

ОПТИЧЕСКИЕ БИЕНИЯ

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

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

Изучение вибраций – актуальная проблема, так как они являются неотъемлемой составляющей нашей жизни. Своевременное определение параметров вибрации динамических процессов представляет собой одну из важных задач в промышленном производстве. В ряде статей предложен метод контроля и измерения частоты и размаха гармонической вибрации по изменению оптического контраста [1, 2, 3].

Однако, в реальных экспериментах по исследованию вибраций, например, строительных конструкций, двигателей внутреннего сгорания и т.д. колебания могут являться полигармоническими, состоящими, по крайней мере, из суммы двух гармоник.

Целью данной работы является исследование изменения контраста в изображении тест-объекта, совершающего вибрации по закону суммы двух гармонических колебаний с одинаковыми амплитудами и близкими частотами.

Примем модель полигармонической вибрации в виде:

$$y = \frac{R_1}{2} \cos(2\pi \cdot f_1 \cdot t) + \frac{R_2}{2} \cos(2\pi \cdot f_2 \cdot t), \quad (1)$$

где R_1 , R_2 – размахи вибраций, f_1 , f_2 – частоты вибраций.

При упрощающем предположении $R_1 = R_2$, в результате сложения двух вибраций с близкими частотами возникают биения [4]:

$$y = \frac{2 \cdot R_1}{2} \cos\left(\frac{2\pi \cdot (f_1 + f_2)}{2} \cdot t\right) \times \cos\left(\frac{2\pi \cdot (f_1 - f_2)}{2} \cdot t\right). \quad (2)$$

Суммарный сигнал (1) использовался в вибрации тест-объекта. При сложении вибраций частота биений равна разности частот составляющих вибраций:

$$f_{\delta} = f_1 - f_2. \quad (3)$$

Период биений T_{δ} – промежуток между соседними моментами времени, в которые амплитуда обращается в нуль:

$$T_{\delta} = \frac{1}{f_{\delta}}. \quad (4)$$

Для исследования изменения контраста в изображении тест-объекта, совершающего вибрации по закону суммы двух колебаний, была разработана экспериментальная установка, блок-схема которой представлена на рисунке 1.

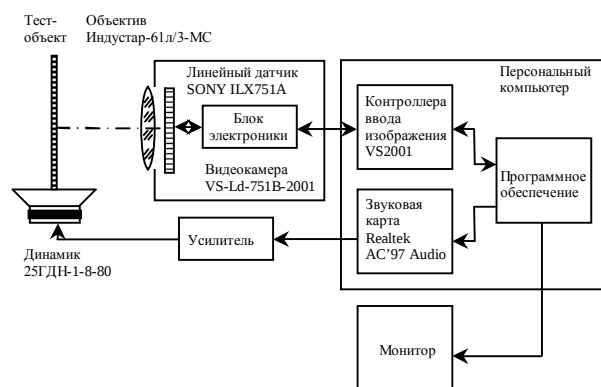


Рисунок 1 – Блок-схема экспериментальной установки

Экспериментальная установка состоит из звукового генератора синусоидальных колебаний, динамика, на диффузоре которого закреплен тест-объект, видеокамеры и персонального компьютера. Генератор формирует полигармонический сигнал, состоящий из суммы двух гармоник, с задаваемыми близкими частотами и одинаковыми размахами.

Видеокамера устанавливается от тест-объекта на расстоянии 0,3 м и состоит из объектива Индустар-61л/3-МС и линейного датчика VS-Ld-751B-2001 с электронным блоком ввода данных в персональный компьютер.

Тест-объект представляет собой десять парных черных штрихов, нанесенных на белую бумагу и расположенных параллельно друг другу. Статическое изображение представлено на рисунке 2,а. Для дальнейшего сравнения на рисунке 2,б представлено изображение с частотой вибрации тест-объекта $f = 30$ Гц.

Экспериментальная установка работает следующим образом. На звуковую карту персонального компьютера подается сигнал заданного спектрального состава. Затем через PCI-контроллер ввода изображений задается

набор частот опроса видеокамеры VS-Ld-751-2001. Далее захватываются видеоизображения с камеры. Для задания частот колебания растра используется программа, реализованная с помощью среды разработки MatLab. В программе задавали сигнал (1) с близкими частотами f_1 и f_2 . Далее с помощью функции $\text{sound}(S,P)$ воспроизводится сигнал из вектора S с частотой дискретизации P , который передается на вибростенд, подключенный к звуковой карте компьютера.

Экспериментальные исследования биений проводили для сигналов, представляющих сумму частот: ($f_1 = 30$ Гц и $f_2 = 29,5$ Гц); ($f_1 = 30$ Гц и $f_2 = 29$ Гц); ($f_1 = 30$ Гц и $f_2 = 28$ Гц). Частоту опроса видеокамеры устанавливали равной 30 Гц. Полученные изображения представлены на рисунке 3а, 3б, 3в.

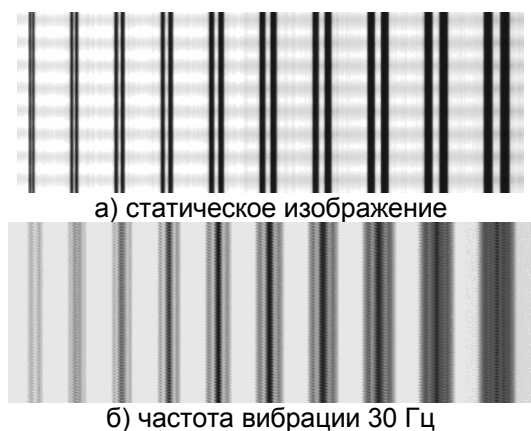


Рисунок 2 – Изображение тест-объекта

Согласно формулам (2) и (3) при заданных частотах $f_1=30$ Гц, $f_2=29,5$ Гц частота биений тест-объекта равна $f_b=0,5$ Гц, а период биений равен $T_b=2$ с. При заданных частотах $f_1=30$ Гц, $f_2=29$ Гц частота биений тест-объекта равна $f_b=1$ Гц, а период биений равен $T_b=1$ с. При заданных частотах $f_1=30$ Гц, $f_2=28$ Гц частота биений тест-объекта равна $f_b=2$ Гц, а период биений равен $T_b=0,5$ с.

На рисунке 3а, 3б, 3в представлены изображения тест-объекта, которые отражают процесс полигармонических вибраций. Во всех изображениях наблюдаются резкие изменения контраста в парных штрихах, причем периоды изменения контраста равны периодам биений, вычисленным по формуле (4).

Частота биений при частотах составляющих 30 и 28 Гц равна 2 Гц, период биений равен 0,5 с. Вычисления показали, что изменение контраста происходит тоже за 0,5 с (см. рисунок 3,а). Частота биений при частотах составляющих 30 и 29 Гц равна 1 Гц, период биений равен 1 с. Вычисления показали, что

изменение контраста происходит тоже за 1 с (см. рисунок 3,б). Частота биений при частотах составляющих 30 и 29,5 Гц равна 0,5 Гц, период биений равен 2 с. Вычисления показали, что изменение контраста происходит тоже за 2 с (см. рисунок 3,в).

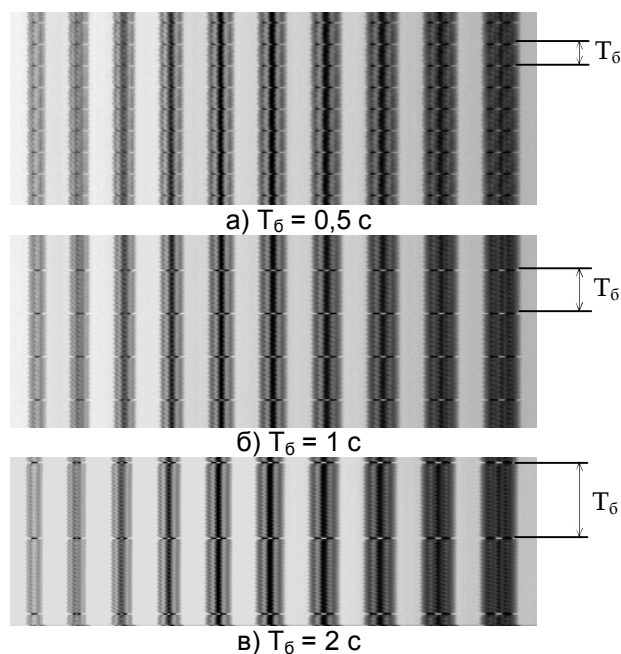


Рисунок 3 – Оптические биения

Таким образом, при сложении двух гармонических электрических колебаний с равными амплитудами и близкими частотами наблюдаются оптические биения. Оптические биения – явление резкого изменения контраста в изображении двух парных штрихов, возникающее при их вибрации с частотой, равной сумме близких частот двух гармонических колебаний с равными амплитудами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пронин С.П. Теоретические и визуальные экспериментальные исследования изменения контраста в изображении колеблющихся парных штрихов / С.П. Пронин, А.В. Юденков, П.А. Зрюмов, С.В. Кононов, А.А. Фадеев, И.Н. Карташова, О.Е. Силаева // Ползуновский альманах – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. – №2; С. 108-112.
2. Зрюмов П.А. Интеллектуальное оптическое средство контроля частоты вибрации объекта / П.А. Зрюмов, Е.А. Зрюмов, А.В. Юденков, С.П. Пронин // Ползуновский альманах – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2008. – №2; С. 91-92.
3. Пронин С.П., Контроль параметров вибрации объекта по оптическому изображению тест-объекта на экране монитора персонального компьютера / С.П. Пронин, А.В. Юденков, Е.А. Зрюмов // Естественные и технические науки – М: Спутник+, 2009. – №5; С. 268-274.
4. Кухлинг Х. Справочник по физике / Х. Кухлинг // М.: Мир, 1983. – 520 с.