

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА КОНТРОЛЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Ковалевский С. В., Тулупов В. И., Тулупова К. В.

Предложенный в работе принцип контроля параметров детали может быть использован для практических целей с достаточной точностью. Установлено, что информация, необходимая для определения размеров деталей на основе амплитудно-частотных характеристик сигнала отклика при импульсном воздействии на материал детали электромагнитного поля позволяет значительно сократить объем информации на основе математической модели обработки сигнала отклика. В работе доказано, что увеличение количества одновременно контролируемых размеров не приводит к существенному увеличению сложности модели и числа элементов. Реализация предложенного принципа контроля размеров деталей возможна с применением программируемых микропроцессоров, использующих вербальное описание для создания промышленного устройства.

Запропонований в роботі принцип контролю параметрів деталі може бути використаний для практичних цілей з достатньою точністю. Встановлено, що інформація, необхідна для визначення розмірів деталей на основі амплітудно-частотних характеристик сигналу відгуку при імпульсному впливі на матеріал деталі електромагнітного поля дозволяє значно скоротити обсяг інформації на основі математичної моделі обробки сигналу відгуку. У роботі доведено, що збільшення кількості одночасно контрольованих розмірів не приводить до істотного збільшення складності моделі і числа елементів. Реалізація запропонованого принципу контролю розмірів деталей можлива із застосуванням програмованих мікропроцесорів, що використовують вербальний опис для створення промислового пристрою.

Proposed in principle control parameter items can be used for practical purposes with sufficient accuracy. It is established that the information needed to determine the dimensions of parts on the basis of amplitude-frequency characteristics of the response signal with pulse action on the material parts of the electromagnetic field can significantly reduce the amount of information on the basis of a mathematical model of the processing of the response signal. It is proved that increasing the number of simultaneously controlled size does not significantly increase the complexity of the model and the number of elements. Implementation of the proposed principle of dimensional inspection of parts is possible with programmable microprocessors using verbal description for the industrial unit.

Ковалевский С. В.

Тулупов В. И.

Тулупова Е. В.

д-р техн. наук, проф. ТМ ДГМА

proector.uo@dgma.donetsk.ua

канд. техн. наук, доц. каф. ТМ ДГМА

магистр ДГМА

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 621.774.001

Ковалевский С. В., Тулупов В. И., Тулупова К. В.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА КОНТРОЛЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Одной из операций технологического процесса является операция контроля размеров деталей. Важность контрольных операций в структуре технологических процессов трудно переоценить, однако их трудоемкость часто является сдерживающим фактором, требующим искать альтернативные методы контроля качества деталей.

Автоматизация производственных процессов предусматривает проведение контрольных переходов на станках с ЧПУ, однако, и этот этап сопровождается затратами времени, что так же влияет на производительность обработки.

Совершенствованию процесса автоматизированного контроля посвящено достаточно большое количество научных публикаций, например. Среди многочисленных принципов и способов контроля особое место занимают неразрушающие и бесконтактные (контакт с поверхностями контролируемых размеров) методы контроля [1–4].

Цель работы – предложить неразрушающий метод контроля комплекса размеров деталей на основе использования эффекта акустической эмиссии, вызванной импульсным воздействием на контролируемую деталь электромагнитного поля.

Основной проблемой, связанной с совершенствованием изготовления изделий машиностроения является проблема повышения производительности выпуска изделий за счет сокращения затрат времени и повышения надежности контрольных операций. Необходимо предложить универсальный метод измерения комплекса геометрических параметров детали и характеристик их качества. Решение, по нашему мнению, лежит в разработке способа диагностики размеров изделия с достаточной для технологической обработки точностью и достоверностью. С этой целью в работе сформулирована гипотеза о том, что нормированное ступенчатое воздействие на контролируемую деталь сопровождается ее откликом, имеющим специфические характеристики, по сочетанию которых можно диагностировать величину и точность размеров деталей и других характеристик их качества.

В качестве воздействия на контролируемую деталь предлагается использовать возбужденные в результате подачи в контур возбуждения электромагнитного импульса, вызванного разрядом конденсатора на цепь индуктивности, расположенную в непосредственной близости от контролируемой детали. Поскольку возбуждение, возникающее в колебательном контуре $R - L - C$ инициирует магнитоэлектрические процессы в теле детали, то они могут фиксироваться в виде отраженных импульсов разной частоты, зависящих от размеров детали и от среды распространения этих сигналов (плотности металла, фазового состава и т. п.).

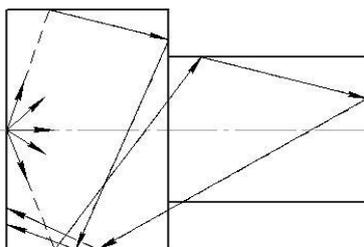


Рис. 1. Возбужденный сигнал

Природа этого явления связана с эффектом акустической эмиссии в металлах. Акустическая эмиссия представляет собой излучение упругих волн, возникающих в твердых телах в результате локальной динамической перестройки их структуры. Безусловно, исследу-

дования этого явления в свете формулировки гипотезы теоретическими методами представляются крайне сложными и в конечном итоге имеющими сугубо локальный результат. Поэтому была разработана методика экспериментальных исследований, целью которых является подтверждение положения об информативности сигнала отклика при комплексном воздействии на изделие (деталь машины).

Для экспериментального исследования возможностей применения такого подхода к совершенствованию операций комплексного контроля деталей создана достаточно простая экспериментальная установка, представленная на рис. 2.

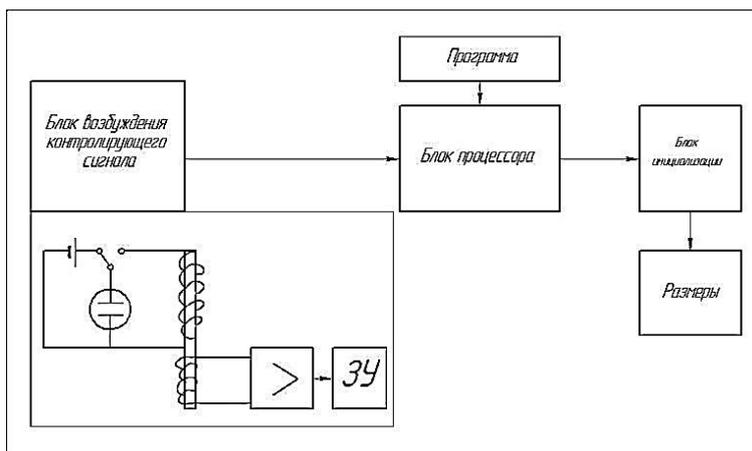


Рис. 2. Принципиальная схема экспериментальной установки

Для экспериментальных исследований применены образцы деталей, эскиз которых представлен на рис. 3.

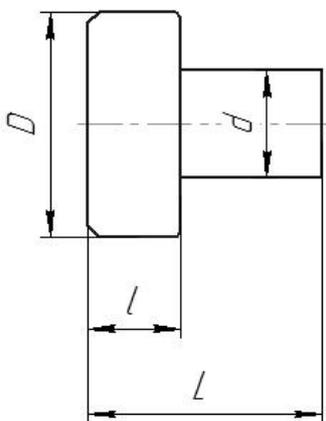


Рис. 3. Эскиз экспериментального образца

Размеры деталей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Размеры партии деталей

| № | D | d | l | L |
|----|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | 49,729 | 29,974 | 19,970 | 50,251 |
| 4. | 50,006 | 29,956 | 19,979 | 49,924 |
| 5. | 49,897 | 29,999 | 20,046 | 49,918 |

Продолжение табл. 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 7. | 49,863 | 29,869 | 19,821 | 50,267 |
| 9. | 50,074 | 30,105 | 20,083 | 50,152 |
| 11. | 49,867 | 29,851 | 19,985 | 49,94 |
| 13. | 49,740 | 30,072 | 20,154 | 50,326 |
| 15. | 50,088 | 30,099 | 19,987 | 50,038 |
| 16. | 49,971 | 30,017 | 19,702 | 49,745 |
| 17. | 49,973 | 30,147 | 19,960 | 49,552 |
| 18. | 49,860 | 30,064 | 20,040 | 49,808 |
| 21. | 50,070 | 29,897 | 19,910 | 49,981 |
| 22. | 49,633 | 30,018 | 19,962 | 49,913 |
| 24. | 50,090 | 29,835 | 19,953 | 49,965 |
| 26. | 49,934 | 29,938 | 19,935 | 49,818 |

Результаты амплитудно-частотных характеристик в графическом и числовом виде были зафиксированы на ПК с помощью программы Oscilloscope.exe. Пример спектрограммы собственных колебаний детали представлен на рис. 4.

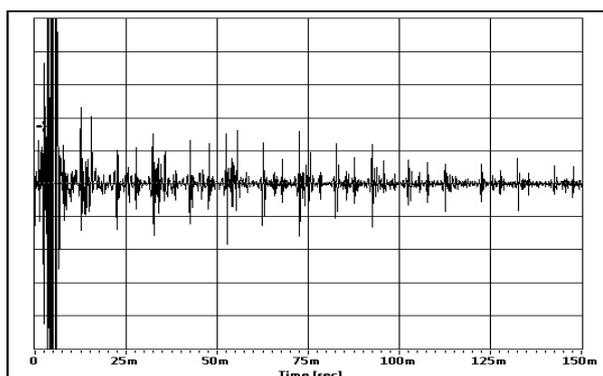


Рис. 4. Спектрограмма собственных колебаний детали

После обработки импульсов отклика с помощью преобразований Фурье получены их амплитудно-частотные характеристики с 20 фильтрами частот, амплитуды которых исследовались на взаимосвязь с размерами образцов. Для этой цели составлена таблица исходных данных, в которой каждый кортеж данных соответствует одному образцу – его размерам и амплитудам амплитудно-частотной характеристики для каждого из 20 частотных диапазонов. Исследование проведено с применением пакета Neuro Pro.

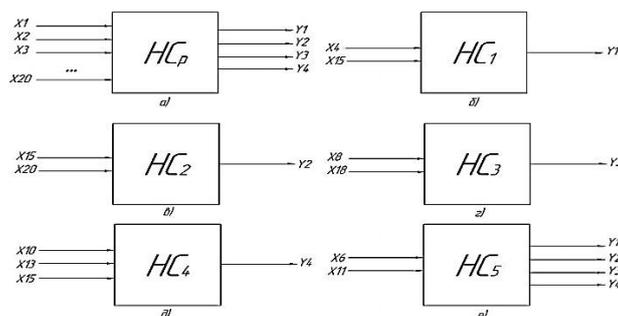


Рис. 5. Нейросетевые модели:

а – исходная; б – для вычисления Y_1 ; в – для вычисления об Y_2 ; г – для вычисления Y_3 ; д – для вычисления совокупности размеров Y_1 , Y_2 , Y_3 и Y_4

Выбор структуры нейронной сети основан на сравнении вычислительной емкости вариантов и их структурной сложности. Нами были исследованы одно-, двух- и трехслойная нейронные сети. После обучения сетей число нейронов и число синапсов были сокращены до допустимого минимума при достижении допустимой минимальной (0,001 %)

Полученные математические модели для вычисления размеров образцов, включающие значения амплитуд не более 2–3 частотных фильтров. Эти модели получены в виде вербальных описаний уравнениями нейроподобного преобразования амплитуд фильтров значимых частот и могут быть представлены простейшими алгебраическими вычислениями, легко реализуемыми в табличных процессорах.

На диаграмме 6 представлена зависимость минимального количества нейронов при различном числе слоев нейросетевой модели, а на диаграмме 7 представлена зависимость минимального количества синапсов при различном числе слоев нейросетевой модели.

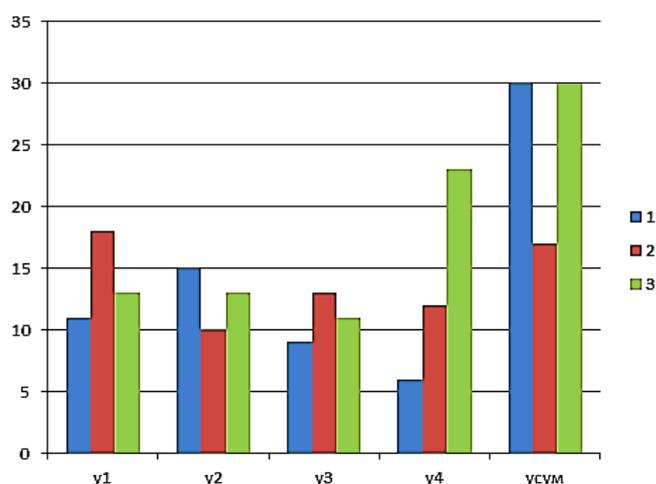


Рис. 6. Диаграмма зависимости количества нейронов от количества слоев сети

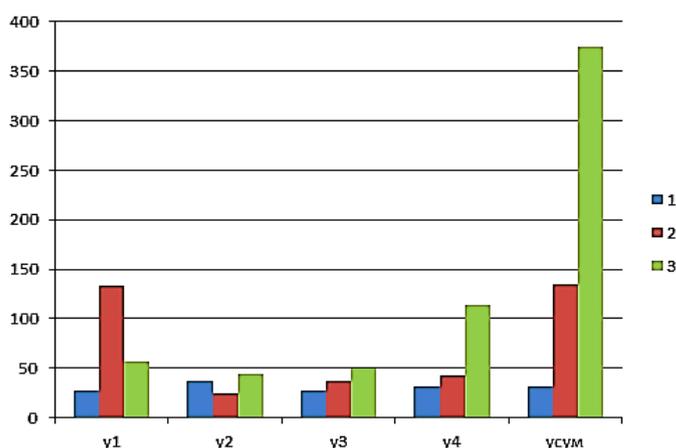


Рис. 7. Диаграмма зависимости количества синапсов от количества слоев сети

Таким образом, однослойная сеть является предпочтительной для создания аппаратно-вычислительного устройства комплексного контроля размеров образцов.

Процесс контроля параметров детали представлен в виде блок-схемы на рис. 8 и позволяет по двум – трем входам – амплитудам с максимальной весомостью, определять все контролируемые параметры образцов с высокой точностью.

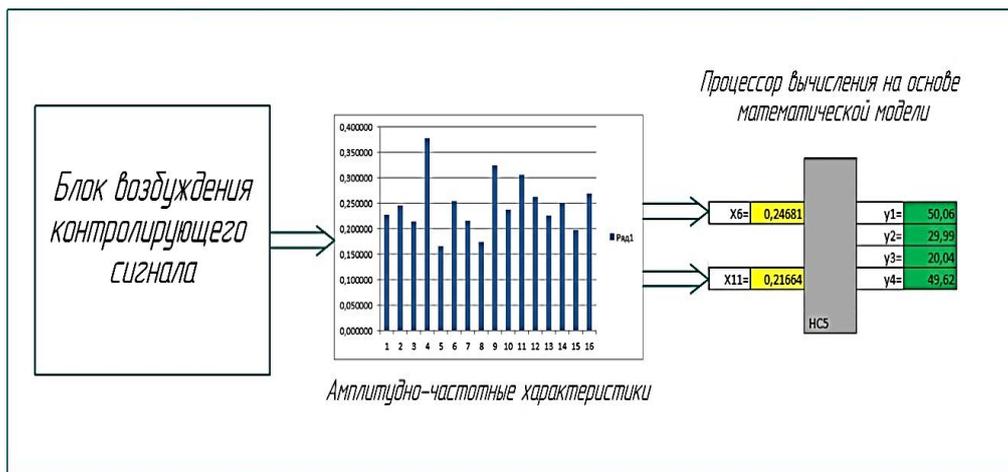


Рис. 8. Устройство комплексного контроля размеров деталей

Схема установки настолько проста, что позволяет контролировать детали в процессе обработки, также данная установка намного ниже по стоимости, по сравнению с другими контролирующими устройствами, что является ее огромным преимуществом. Деталь подвергается воздействию с помощью блока возбуждения контролирующего сигнала – электромагнитного импульса, который сопровождается функцией отклика в виде спектра амплитудно-частотных характеристик детали. Амплитудно-частотные характеристики обрабатываются в блоке процессора согласно уравнениям вербального описания. Результатом такой обработки являются все контролируемые размеры.

ВЫВОДЫ

1. Предложенный в работе принцип контроля параметров детали может быть использован для практических целей с достаточной точностью.
2. Установлено, что информация, необходимая для определения размеров деталей на основе амплитудно-частотных характеристик сигнала отклика при импульсном воздействии на материал детали электромагнитного поля позволяет значительно сократить объем информации на основе математической модели обработки сигнала отклика.
3. Доказано, что увеличение количества одновременно контролируемых размеров не приводит к существенному увеличению сложности модели и числа элементов.
4. Реализация предложенного принципа контроля размеров деталей возможна с применением программируемых микропроцессоров, использующих вербальное описание для создания промышленного устройства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Использование карт Кохонена для селекции режущих пластин / С. В. Ковалевский, Л. О. Тютюнник, Е. В. Мишура, Д. В. Лобанов // Механики XXI века. XI Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием : сборник докладов. – Братск : ФГБОУ ВПО «БрГУ», 2012. – С. 175–177.
2. Использование карт Кохонена для комплексной оценки режущих свойств абразивных кругов / С. В. Ковалевский, А. С. Янюшкин, Е. В. Бугаева // Механики XXI века. XI Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием : сборник докладов. – Братск : ФГБОУ ВПО «БрГУ», 2012. – С. 177–180.
3. Нейросетевой анализ в лабораторном практикуме / С. В. Ковалевский, В. И. Тулупов, Z. Krivokapic // Нейросітєві технології і їх застосування : збірник праць Всеукраїнської наукової конференції з міжнародною участю. – Краматорськ : ДДМА, 2013. – С. 55–58.
4. Применение нейросетевых методов для акустического контроля состояния режущего инструмента / С. В. Ковалевский, Е. В. Ткаченко, Л. О. Тютюнник, Е. В. Бугаева, Predrag Dasic // Нейросітєві технології і їх застосування : збірник праць Всеукраїнської наукової конференції з міжнародною участю. – Краматорськ : ДДМА, 2013. – С. 51–54.