

КОНТРОЛЬ АМПЛИТУДЫ ВИБРАЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ПИРАМИДАЛЬНОЙ МИРЫ

А.В. Юденков, Е.А. Зрюмов, С.П. Пронин

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
г. Барнаул

Всё большее распространение в различных областях промышленности получают оптико-электронные средства измерения и контроля. Применение информационно-измерительных оптико-электронных систем (ИИ ОЭС) позволяет производить измерения бесконтактным способом, что значительно упрощает процесс измерения и снижает влияние внешних факторов.

Важнейшим параметром колебательного процесса является амплитуда колебания. В большинстве случаев превышение максимально допустимого значения амплитуды колебания механизмов ведет к их повреждению. Поэтому, как измерение амплитуды механических колебаний в частности, так и осуществление контроля за функционированием колеблющихся механизмов является актуальной задачей.

Бесконтактный метод контроля вибраций можно реализовать с использованием тест-объекта в виде пирамидальной миры [1]. Различным штрихам пирамидальной миры соответствуют различные значения пространственной частоты: для верхней миры $N_1 = 0,129 \text{ мм}^{-1}$, $N_2 = 0,156 \text{ мм}^{-1}$, $N_3 = 0,208 \text{ мм}^{-1}$, $N_4 = 0,234 \text{ мм}^{-1}$, $N_5 = 0,313 \text{ мм}^{-1}$, $N_6 = 0,536 \text{ мм}^{-1}$, $N_7 = 1,875 \text{ мм}^{-1}$; для нижней миры $N_8 = 0,121 \text{ мм}^{-1}$, $N_9 = 0,144 \text{ мм}^{-1}$, $N_{10} = 0,170 \text{ мм}^{-1}$, $N_{11} = 0,221 \text{ мм}^{-1}$, $N_{12} = 0,268 \text{ мм}^{-1}$, $N_{13} = 0,395 \text{ мм}^{-1}$, $N_{14} = 0,938 \text{ мм}^{-1}$.

Для проведения исследования разрабатывалась экспериментальная установка, позволяющая на заданной частоте и амплитуде вибрации пирамидальной миры фиксировать ее изображение на ПЗС-фотоприемнике видеокамеры, с помощью специализированного программного обеспечения рассчитывать контраст изображения и строить график функции передачи сигнала. Функция передачи сигнала (ФПС) - это зависимость уровня сигнала между двух штрихов от пространственной частоты в пирамидальной мире.

При отсутствии вибраций все штрихи в изображении пирамидальной миры имеют разрешение, т.е. между светлых штрихов наблюдаются темные промежутки (рис. 1).

В первом эксперименте при фиксированном значении частоты амплитуда вибрации пирамидальной миры составляла 0,5 мм.

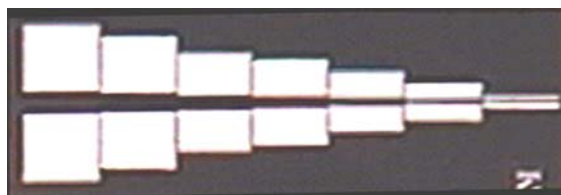


Рисунок 1 – Изображение штриховой миры при отсутствии вибраций

На пространственной частоте $N_7 = 1,875 \text{ мм}^{-1}$ заметно возникновение пространственного фазового сдвига. На остальных пространственных частотах темные промежутки сохраняются. Таким образом, возникновение пространственного фазового сдвига на пространственной частоте $N_7 = 1,875 \text{ мм}^{-1}$ при незначительном уменьшении контраста на других частотах характерно для амплитуды вибрации 0,5 мм.



Рисунок 2 – Изображение штриховой миры при частоте вибрации 50 Гц

Во втором эксперименте амплитуда вибрации пирамидальной миры составляла 1,0 мм. На пространственных частотах $N_6 = 0,536 \text{ мм}^{-1}$, $N_7 = 1,875 \text{ мм}^{-1}$ наблюдается появление нулевого контраста, а на пространственной частоте $N_{14} = 0,938 \text{ мм}^{-1}$ отмечено возникновение пространственного фазового сдвига. Таким образом, для амплитуды вибрации 1,0 мм характерно возникновение пространственного фазового сдвига на частоте N_{14} , появление нулевого контраста на пространственных частотах N_6 и N_7 .

При проведении третьего эксперимента отмечено возникновение пространственного фазового сдвига на частоте $N_6 = 0,536 \text{ мм}^{-1}$. Одновременно появляются области нулевого контраста на частотах $N_{13} = 0,395 \text{ мм}^{-1}$, $N_{14} = 0,938 \text{ мм}^{-1}$.

По результатам обработанных данных, полученных в ходе проведения серии экспериментов, построены графики (рис. 3).

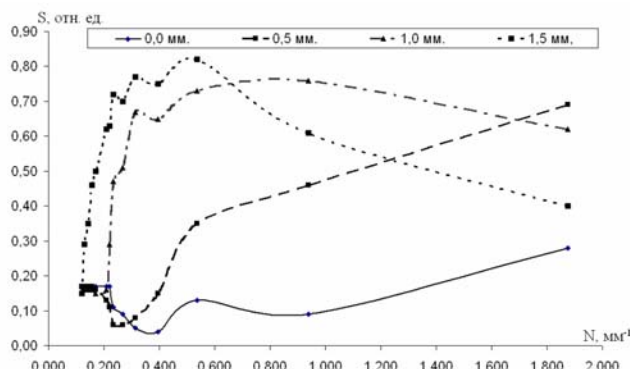


Рисунок 3 – Графики зависимости сигнала от пространственной частоты

Из графиков видно, что частота, на которой наблюдается пространственный фазовый сдвиг, соответствует их максимумам на исследуемом диапазоне пространственных частот.

Анализируя полученные результаты, следует отметить, что каждому значению виброперемещения соответствует возникновение на определенных пространственных частотах пространственного фазового сдвига, по которому можно сделать вывод о величине амплитуды колебаний, что, в свою очередь, позволит повысить точность измерений.

Например, на пространственной частоте $N_7 = 1,875 \text{ мм}^{-1}$ заметно возникновение пространственного фазового сдвига, что соответствует максимуму ФПС при амплитуде вибрации $0,5 \text{ мм}$. Аналогичным образом, амплитуде колебания $1,0 \text{ мм}$ соответствует возникновение пространственного фазового сдвига на пространственной частоте $N_{14} = 0,938 \text{ мм}^{-1}$, которой соответствует максимальное значение ФПС. Для амплитуды колебания $1,5 \text{ мм}$ характерно возникновение пространственного фазового сдвига на пространственной частоте $N_6 = 0,536 \text{ мм}^{-1}$.

Пространственная частота штрихов (N_i , мм^{-1}) в пирамидальной мире связана с расстоянием между центрами штрихов (A , мм) обратной пропорциональной зависимостью:

$$N = \frac{1}{A} \quad (1)$$

Для пространственной частоты $N = 1,875 \text{ мм}^{-1}$ расстояние между центрами штрихов равно $A = 0,53 \text{ мм}$. При этом амплитуда колебаний пирамидальной миры составляла $l = 0,5 \text{ мм}$. Аналогично, для $N = 0,938 \text{ мм}^{-1}$ расстояние $A = 1,07 \text{ мм}$, амплитуда колебаний составляла $1,0 \text{ мм}$. Для $N = 0,536 \text{ мм}^{-1}$ расстояние соответствует $A = 1,87 \text{ мм}$, амплитуда колебаний пирамидальной миры составляла $l = 2,0 \text{ мм}$.

На основании полученных экспериментальных данных можно построить статическую характеристику виртуальной измерительной системы. Она представляет зависимость амплитуды колебаний пирамидальной миры от величины расстояния между центрами штрихов на той пространственной частоте, в изображении которой возникает пространственный фазовый сдвиг. Статическая характеристика представлена на рисунке 4.

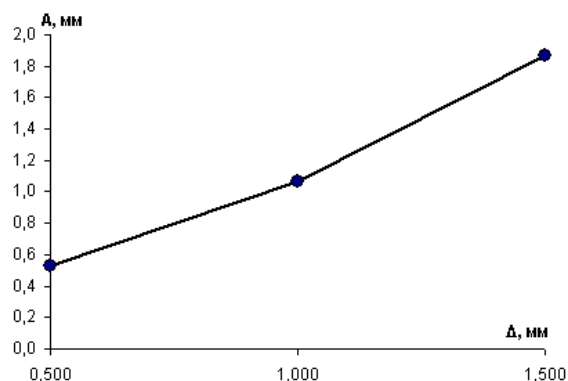


Рисунок 4 – Статическая характеристика виртуальной измерительной системы

Вывод

Используя признак пространственного фазового сдвига в изображении пирамидальной миры можно однозначно измерять и контролировать пространственные колебания объектов практически на любых расстояниях от измерительной системы.

Список литературы

1. Пронин С.П. Оценка качества информационно-измерительной оптико-электронной системы: Монография / С.П. Пронин; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2001. - 125 с.