

ГАСИТЕЛИ КОЛЕБАНИЙ В ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

А.Б. Прокофьев, П.Е. Юдин, Н.И. Лиманова

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Выхлопной трубопровод автомобиля подвержен действию разнообразных переменных сил: кинематического возбуждения от работающего двигателя и силового возбуждения от пульсаций выхлопных газов. Таким образом, трубопроводная система представляет собой совокупность динамических взаимодействующих между собой пневмомеханических подсистем. В работе [1] рассматривается аналитически задача о колебаниях давления выхлопных газов в вибрирующем криволинейном выхлопном трубопроводе под действием кинематического возбуждения. Получены выражения для определения параметров пульсаций рабочих газов при установившихся колебаниях. A и φ_0 — постоянные, характеризующие амплитуду волны давления в трубопроводе и её фазовые сдвиги, которые необходимо определить для решения рассматриваемой задачи из следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} A \cdot \operatorname{Im} \Phi(\varphi_0) = Y, \\ \operatorname{Re} \Phi(\varphi_0) = 0, \end{cases}$$

где Y — величина, зависящая от интенсивности кинематического возбуждения, его частоты и геометрии участка трубопроводной системы;

$\Phi(\varphi_0)$ — функция, зависящая от φ_0 , импеданса присоединенных пневматических участков, частоты колебаний, скорости звука в рабочей среде. Она является комплексной, т.е.

$$\Phi(\varphi_0) = \operatorname{Re} \Phi(\varphi_0) + j \operatorname{Im} \Phi(\varphi_0)$$

Второе уравнение системы (1) является нелинейным и может быть решено с применением различных методов относительно неизвестной φ_0 .

Подставив полученное значение φ_0 в первое уравнение системы, можно определить A :

$$A = \frac{Y}{\operatorname{Im} \Phi(\varphi_0)}$$

Представленная выше аналитическая модель позволяет определить параметры пульсаций рабочих газов при установившихся колебаниях трубопровода (например, от кинематического возбуждения).

Анализ данной модели показывает, что если выхлопные трубопроводы автомобилей при эксплуатации подвержены воздействию вибрации с частотой, близкой к их собственной частоте, то возможно генерирование интенсивных колебаний давлений рабочих газов. Это, в свою очередь, может привести к возникновению незатухающих колебаний трубопроводов и снижению их работоспособности. Использование предложенной аналитической модели на стадии доводки трубопроводных систем позволяет снизить затраты на доводку и значительно повысить их надежность в эксплуатации.

При контроле параметров вибраций с помощью рефлектометрических волоконно-оптических датчиков остается открытым вопрос бесконтактной установки и поддержания чувствительных элементов (ЧЭ) преобразователей на фиксированном расстоянии относительно контролируемых неподвижных или перемещающихся элементов конструкций в течение всего времени измерений [2].

Особенно актуальным является решение проблемы точной бесконтактной установки (с погрешностью $(0,05 - 0,1)\%$) ЧЭ датчиков при контроле вибраций перемещающихся элементов. Задача усложняется еще и тем, что измерения приходится проводить в условиях дестабилизирующих факторов, таких как электрические и магнитные помехи, запыленность и загрязненность окружающей среды, износ, изменения питающих напряжений, воздействие высоких температур и т.д. Кроме того, влияющие факторы могут изменяться во времени случайным образом. Решить указанную задачу позволяет двухканальный оптоэлектронный датчик с модулированным излучением (ВОДВ), который дает возможность поддерживать точность позиционирования $0,1$ мкм в условиях воздействия на него вышеперечисленных мешающих факторов.

Структурная схема ВОДВ приведена в [3]: лазер, жгут излучающих световодов, приемные жгуты световодов, фотодиоды, преобразователь тока фотодиода в напряжение, усилитель переменного тока, фильтр верхних частот, синхронный детектор, генератор импульсов, фильтр нижних частот, регистратор. Излучающий световод, первый и второй приемные жгуты световодов, соответственно, располагают вблизи от поверхности контролируемого объекта.

С помощью излучающего жгута световодов и источника излучения освещают поверхность контролируемого объекта. Отраженный свет попадает в приемные жгуты, что приводит к появлению разностного сигнала S_i на выходе преобразователя тока фотодиода в напряжение:

$$S_i = U_1 - U_2,$$

где $U_1 = f_1(z)$ и $U_2 = f_2(z)$ — сигналы с фотоприемников первого и второго измерительных каналов. Как следует из рис. 1, на котором изображена зависимость $S_i(z)$, при $z < z_0$ величина $S_i < 0$, а при $z > z_0$ $S_i > 0$, где z_0 —

абсцисса точки пересечения зависимостей $U_1=f_1(z)$ и $U_2=f_2(z)$.
 Позиционирование датчика производят при установочном зазоре $z = z_0$, для чего при $S_i < 0$ зазор увеличивают, а при $S_i > 0$ зазор уменьшают до получения равенства $S_{i\text{эф}} = 0$, где $S_{i\text{эф}}$ — постоянная составляющая сигнала S_i .
 Знак сигнала S_i позволяет судить о направлении изменения z .
 Принципиально важным является то, что при изменении мощности источника света или при изменении коэффициента отражения света от поверхности происходит одинаковое "растяжение" или "сжатие" зависимостей $U_1=f_1(z)$ и $U_2=f_2(z)$, но при этом абсцисса z_0 их точки пересечения не изменяется.

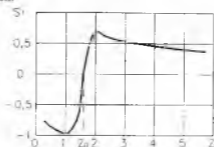


Рис. 1. Зависимость разностного сигнала S_1 от измеряемого расстояния z

В рассматриваемом ВОДВ формирование разностного сигнала производится путем вычитания токов фотодиодов. Поверхность контролируемого объекта освещается модулированным светом с помощью полупроводникового лазера. В данном устройстве использовался полупроводниковый лазер ИЛПН - 301 I.

Погрешность установки чувствительного элемента преобразователя обусловлена изменениями напряжений смещения, а также коэффициентов передачи фотоприемников и влиянием внешней засветки. Для устранения погрешности установки в разработанном датчике положения:

- 1) формирование сигнала S_1 производится путем вычитания самих токов фотодиодов;
- 2) поверхность контролируемого объекта освещается модулированным светом с помощью полупроводникового лазера;
- 3) длительность импульса лазера выбирается кратной $1/50\text{Гц} = 20\text{мс}$.

В рассматриваемом устройстве вычитание токов фотодиодов происходит до их преобразования в напряжение, поэтому точность формирования разностного сигнала не зависит от изменений коэффициента передачи преобразователя тока фотодиода в напряжение. В двухканальном ВОДВ поверхность контролируемого объекта освещается модулированным светом с помощью полупроводникового лазера, что позволяет отказаться от измерения постоянной составляющей сигналов фотодиодов. Таким образом,

влияние изменения напряжения смещения преобразователя тока фотодиода в напряжение, изменений напряжений смещения усилителей сигналов на результат измерений ВОДВ устранено.

ВОДВ функционирует следующим образом. При желании зафиксировать положение датчика вибрации относительно контролируемого объекта, оператор включает автоматическую систему управления положением жгута световодов ВОДВ, которая изменяет его расположение относительно объекта до тех пор, пока на выходе датчика не появится нулевой сигнал, после чего положение торца жгута световодов фиксируется. Отклонение сигнала с выхода преобразователя от нуля в сторону отрицательных значений указывает на необходимость увеличения рабочего зазора, а отклонение в сторону положительных значений требует уменьшения расстояния между чувствительным элементом преобразователя и контролируемым объектом до появления нулевого сигнала на выходе ВОДВ. В отличие от интерферометрических датчиков ВОДВ имеет только одно положение, при котором на его выходе имеется нулевой сигнал.

ВОДВ используется в подсистемах контроля уровня вибраций как вспомогательное средство для установки и точного позиционирования серийно выпускаемых датчиков вибрации. Высокая точность установки ВОДВ относительно контролируемых поверхностей (долговременная погрешность позиционирования) не превышала 0,1% в условиях электрических и магнитных помех, запыленности и загрязненности окружающей среды и объекта контроля, износа, изменений питающих напряжений, воздействия высоких температур и изменения указанных влияющих факторов во времени случайным образом. Использование модулированного излучения для питания датчика позволяет также устранить влияние вариаций напряжения смещения преобразователя тока в напряжение, изменение напряжений смещения усилителей сигналов на результат измерений ВОДВ.

Проанализировав по амплитуде, фазе и частоте полученный с датчика сигнал, являющийся сигналом источника кинематического возбуждения системы, включается электронный регулируемый блок (широтно-импульсный генератор) питающий обмотку электромагнита, ферромагнитный сердечник которого касается трубопровода. Противофазный сигнал с электромагнита подавляет кинематическую вибрацию трубопровода, что регистрируется ВОДВ.

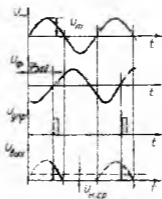


Рис. 2. Временные диаграммы напряжений

На рис.2 показаны временные диаграммы напряжений. На одну из гармоник вибраций U , воздействует противофазный сигнал с генератора в виде синусоиды $U\phi$ одинаковой амплитуды и частоты. При фазовом сдвиге ϕ_{00} близком к фазе U , амплитуда вибраций $U_{\text{вых}}$ уменьшается. Уменьшение вибраций также можно осуществить с помощью управляющих импульсов $U_{\text{упр}}$ с широтно-импульсного генератора.

Список использованных источников

1.Е.В. Шахматов, А.Б. Прокофьев, Т.Б. Миронова. Возбуждение пульсаций давления в рабочей жидкости при вибрации трубопровода. Вестник СГАУ. 2006. №2. Часть 2. Самара 2006. С. 161-164.

2.А.с. 1798632 СССР, МКИ G 01 H 17/00. Способ измерения вибраций и устройство для его осуществления / Колюхов Н.Е., Лиманова Н.И., Шишкин А.Р. и др – Опубл. 28.02.93. Бюл. № 8

3.Н.И. Лиманова. Помехоустойчивый бесконтактный оптоэлектронный датчик положения для автоматизированных систем контроля уровня вибраций. Вестник СГАУ. 2006.№2. Часть 2. Самара 2006. С. 62-65.