

УДК 62-50:378

С.В. Коваленко

Севастопольский военно-морской институт им. П.С. Нахимова

ул. Дыбенко 1 А, Севастополь, Украина, 99011

E-mail: svsev@ua.fm

Г.Б. Лыкова

Севастопольский национальный технический университет

ул. Университетская 33, Севастополь, Украина, 99053

E-mail: likova@ua.fm

АНАЛИЗ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОГО ШУМА

Рассмотрен метод кратковременного анализа энергии сигналов акустического шума промышленного робота для контроля технического состояния его механизмов.

Существует ряд устройств, которые можно отнести к классу промышленных роботов (ПР). Так, например, к ПР можно отнести станки с ЧПУ, сборочные роботы, различные энергетические установки [1].

Особенности данного класса устройств состоят в следующем:

- в функционировании механизмов ПР по строго определенной последовательности (циклограмме), определенному программно или заложенному при проектировании;
- в наличии нескольких возможных режимов работы ПР, выбор которых производится оператором в зависимости от задач, условий работы и технического состояния систем.

Поскольку совокупность таких факторов, как техническое состояние ПР выбранный режим функционирования и условия работы в значительной мере определяют эффективность выполнения поставленной задачи, то получение информации о техническом состоянии (ТС) систем ПР, и использование этой информации для выбора оптимального режима функционирования является актуальной задачей. Одним из путей решения этой задачи является создание автоматизированных систем контроля технического состояния, позволяющих на основе анализа ряда диагностических параметров, характеризующих состояние ПР, принимать решение о его ТС и выдавать рекомендации по оптимальному режиму его функционирования. Использование подобных систем позволяет кроме того совершенствовать процесс технического обслуживания ПР.

Первым шагом в разработке подобных автоматизированных систем является определение и разработка методов оценки параметров информативных диагностических признаков характеризующих техническое состояние ПР, что позволяет достичь наилучших показателей качества контроля ТС.

Носителями диагностических признаков могут выступать физические процессы, сопровождающие работу ПР, среди которых одними из наиболее информативных, на наш взгляд, являются акустические шумы (АШ) [2].

Исходной предпосылкой поиска неисправностей в системах ПР по параметрам акустических сигналов является то, что в АШ работающей машины содержится большое количество информации о ее техническом состоянии.

Целью данной статьи является рассмотрение возможности использования метода кратковременного анализа энергии сигналов акустического шума ПР для разделения ударного безударного взаимодействий его механизмов при контроле ТС.

Для решения задач контроля ТС и локализации места отказа, предполагается что ПР работает в каждом из выбранных оператором режимов в определенной последовательности, поэтому в каждый момент времени работают только строго определенные элементы его систем. Продолжительность процессов жестко определена циклограммой, что дает возможность проведения последовательного анализа, с дальнейшим определением информационных диагностических признаков и методов обработки сигналов от каждого из них.

Для примера рассмотрим работу механизма позиционирования (МП) рабочего органа ПР. Кинематическая схема МП и циклограмма работы ПР представлены на рисунке 1. Усилие от приводного электродвигателя через электромуфту передается на редукторы, которые вращают рабочий орган ПР.

Использование циклограммы при предварительном анализе экспериментально полученных сигналов от источников АШ позволяет четко определить, какой из механизмов должен работать в каждый момент времени, а также продолжительность его работы.

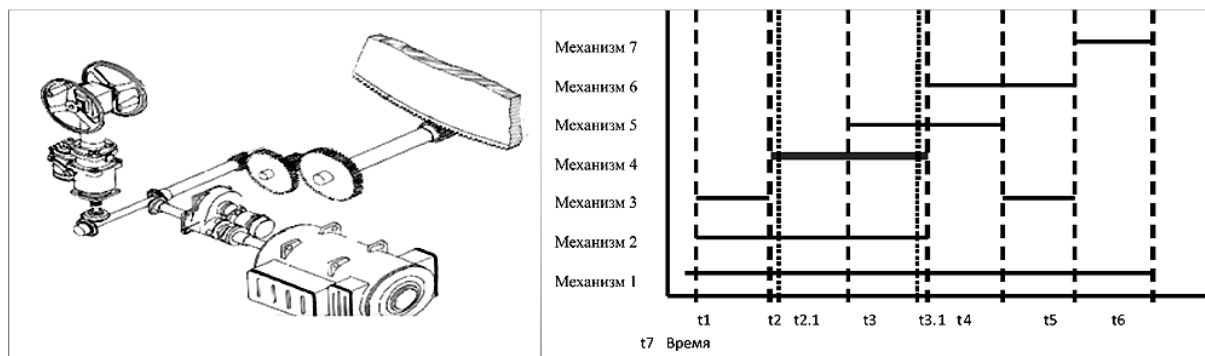


Рисунок 1 – Кинематическая схема и циклограмма работы механизма позиционирования

Исходные данные имеется фоновый АШ складывающийся из шума от работы преобразователей напряжения питания ПР (механизм 1), и случайного внешнего шума (АШ от других ПР). Рассмотрены характерные этапы работы ПР.

1. Включение приводов позиционирования и выход на номинальную частоту вращения ($t_2 - t_{2.1}$). В ходе данного процесса с помощью электромуфты осуществляется подключение редуктора к приводному электродвигателю, что обуславливает наличие резкого всплеска амплитуды в сигнале АШ при ударе сердечника электромагнита и зацеплении зубьев редукторов электромагнита. После чего наблюдается нарастание интенсивности АШ вследствие увеличения угловой скорости вращения элементов механизма.

2. Поворот исполнительного органа на заданный угол. Интенсивность АШ в ходе данного процесса изменяется незначительно в следствие стационарности работы всех механизмов ПР. Колебания интенсивности АШ возможны только за счет влияния случайных изменений фонового шума.

3. Торможение и стопорение исполнительного органа. В ходе данного процесса наблюдается снижение интенсивности АШ в следствие уменьшения угловой скорости вращения элементов системы, после чего следует кратковременный всплеск интенсивности АШ, возникающий при ударе сердечника электромагнита.

Анализ описанных процессов позволяет выделить две основные составляющие сигнала акустического шума ПР.

Первая составляющая обусловлена быстротекающими процессами, вызванными работой электромагнитов, стопоров, ограничителей. Данная составляющая характеризуется скачкообразным возрастанием интенсивности АШ с последующим снижением по экспоненциальному закону. Вследствие скоротечности данных процессов проведение статистического анализа их длительности затруднено недостаточностью получаемого количества отсчетов получаемых при использовании промышленных аналого-цифровых преобразователей с малой частотой квантования. Однако имеется возможность определения характеристик сигналов для описанной составляющей АШ, путем анализа параметров законов распределения их амплитуд.

Второй составляющей АШ являются сигналы с характеристиками, незначительно изменяющимися во времени. Для данного вида сигналов возможно использование методов временного анализа. Предварительный анализ показал, что энергия сигналов АШ данного вида подчинена χ^2 распределению.

На рисунке 2 показаны априорно определенные огибающие сигналов АШ от работы механизмов позиционирования и гидросистемы ПР с учетом двух описанных составляющих акустического шума.

Одним из основных положений акустической динамики машин [3] есть представление сигналов АШ в виде случайных процессов. Как показывают исследования, сигналы АШ от определенных механизмов, если они стационарны, всегда эргодичны.

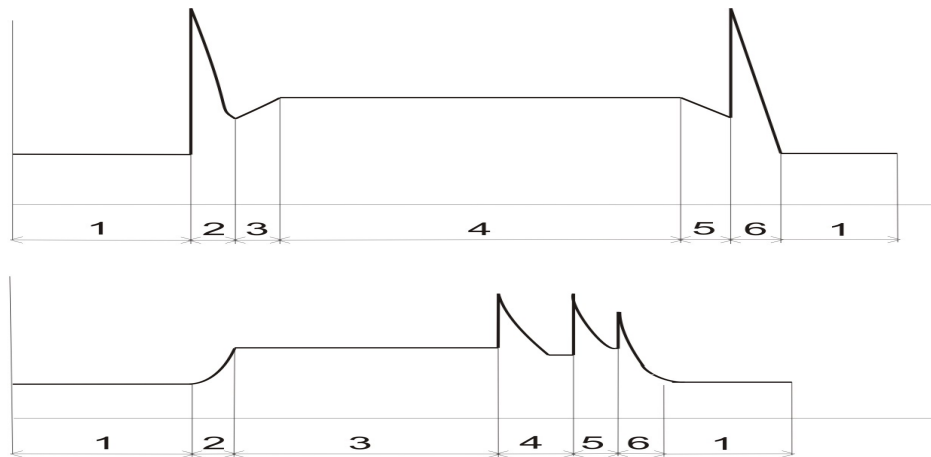


Рисунок 2 – Априорные кривые сигналов акустического шума

Сигналы от ПР, по результатам анализа экспериментальных записей, в целом не являются эргодичными. Однако при рассмотрении кратковременных отрезков сигнала (*кадров*) был сделан вывод, что в общем сигнале имеются кадры, в которых для сигнала выполняются условия эргодичности (вторая составляющая сигнала).

Для накопления статистической базы и последующего анализа сигналов АШ разработана измерительная установка на базе Мини-ЭВМ. Структурная схема установки показана на рисунке 3.

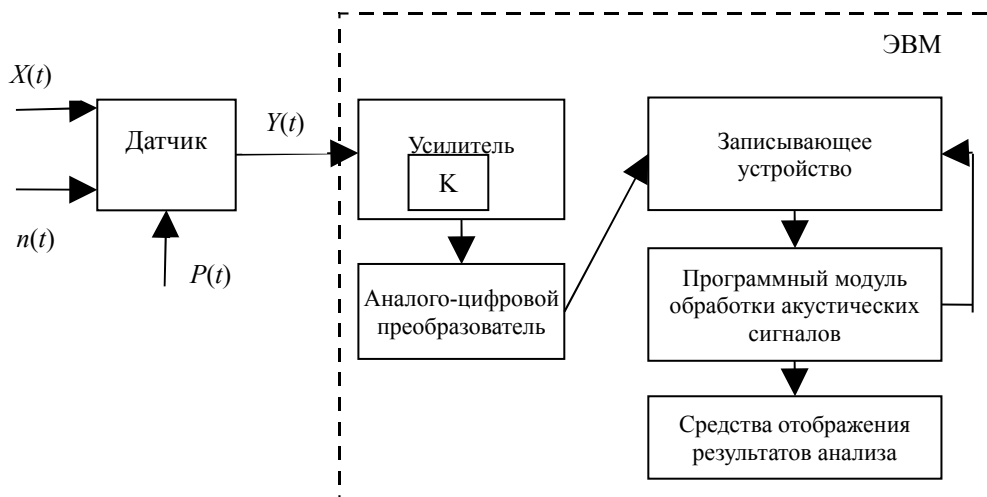


Рисунок 3 – Структурная схема измерительной установки

Разработанное программное обеспечение позволяет разделять полученный сигнал на участки согласно циклограммы работы с возможностью дальнейшего исследования их характеристик. В нашем случае анализировались временные и энергетические характеристики сигналов АШ, исследовались законы распределения энергии стационарных участков сигнала АШ, а также законы распределения амплитуд энергии скоротечных процессов.

При проведения анализа энергии АШ использован метод кратковременного анализа [4].

Сигнал АШ подвергается преобразованию $T[\cdot]$, линейному или нелинейному, которое может зависеть от некоторого управляющего параметра. Полученная после преобразования результирующая последовательность умножается затем на последовательность значений временного окна (весовой функции), которая расположена во времени в соответствии с индексом n . Затем результаты суммируются по всем ненулевым значениям. Значение Q_n представляет собой «взвешенное» среднее значение последовательности $T[x(m)]$:

$$Q_n = \sum_{m=t_1}^{t_2} T[x(m)] * w(n - m). \quad (1)$$

Выражение (1) описывает дискретную свертку окна $w(n)$ с последовательностью $T[x(n)]$. Таким образом, полученная последовательность Q_n может быть интерпретирована как выходной сигнал линейной инвариантной к сдвигу системы с импульсной характеристикой $h(n) = w(n)$.

Кратковременная энергия определяется выражением

$$E_n = \sum_{m=n-N+1}^n x^2(m). \quad (2)$$

где $h(n) = w^2(n)$.

Таким образом, кратковременная энергия в момент n является суммой квадратов из N отсчетов от $n - N + 1$ до n , т.е.

$$E_n = \sum_{m=t_1}^{t_2} [x(m) * w(n - m)]^2. \quad (3)$$

Основное назначение E_n состоит в том, что эта величина позволяет различать кадры ударных взаимодействий механизмов от безударных. Функция кратковременной энергии может быть использована для приближенного определения момента перехода от одной составляющей сигнала к другой.

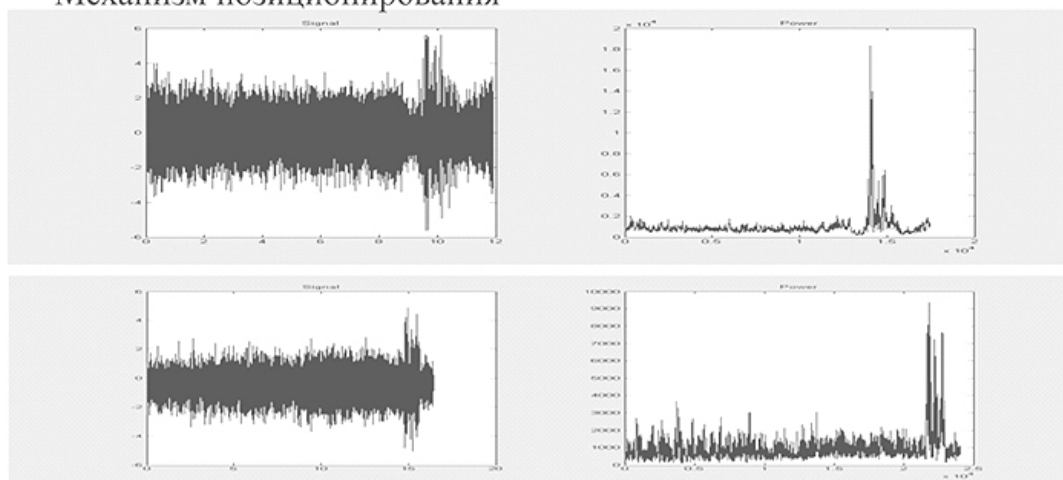
С помощью измерительной установки был проведен анализ акустических сигналов от работы механизмов позиционирования и гидросистемы для двух однотипных ПР в программной среде Matlab. Осциллограммы сигналов АШ изображены на рисунке 4. На осциллограммах в левой части рисунка изображен сигнал, в правой части, его кратковременная энергия.

Сравнение априорных кривых с кривыми на графиках кратковременной энергии, позволяет сделать вывод об их схожести. На осциллограммах кратковременной энергии четко видны характерные пики прохождения процессов, которые можно использовать при их классификации. Параметры законов распределения энергии пиков, позволяющие их классифицировать, предполагается определить статистическим путем в определенных режимах эксплуатации в различное время года.

Анализ результатов позволяет сделать следующие выводы.

1. Запись параметров АШ не требует применения большого количества сложных и высокостойких датчиков в отличие от других методов контроля.
2. Проведение кратковременного энергетического анализа сигналов АШ позволяет делать выводы о правильности функционирования систем ПР.

Механизм позиционирования



Гидросистема

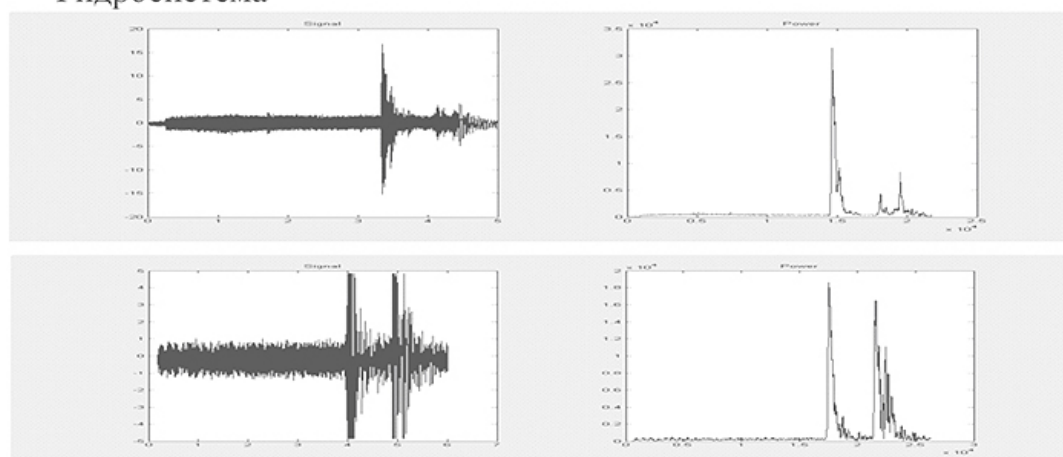


Рисунок 4 – Осциллограммы сигналов акустического шума и кратковременной энергии

3. При наличии достаточного количества записей АШ, существует принципиальная возможность создания автоматизированных алгоритмов принятия решений о техническом состоянии и правильности функционирования ПР.

4. Полученные статистические оценки параметров диагностических признаков правильности функционирования систем ПР могут быть использованы при создании систем информационной поддержки оператора что позволяет осуществлять выбор оптимального режима работы ПР с целью достижения максимума показателя эффективности.

5. При использовании данного метода контроля становится возможным осуществлять мониторинг ПР как при техническом обслуживании так и в процессе работы.

Целью дальнейших исследований является определение законов распределения параметров акустических сигналов с целью создания алгоритма КТС ПР.

Библиографический список

1. Добрынин С.А. Методы автоматизированного исследования вибрации машин: справочник / С.А. Добрынин, М.С. Фельдман, Г.И. Фирсов. — М.: Машиностроение, 1987. — 224 с.
2. Артоболевский И.И. Введение в акустическую динамику машин / И.И. Артоболевский, Ю.И. Бобровницкий, М.Д. Генкин. — М.: Наука, 1979. — 296 с.
3. Скучик Е.Н. Основы акустики / Е.Н. Скучик. — М.: Мир, 1976. — 520 с.
4. Рабинер Л.Р. Цифровая обработка речевых сигналов: пер. с англ. / Л.Р. Рабинер, Р.В. Шафер/ Под ред. М.В. Назарова и Ю.Н. Прохорова. — М.: Радио и связь, 1981. — 496 с.

Поступила в редакцию 13.11.2007 г.