

зеркала составляет всего 0,01 от радиуса когерентности [4]. Следовательно, даже при использовании телескопов с небольшими диаметрами зеркал – любительских телескопов, атмосферные явления вносят существенный отпечаток в формирование изображения. Как следствие применение адаптивных оптических систем позволило бы существенно улучшить качество получаемого изображения.

1. Hardy, J.W., Lefebvre, J.E., Koliopoulos, C.L. Real-time atmospheric compensation. Optical Society of America, Journal, vol. 67, Mar. 1977, pp. 360-369.

2. Полещук А.Г., Седухин А.Г., Трунов В.И., Максимов В.Г. Датчик Гартмана на основе многоэлементных амплитудных масок с аподизированными апертурами. Журнал «Компьютерная оптика» Вып. №4. Том 38. 2014. С.695–703.
3. А. Вирт, Т. Гонсировский. Адаптивная оптика: Согласование атмосферной турбулентности. Журнал «Фотоника». Вып. №6, 2007. – С.10-15.
4. В.П. Лукин, Адаптивное формирование оптических изображений в атмосфере. Конференции и Симпозиумы. Новосибирск, УФН. Т.176, №9. – 2006. – С.1000 – 1006.

УДК 620.179:534.6 (043.3)

СИСТЕМА ИМПУЛЬСНОГО ИМПЕДАНСНОГО КОНТРОЛЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Сулов Е.Ф.

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»
Киев, Украина*

Современную аэрокосмическую отрасль невозможно представить без композиционных материалов (КМ). На сегодняшний день композиты широко используются в конструкциях самолетов и вертолетов, как военного, так и гражданского назначения. КМ широко применяются в таких высоконагруженных элементах как: крыло, горизонтальное и вертикальное хвостовое оперение, поверхности управления (рули высоты, направления, элероны, закрылки), интерцепторы, хвостовые балки, элементы несущего и рулевого винтов, люки, шасси и т.д.

Технологический процесс производства композиционных элементов конструкции чувствителен к ошибкам, которые в свою очередь, ведут к появлению дефектов и неоднородностей структуры готового изделия. Часто дефекты материала вызывают изменения физико-механических характеристик изделия в целом и уменьшают его прочностные показатели ниже предельно допустимых уровней.

Для неразрушающего контроля композитов используется большое количество методов, однако, на практике предпочтение отдается тем, которые являются наиболее простыми в реализации. Таковым является акустический импедансный метод. Данный метод использует влияние дефекта на смену механического импеданса системы объект контроля – первичный преобразователь. Он является одним из основных средств неразрушающего контроля на территории стран СНГ и Европы, используется при контроле сэндвич-панелей с сотовым наполнителем, многослойных конструкций, выполненных из ПКМ, металлов и других материалов и их сочетаний.

[1]. Импедансный метод внесен в руководств по технической эксплуатации ряда летательных аппаратов как базовый для периодического контроля сотовых конструкций на наличие отслоений внешней обшивки от сотового наполнителя. Дефектоскопы на его основе прошли межведомственные испытания, внесены в ведомственных реестров авиационных администраций и рекомендованы для проведения контроля композитных агрегатов на транспортных и пассажирских самолетах ИЛ-76, ИЛ-86, ИЛ-96-300, ТУ-204, ТУ-214, ЯК 42 и АН-124 «Руслан» [2]. На самолетах Airbus ИМ метод применяется в качестве дополнительного при контроле элементов на основе КМ с сотовым наполнителем.

Принцип действия метода основан на изменении механического импеданса зоны взаимодействия между преобразователем и объектом контроля. Эти изменения влияют на амплитуду, фазу и частоту выходного электрического сигнала первичного преобразователя. Кроме того, различия физико-механических характеристик контролируемой зоны, может приводить к изменению формы огибающей информационного сигнала.

Существует два типа дефектоскопов, реализующих импедансный метод – с непрерывным и импульсным возбуждением. Приборы с непрерывным возбуждением имеют сравнительно высокую мощность, что усложняет создание их мобильных версий. Таким образом, наиболее распространенные дефектоскопы имеют импульсный вид возбуждения. Пиковая амплитуда сигнала может быть достаточно просто измерена как в импульсном, так и непрерывном режиме

возбуждения преобразователя. Задача определения частоты и фазы сравнительно просто решается для непрерывного режима работы, но значительно усложняется для импульсного. Использование амплитуды сигнала как информативного параметра распространено в современных импедансных дефектоскопах, однако этот параметр имеет низкую устойчивость к воздействию случайной составляющей, источниками которой могут быть как неоднородность структуры ОК и фрикционные шумы преобразователя, так и электромагнитные помехи. Уменьшение влияния случайной составляющей можно достичь использованием интегральных характеристик сигналов.

Применение спектрального анализа к информационного сигнала импедансного преобразователя также имеет некоторые ограничения. Основная проблема заключается в ограничении разрешения полученного спектра, что обусловлено малой продолжительностью результирующего радиоимпульса преобразователя. Длина принятого импульса также изменяется в зависимости от материала, из которого выполнен ОК. Например, для реализации спектральной плотности сигнала, полученного с помощью распределительно-совмещенного преобразователя для образца, который представляет собой сэндвич-панель толщиной 7 мм с пенопластовым наполнителем ПС4-40 и обшивкой на основе стеклоткани Э3-125, продолжительность радиоимпульсов составляет примерно $16 \cdot 10^{-4}$ с. Это позволяет получить разрешающую способность 640,61 Гц на отсчет. Несмотря на значительную добротность принимающего пьезоэлемента, полученная величина может быть недостаточной для оценки влияния механического импеданса на резонансную частоту преобразователя. Таким образом, актуальной является задача создания и внедрения новых методов обработки сигналов, получаемых от первичных преобразователей дефектоскопов.

В работе предполагается расширить перечень информативных параметров, которые используются для принятия диагностических решений, за счет фазовых характеристик сигнала, а также характеристик формы, его огибающей. Для решения этих задач было использовано преобразование Гильберта (ПГ).

Результатом преобразования Гильберта действительного сигнала $x(t)$, определенного во временной области, является его Гильберт-образ $\tilde{x}(t)$, также определен во временной области. Сумма исходного и полученного сигналов представляет собой так называемый «аналитический» сигнал $z(t)$. Принимая за основу $z(t)$, можно получить амплитудную огибающую выходного

сигнала $A(t)$ и его «мгновенную» фазу $\theta(t)$ как функции времени. В процессе обработки $\theta(t)$ преобразуется в фазовую характеристику сигнала $\Phi(t)$. В работе предлагается использовать $\Phi(t)$ для расчета дополнительных информативных параметров.

Для оценки влияния дефекта на фазочастотные характеристики информационного сигнала можно выполнить интегрирование фазовой характеристики на выбранном интервале T и использовать полученную величину Fa как информативный параметр:

$$Fa = \int_{t_1}^{t_2} \Phi(t) dt \quad (1)$$

Точка t_1 может быть принята за нулевой отсчет реализации фазовой характеристики, в то время, как t_2 может быть выбрана экспериментально, исходя из обеспечения максимальной чувствительности при наименьшем количестве случайных выбросов, вызванных резкими скачками фазы вследствие неэффективной работы алгоритма развертки на основе выражения (1) при увеличении уровня шума.

В качестве информативного параметра, характеризующего степень отличия фазовых характеристик, полученных из дефектной и бездефектной областей объекта контроля, предлагается использовать параметр Fb :

$$Fb = \int_{t_1}^{t_2} [\Phi_2(t) - \Phi_1(t)] dt \quad (2)$$

Расчет данного параметра можно проводить следующим образом. На первом этапе от бездефектной области ОК получаем реализацию информационного сигнала, для которого рассчитываем эталонную фазовую характеристику $\Phi_1(t)$. Далее рассчитываем разницу между $\Phi_1(t)$ и $\Phi_2(t)$ той, которую получаем из текущей области сканирования. Отличие полученной разностной характеристики будет тем больше, чем больше отличаются физико-механические характеристики контролируемой зоны.

Для проведения экспериментальных исследований был разработан прототип импульсного импедансного дефектоскопа. Разработанная система состоит из стандартного раздельно-совмещенного преобразователя РС-1 производства ООО «Вотум», Москва, РФ, универсального АЦП Acute 1201 (Acute LTD, Тайвань), генератора возбуждения преобразователя, усилителя и персонального компьютера. В качестве платформы разработки программного обеспечения была использована NI LabView. Данный подход позволил значительно ускорить процесс создания прототипа.

Использование предложенных информатив-

ных характеристик позволило расширить перечень измеряемых параметров сигнала, по которым возможно принимать диагностические решения. Испытания прототипа дефектоскопа показало, что предложенные параметры позволяют обеспечить более высокий уровень достоверности, чем традиционные [3].

1. Ланге Ю.В. Акустические низкочастотные методы неразрушающего контроля многослойных конструкций. – М.: Машиностроение, 1991. – 272 с.

УДК 681.121.4(035)

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СХЕМА ТЕПЛООВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ УРОВНЯ ВОДЫ

Ташматов Х.К., Музафаров А.Р.

Ташкентский государственный технический университет
Ташкент, Республика Узбекистан

В данной работе предлагается разработанная измерительная схема и основные элементы измерительной схемы теплового преобразователя уровня воды и обосновывается, что тепловые преобразователи являются одним из перспективных, благодаря высокой чувствительности, точности и надежности.

Тепловые преобразователи уровня характеризуются наличием следующих основных элементов: теплопровода (ТП); нагревательного элемента (НЭ); термочувствительного элемента (ТЧЭ) и измерительной схемы (ИС).

Именно сочетание в конструкциях тепловых преобразователей уровня различных вариантов теплопровода, нагревательного элемента, термочувствительного элемента и измерительной схемы позволяет получить тот или иной принцип построения. С целью создания различных вариантов основных элементов преобразователя уровня нами были разработаны морфологические таблицы основных элементов [1].

На основании анализа принципов построения тепловых преобразователей уровня можно сделать вывод о возможности разработки различных конструкций, в которых имеют место различные сочетания вышеуказанных основных элементов: ТП, ПЭ, ТУЭ и ИС [2].

Терморезистор постоянно находится в нагретом состоянии, это состояние является рабочим эксплуатационным состоянием терморезистора. Температура, до которой разогревается терморезистор, выбирается и определяется исходя из температурной характеристики терморезистора [3]. Надежность сигнализатора обеспечивается простотой измерительной цепи, которая представляет собой электронное реле, работающее в элементарном режиме «да» - «нет».

Терморезисторный преобразователь уровня жидкости [4] содержит теплопровод 1, нагревательный элемент 2, терморезистор 3 и измери-

2. Азаров Н.Т., Сырбу В.Н. Контроль клееных сотовых конструкций самолетов импедансным дефектоскопом ДАМИ-С. / Н.Т. Азаров, В.Н. Сырбу // В мире неразрушающего контроля. – 2003. – №3. – С. 16 – 29.

3. Eremenko V. Using Hilbert Transform for Signal Processing in Mechanical Impedance Analysis / I. Lysenko, A. Protasov, E. Suslov, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wcndt2016.com/portals/wcndt/bb/P172.pdf> (10.09.2016).

тельную схему, состоящего из мостовой схемы 4, усилителя 5 и реле 6 (см. рис.1).

Терморезисторный уровнемер жидкости работает следующим образом: при включении источника постоянного тока 7 терморезистор 4 начинает нагреваться нагревательным элементом 10 до определенной температуры. Терморезистор выходит в рабочий нагретый режим за время не более 10 сек.

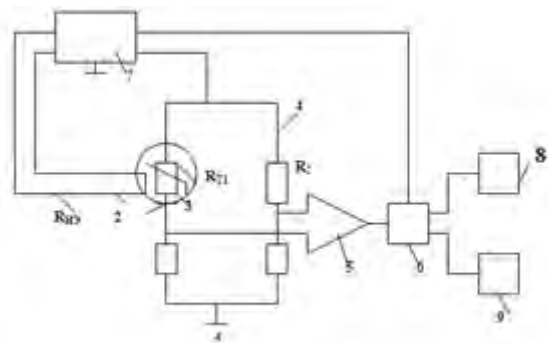


Рисунок 1 – Измерительная схема теплового преобразователя уровня воды для систем индикации и управления насосом воды:
1-теплопровод; 2-нагревательный элемент;
3-терморезистор; 4-мостовая схема;
5-дифференциальный усилитель; 6-реле;
7-источник питания; 8-насос; 9-индикатор.

По достижении рабочей температуры сопротивление терморезистора изменяется настолько, что поступают импульсы на дифференциальный усилитель 5, цепь реле 6 замыкается и переходит в режим «да», и подается сигнал, который включает насос, который подает жидкость, а светодиод индикатора 9 загорается. При касании жидкостью преобразователя уровня благодаря разным коэффициентам теплоотдачи жидкости $\alpha_{ж}$ и газа $\alpha_{г}$ (изначально окружавшего преобразователь), последний резко меняет свое сопротивление,