностирования конкретных дефектов.

Данные отрицательные факторы, снижающие эффективность диагностики, обусловлены следующими причинами:

— обычно встречающимся на практике неполным представлением о дефекте, его причинах, условиях возникновения и факторах, влияющих на его появление и развитие, а также началом разработки методик диагностики конкретного объекта

по конкретному дефекту при неполном представлении о дефекте в целях сокращения сроков обеспечения надежности парка оборудования;

— необходимостью диагностирования по параметрам, являющимся лишь частью комплекса факторов, связанных с дефектом, а также технической невозможностью проведения исследований для разработки методик диагностирования в объеме, дающем полную информацию;

—

необходимостью принятия компромиссных решений при установлении границ (норм) в условиях недостаточно четкой и полной оценки альтернативных факторов, а также недостаточно полной информацией о возможных альтернативах и их последствиях (особенно это относится к информации интуитивного характера), выдаваемой при постановке задачи диагностики и подготовке решений лицами, ставящими задачу и принимающими решения.

Для повышения эффективности диагностики при ее практическом использовании важно, чтобы лица, принимающие решения и ставящие задачи диагностики, ясно понимали тот факт, что диагностика проводится в условиях неполноты и неопределенности информации, и поэтому неизбежен компромисс между пропусками дефекта и необоснованными заключениями о неисправности объекта.

Для обеспечения эффективной диагностики необходима реализация основных принципов получения и использования информации в условиях ее неполноты, в том числе последовательное уточнение методик и установленных границ по мере накопления информации, постепенное ужесточение границ (норм) с учетом того факта, что проявление дефектов в парке машин растянуто во времени, разделение парка изделий по степени ненадежности и выделение группы изделий по очередности доработок, обеспечение контролепригодности машин.

Диагностические измерения и исследования вибрации оборудования можно условно разделить на следующие виды: контрольные измерения работающего агрегата, специальные диагностические измерения работающего агрегата, а также обследование остановленного агрегата.

Для измерения вибрации используются датчики, предназначенные для преобразования механической вибрации в аналоговый электрический сигнал. Наибольшее распространение получили три типа датчиков: пьезодатчики (пьезоэлектрические акселерометры), индукционные датчики и токовихревые датчики.

Пьезодатчики используются для измерения абсолютной вибрации. Принцип действия этих датчиков основан на пьезоэффекте: генерации электрического сигнала, пропорционального ускорению при сжатии или растяжении пьезокристалла.

Индукционные датчики используются для измерения абсолютной вибрации. Принцип действия индукционных датчиков основан на эффекте электрической индукции, т.е. генерации электрического сигнала, пропорционального скорости, в катушке которая движется относительно постоянного магнита.

Токовихревые датчики используются для измерения относительной вибрации.

Временная реализация (форма сигнала)

В ряде случаев, когда в колебательном процессе, сопровождающем работу агрегата, в состав которого, например, входит поршневой насос или двигатель внутреннего сгорания, необходимо сохранить фазовые соотношения, несущие основную информацию о параметрах технического состояния, бывает необходимо обратиться к анализу временных сигналов процесса. Выделение импульсов, формируемых тем или иным узлом, осуществляется временной селекцией. Диагностическими признаками в данном случае могут служить смещение соответствующего импульса по фазе и его амплитуде. Достаточно часто при ударном возбуждении колебаний на осциллограмме, синхронизированной с частотой вращения ротора, можно выделить момент появления удара, его длительность, частоту заполнения импульса, период следования и форму импульса, если эти импульсы не накладываются друг на друга. Таким способом можно выявить, например, появление раковин на одной из контактирующих поверхностей: на зубе шестерни или беговой дорожке подшипника качения.

Влияние кинематических погрешностей изготовления или монтажа сказывается на глубине модуляции колебательных процессов, что также может быть использовано в качестве диагностического признака состояния механизма.

В общем же случае вибрационные процессы в агрегатах являются случайными процессами, поэтому для получения неслучайных закономерностей изменения виброакустического сигнала в большинстве ситуаций следует анализировать его статистические характеристики.