

СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА АКСЕЛЕРОМЕТРА ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕУРАВНОВЕШЕННОСТИ РОТОРА В СТЕНДЕ БАЛАНСИРОВКИ

Арбузов Г. Н., Сипович А. С., Шобик И. П.
Кафедра систем управления,

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь

ОАО Пеленг, Минск, Республика Беларусь

E-mail: {ms.alinasipovich, hleb.arbuzau, innash1820}@gmail.com

В данной работе сравниваются алгоритмы обработки сигнала на стенде балансировки роторов. Описывается принцип работы стенда, содержание и итоги проведенных экспериментов. Рассматриваются два цифровых фильтра: с бесконечной и конечной импульсной характеристикой, а также их сочетания. В ходе эксперимента проверяются 4 различных алгоритма обработки. Цель работы: определить алгоритм обработки сигнала, который позволяет производить балансировку с максимальной точностью.

ВВЕДЕНИЕ

Балансировка роторов предназначена для изменения дисбаланса путем добавления уравновешивающих масс. Задачей балансировки является нахождение величины и места установки одной или нескольких уравновешивающих масс.

Ранее для определения неуравновешенности использовался дорогостоящий универсальный измеритель вибраций. В статье рассматривается применение более простого оборудования для снижения стоимости рабочего места. Ставится задача выбора оптимального алгоритма обработки данных.

Сравнивается эффективность двух фильтров – с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ) и конечной импульсной характеристикой (КИХ), а также их сочетаний.

I. ОПИСАНИЕ БАЛАНСИРОВОЧНОГО СДЕНДА

Стенд (рис.1) представляет из себя балансировочный столик, состоящий из верхней, нижней и упругих пластин. В состав также входит датчик ускорения, контроллер для обработки данных, драйвер управления двигателем, источник питания.

Верхняя пластина столика крепится к нижней пластине при помощи упругих пластин, таким образом, что она имеет возможность малого линейного перемещения только по одной оси (X).

Нижняя пластина столика для балансировки фиксируется на столе при помощи зажима.

На верхней пластине столика для балансировки жестко закреплен датчик комбинированный инерциальный, который имеет в своем составе акселерометр. Акселерометр воспринимает ускорения колебаний верхней пластины столика по оси X. На верхней пластине жестко закреплен двигатель. При вращении ротора возникают колебания, которые создают колебания верхней пластины столика вдоль оси X. Перемещение верхней пластины как ускорение фиксирует дат-

чик, который впоследствии передает данные на контроллер, который в свою очередь эти данные обрабатывает, фильтрует и выводит на дисплей.

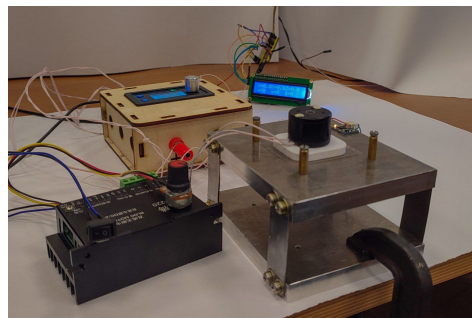


Рис. 1 – Стенд для балансировки

Программное обеспечение контроллера обрабатывает данные с датчика ускорения, рассчитывает амплитуду ускорения и выводит эти данные на дисплей. Данные с акселерометра считываются с частотой 1 кГц. Для акселерометра установлена полоса пропускания 260 Гц. Во время балансировки ротор двигателя вращается с частотой 23 Гц.

II. ОПИСАНИЕ ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ

С целью уменьшения помех, которые возникают при передачи данных с датчика на контроллер, пропустим полученный сигнал через фильтры, описание которых приведено ниже.

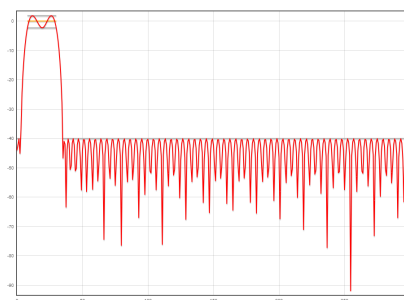


Рис. 2 – АЧХ КИХ-фильтра

Первый фильтр (Ф1), который используется для обработки сигнала акселерометра, – КИХ фильтр, нижняя граница полосы пропускания равна 8 Гц, верхняя граница полосы пропускания – 30 Гц. АЧХ фильтра представлена на рисунке 2.

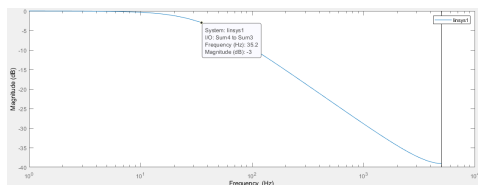


Рис. 3 – ЛАЧХ НЧ БИХ-фильтра (Ф2)

Второй фильтр (Ф2) – низкочастотный БИХ фильтр, полоса пропускания – 35 Гц. ЛАЧХ фильтра представлена на рисунке 3.

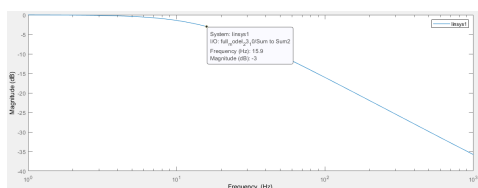


Рис. 4 – ЛАЧХ НЧ БИХ-фильтра (Ф3)

Третий фильтр (Ф3) – низкочастотный БИХ фильтр, полоса пропускания – 16 Гц. ЛАЧХ фильтра представлена на рисунке 4.

III. СОДЕРЖАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Эксперимент включает в себя две части: измерение амплитуды ускорения при сбалансированном роторе и измерение амплитуды ускорения сбалансированного ротора с минимальным грузом.

В ходе эксперимента было проверено 4 алгоритма обработки сигнала (рис.5):

1. Амплитуда сигнала ускорения с акселерометра, рассчитанная как разница наибольшего и наименьшего значений сигнала, проходила через БИХ фильтр;
2. Сигнал ускорения с акселерометра проходил через КИХ фильтр, а амплитуда отфильтрованного сигнала, рассчитанная как разница наибольшего и наименьшего значений сигнала, проходила через БИХ фильтр;

3. Сигнал ускорения с акселерометра проходил через БИХ фильтр, а амплитуда отфильтрованного сигнала, рассчитанная как разница наибольшего и наименьшего значений сигнала, проходила через БИХ фильтр;
4. Сигнал ускорения с акселерометра проходил последовательно через БИХ фильтр и через КИХ фильтр, а амплитуда отфильтрованного сигнала, рассчитанная как разница наибольшего и наименьшего значений сигнала, проходила через БИХ фильтр.

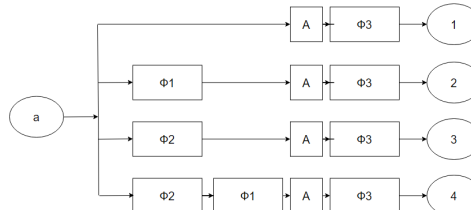


Рис. 5 – Алгоритмы обработки сигнала

Итоги: в ходе эксперимента оценивали отношение сигнал/шум. Выяснили, что наилучшим является 4-ый алгоритм, так как при его использовании получили самое большое значение отношения сигнал/шум (таблица 1).

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены различные варианты алгоритмов обработки сигнала на стенде балансировки роторов. В ходе эксперимента выбран оптимальный алгоритм обработки данных, который позволяет снизить шумы исходного датчика в 20 раз, что дает возможность определить неуравновешенность ротора с точностью 0,5 г*мм. Применение данного стенда позволило снизить стоимость рабочего места для балансировки в десятки раз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зуев, В. И., Якубович, И. М., Крюков, В. И. Цифровые фильтры. – Учебное пособие. М.: Высшая школа, 2012.
2. Ковалёв, В. К. Балансировка роторов. – Монография. М.: Машиностроение, 1977.
3. Соболев, И. А., Абрамов, В. В. Балансировка роторов в собственных опорах. – Монография. М.: Машиностроение, 1980.
4. ГОСТ 19534-74. Балансировка вращающихся тел.

Таблица 1 – Данные эксперимента

№ алг.	Изм. параметры	Без груза	С грузом	Разность	Сигнал/ шум
1	Ампл., mg	21,00	23,00	2,00	
	Шум, mg	1,00	1,00		2,00
2	Ампл., mg	4,50	6,00	0,15	
	Шум, mg	0,60	0,60		2,5
3	Ампл., mg	2,85	3,40	0,55	
	Шум, mg	0,20	0,20		2,75
4	Ампл., mg	1,70	2,40	0,70	
	Шум, mg	0,20	0,20		3,50