

АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ СТОЛА ВИБРОСТЕНДА

Шибут Д. С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Лапицкая Н.В. – канд. тех. наук

Рассмотрены проблемы, возникающие при метрологической аттестации и поверке вибродатчиков. Показано, что при формировании сигналов возбуждения вибростенда необходимо учитывать его механические и электрические особенности. Описан алгоритм формирования сигналов с учетом коррекции нелинейных искажений вносимых вибростендом. Приведены результаты работы программного средства.

Одним из важнейших параметров, характеризующих техническое состояние машин и агрегатов, являются параметры вибрации. Для контроля вибрации используют различные контрольно-измерительные приборы и первичные вибродатчики, которые периодически подвергают метрологической аттестации или поверке с целью обеспечения достоверности контролируемых параметров [1].

При проведении поверки образцовый и поверяемый датчик особым образом размещаются на столе вибростенда. Для испытаний формируется сигнал возбуждения, который поступает на вибростенд, что приводит к возвратно-поступательному движению его стола. Вибросигналы с образцового и поверяемого датчика поступают в ЭВМ, где оцифровываются и обрабатываются с помощью специализированного программного обеспечения, после чего делается вывод о характеристиках поверяемого датчика [2].

В силу механических и электрических особенностей конструкции вибростенда, его амплитудная и амплитудно-частотная характеристики неравномерны и, как следствие, движение стола вибростенда не будет соответствовать параметрам заданного возбуждающего сигнала [3]. Так если подать на стенд синусоидальный сигнал:

$$u(t) = U \sin(2\pi ft) \quad (1)$$

ускорение на столе вибростенда будет несинусоидальным:

$$a_v(t) = \sum_{i=1}^N A_i \sin(2\pi i f t + \varphi_i) \quad (2)$$

При этом возникает задача измерения и стабилизации первой гармоники. Помимо этого, при проведении поверки ВИП требуется обеспечить воспроизведение на столе вибростенда синусоидального испытательного сигнала с коэффициентом гармоник менее 5%.

Чтобы компенсировать высшие гармоники обусловленные вибростендом, на него необходимо подать не синусоидальный, а сложный сигнал:

$$u_{stim}(t) = u(t) + u_{add}(t) \quad (3)$$

где $u(t)$ – синусоидальный сигнал;

$u_{add}(t)$ – добавочный сигнал.

Добавочный сигнал представляет собой функцию вида:

$$u_{add}(t) = \sum_{i=2}^N U_i \sin(2\pi i f t + \varphi_i) \quad (4)$$

где U_i, φ_i – амплитуда и фаза i -ой гармоники.

Для определения конкретных значений U_i и φ_i предложен следующий алгоритм:

1. Формирование возбуждающего сигнала $u(t) = U_1 \sin(2\pi ft)$.
2. Определение амплитуд гармоник возбуждающих колебаний стола вибростенда $A_i, i = 1..N$.
3. Определение амплитуд гармоник добавочного сигнала:

$$U_i = U_1 \frac{A_i}{A_1 K_i}, K_i = \frac{A_{f,i}}{A_f}, i = 2..N. \quad (5)$$

4. Задание шага по фазе $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$.
5. Задание начальных фаз высших гармоник $\varphi_{i,0} = 0, i = 2..N$.
6. Определение первой пробной фазы высших гармоник $\varphi_i = \varphi_{i,0} + \Delta\varphi, i = 2..N$.
7. Формирование возбуждающего сигнала:

$$u(t) = U_1 \sin(2\pi ft) + \sum_{i=2}^N U_i \sin(2\pi i ft + \varphi_i) \quad (6)$$

8. Определение амплитуд высших гармоник вибросигнала, отражающего виброускорение колебаний стола вибростенда $A_{1,i}, i = 2..N$.
9. Формирование сигнала возбуждения:

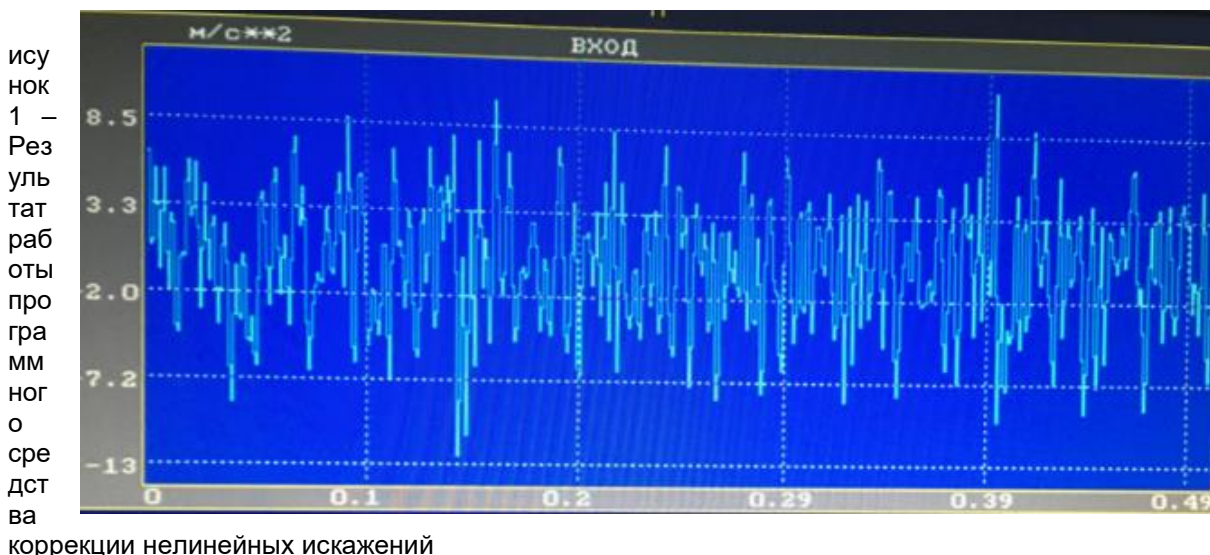
$$u(t) = U_1 \sin(2\pi ft) + \sum_{i=2}^N U_i \sin(2\pi i ft - \varphi_i) \quad (7)$$

10. Определение амплитуд высших гармоник вибросигнала, отражающего виброускорение колебаний стола вибростенда $A_{2,i}, i = 2..N$.
11. Определение приближения начальных фаз высших гармоник.
Если $A_{1,i} > A_{2,i}$, то $\varphi_{i,0} = \varphi_{i,0} - \Delta\varphi$, в противном случае $\varphi_{i,0} = \varphi_{i,0} + \Delta\varphi; i = 2..N$.
12. Определение следующего значения шага по фазе $\Delta\varphi = \frac{\Delta\varphi}{2}$.
13. Если $\Delta\varphi > \frac{\pi}{180}$, то переход к шагу 6.
14. Формирование испытательного сигнала в виде:

$$u(t) = U_1 \sin(2\pi ft) + \sum_{i=2}^N U_i \sin(2\pi i ft + \varphi_{i,0}) \quad (8)$$

Число гармоник, которые участвуют в формировании добавочного сигнала, выбирается порядка $N = 6-10$.

На основе приведенного алгоритма было разработано программное средство формирования сигнала возбуждения с учетом коррекции нелинейных искажений. Результат работы приведен на рисунке 1.



Экспериментальные исследования показали, что предложенный алгоритм позволяет обеспечить формирование гармонических вибрационных сигналов возбуждения вибростенда с коэффициентом гармоник, не превышающим 3%.

Список использованных источников:

1. Неразрушающий контроль. Справочник. Том 7. Книга 2. Вибродиагностика /Ф.Я. Балицкий и др. М.: Машиностроение, 2005. – 485 с.

2. МИ 18-73-88. Методические указания. Виброметры с пьезоэлектрическими и индукционными преобразователями. Методика поверки. Зарегистрированы ВНИИМС 21.06.1988 г.

3. Бранцевич П.Ю., Моделирование вибрационных сигналов с заданными характеристиками/ П.Ю. Бранцевич, Н.В. Лапицкая, В.А. Леванцевич// Информационные технологии и системы 2021(ИТС 2021): материалы Междунар. науч. конф. , Минск, 24 ноября 2021г./ БГУИР. – Минск, 2012. – С.49 – 50