

- татам испытаний на этапах проектирования и доводи / И.Е. Аннопольская, Ю.П. Антипцев, В.В. Паршин [и др.] // Пробл. машиностроения. – 2004. – 7, № 3. – С. 3 – 8.
2. Тарелин А.А. Интегрированная среда для оптимального проектирования и доводки авиационных газотурбинных двигателей / А.А. Тарелин, Ю.П. Антипцев, И.Е. Аннопольская [и др.] // Вісник двигунобудування. – 2007. – № 2. – С. 24 – 28.
3. Программа и методика расчета дроссельных характеристик ТРД различных схем (уровень рабочего проектирования) [Текст]: технический отчет: – 60/82 / ЗМКБ «Прогресс» им. А.Г. Ивченко. – Запорожье: 1982
4. Тарелин А. А. Основы теории и методы создания оптимальной последней ступени паровых турбин / А.А.Тарелин, Ю.П.Антипцев, И.Е.Аннопольская – Харьков: Контраст, 2001. – 224 с.

Запропоновані шляхи підвищення роздільної здатності та достовірності контролю ультразвукових систем, заснованих на амплітудно-фазовому аналізі відображеної від неоднорідності хвилі. Збудження випромінюючого перетворювача здійснювалося радіоімпульсним сигналом

Ключові слова: акустична голографія, магніотриктийний перетворювач

Предложены пути повышения разрешающей способности и достоверности контроля ультразвуковых систем, основанных на амплитудно-фазовом анализе отраженной от неоднородности волны. Возбуждение излучающего преобразователя осуществлялось радиоимпульсным сигналом

Ключевые слова: акустическая голография, магнитострикционный преобразователь

The ways to improve resolution and accuracy of ultrasonic control systems have been proposed based on amplitude-phase analysis of wave reflected from the heterogeneity. The excitation of the transducer was realized by radio-pulse signal

Key words: acoustic holography, magnetostriuctive transducer

УДК 620.111.3

АМПЛИТУДНО- ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАГНИТО- СТРИКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

В.П. Бабак

Член-корреспондент НАН Украины, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом*
Контактный тел.: 063-822-14-37

И.В. Богачев

Старший научный сотрудник*
Контактный тел.: 063-822-14-37
E-mail: b_i_v@voliacable.com

*Отдел диагностики и оптимизации в энергетике
Институт технической теплофизики НАН Украины
ул. Желябова, 2-а, г. Киев, Украина, 03057

Вступление

В настоящее время для определения местоположения и геометрических размеров дефекта получили широкое распространение методы, использующие в качестве регистрируемых параметров амплитуду и время задержки акустического импульса.

Основными недостатками систем, базирующихся на этих методах контроля, являются: сравнительно высокая погрешность измерений, малая разрешающая способность и низкая помехозащищенность.

Наиболее перспективными в ультразвуковой технике неразрушающего контроля являются акустог-

лографические методы, основанные на измерении и регистрации амплитуды и фазы отраженной от неоднородностей исследуемого образца ультразвуковой волны. В системах, реализующих эти методы, целесообразно использовать радиоимпульсные сигналы с частотой заполнения 1-5МГц. Нетрудно показать, что измерение фазового сдвига радиоимпульсного сигнала позволяет обеспечить повышение точности определения расстояния до дефекта по сравнению с широко применяемым измерением временного сдвига практически в сто и более раз. Так, если частота заполнения импульса равна 1МГц, погрешность измерения времени запаздывания его составит величину порядка 250 нс., что для металлов соответствует

погрешности измерения расстояния 1-1.5 мм. При использовании фазового метода, даже при относительно низкой точности измерений фазового сдвига получаем погрешность измерения расстояния порядка 20 мкм.

Отраженный от дефекта импульсный сигнал (эхо-импульс) при условии пренебрежения изменением фазы при отражении от дефекта записывается в виде

$$U(t) = \begin{cases} A(t)\sin(\omega t - \psi) & \text{при } 0 < t < \tau_u \\ 0 & \text{при } t < 0, t > \tau_u \end{cases} \quad (1)$$

где ω и τ_u - частота заполнения и длительность эхо-импульса;

ψ - фаза колебания, заполняющего импульс;

$A(t)$ - огибающая импульса.

Расстояние l до дефекта, длина λ акустической волны и фаза ψ связаны зависимостью $\psi/2 = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot l$, которая при выражении l через λ , т.е., $l = n\lambda + \Delta l$, приводится к виду

$$\psi/2 = 2\pi + 2\pi \frac{2l}{\lambda} = n2\pi + \phi, \quad (2)$$

где ϕ - фазовый сдвиг заполнения импульса относительно опорного колебания, когерентного с заполнением зондирующего импульса;

n - целое число периодов опорного колебания, прошедшее с момента начала зондирования до момента прихода эхо-сигнала.

Из (2) следует, что для определения расстояния до дефекта фазовым методом необходимо подсчитать n и измерить ϕ . Заметим, что преимущество фазового метода – большая точность – обусловлено тем, что ϕ измеряют на установившейся части эхо-импульса, где соотношение сигнал-шум достаточно велико.

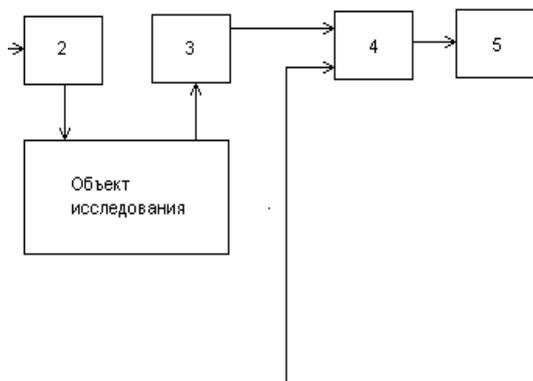


Рис. 1. Структурная схема акустолографической системы

На рис. 1 изображена структурная схема ультразвуковой системы, содержащей формирователь радиоимпульсов 1, магнестрикционный излучатель 2, приемную акустическую линейную (матричную) антенную решетку 3, электронный измерительный блок 4, устройство обработки и представления информации 5.

Магнестрикционный излучатель имеет малую площадь излучающей поверхности, что позволяет создать в контролируемом образце сферическую (ненаправленную) продольную волну. Так как излученная волна ненаправленная, то необходимо, чтобы она была достаточной мощности. Упрощенная схема преобразователя, соответствующего вышеприведенным требованиям приведена на рис. 2, где 1 – генератор гармонических колебаний, 2 – формирователь видеоимпульсов, 3 – п аналоговых ключей, 4 – п усилителей радиоимпульсов, 5 – п катушек возбуждения, 6 – волновод из магнестрикционного материала.

Диаметр излучающей поверхности преобразователя (диаметр волновода) 0,3-0,5мм, работает преобразователь на частоте 1МГц. При таком соотношении диаметра преобразователя и частоты заполняющего колебания радиоимпульса в исследуемый образец излучается сферическая ультразвуковая продольная волна. Расстояния между катушками возбуждения равны одной длине продольной волны в звуковом. Таким образом, происходит акустическое суммирование сигналов в волноводе, что позволяет повысить мощность излучения в n раз.

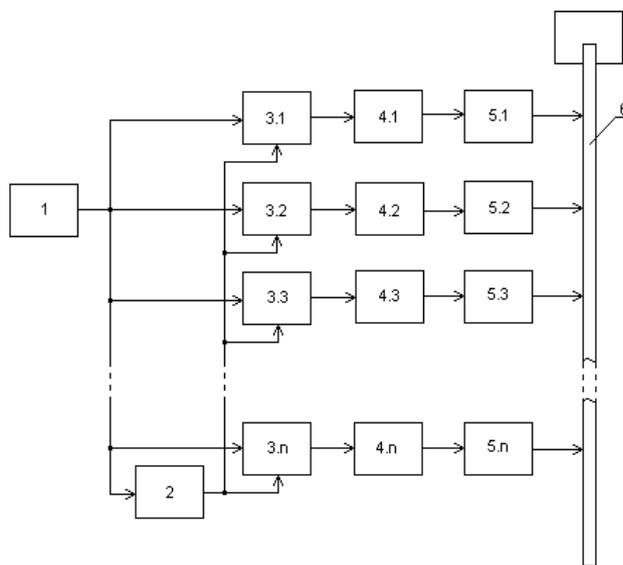


Рис. 2. Структурная схема магнестрикционного излучателя

В качестве приемных преобразователей использованы также МСП, имеющие сферическую диаграмму направленности и высокую чувствительность по звуковому давлению. В экспериментальном образце использовалась антенная решетка, содержащая 16 точечных (диаметр 0,5мм) магнестрикционных преобразователей, которая может перемещаться по поверхности исследуемого образца с помощью специального сканирующего устройства. Высокая чувствительность была достигнута за счет использования специальных материалов с высоким значением коэффициента магнестрикции, которые были подвергнуты определенной технологической обработке.

Структурная схема измерительного блока приведена на рис. 3, где 1.1...1.n – широкополосные усилители, 2 – устройство управления, 3.1.1, 3.1.2, ... , 3.n.1, 3.n.2

– устройства выборки и хранения, 4.1.1 ... 4.n.2 – аналого-цифровые преобразователи, 5 – устройство обработки цифровой информации.

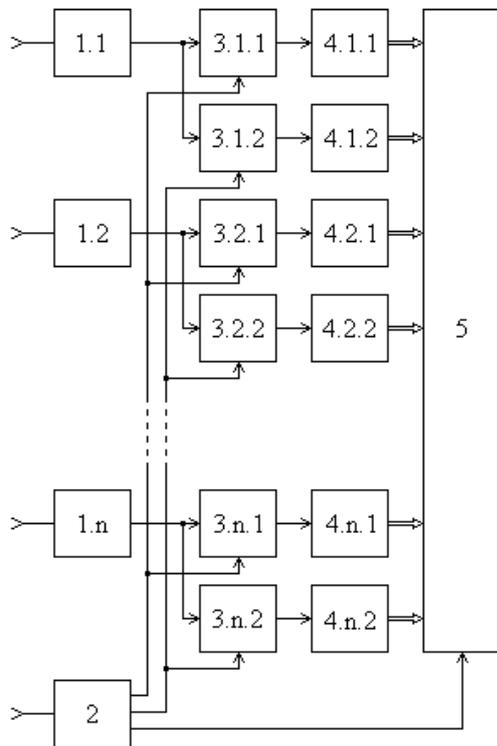


Рис. 3. Структурная схема измерительного блока

В электронном блоке определяются необходимые параметры принятых сигналов, а именно два мгновенных значения сигнала заполнения радиопульса с временной задержкой между ними, равной четверти периода, которые затем в виде цифровых кодов вводятся в устройство обработки цифровой информации, где происходит вычисление амплитуды и фазы заполняющего колебания радиопульсных принятых сигналов для каждого канала. Время одного обращения к сигналу составляет 0,5 нс. Общее время обращения к сигналу составляет 0,25 мкс. Вычисленные значения используются для расчета и построения трехмерного изображения неоднородности внутренней структуры исследуемого образца.

По мнению авторов, описанная ультразвуковая система контроля с использованием магнитострикционных преобразователей может найти широкое применение в газотурбостроении для контроля различных деталей из металлов и других твердых звукопроводящих материалов.

Литература

Бабак В.П. Безпека авіації / В. П. Бабак // Київ: Техніка, – 2004, – 584 с.
 Клоев В. В. Неразрушающий контроль. Том 3. Ультразвуковой контроль / В. В. Клоев // М.: Машиностроение, – 2004. – 864 с.
 Ермолов И. Н. Неразрушающий контроль. Акустические методы контроля / И. Н. Ермолов // М.: Высшая школа, – 1991. – 283с.