

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ИНЕРЦИАЛЬНОГО ДАТЧИКА ИЗ СОСТАВА РАБОЧЕГО МЕСТА БАЛАНСИРОВКИ РОТОРОВ

Арбузов Г. Н., Сипович А. С., Шобик И. П.

Кафедра систем управления,

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

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

В данной работе рассматриваются различные варианты алгоритмов обработки сигнала на стенде балансировки роторов. Описывается алгоритм работы стенда, содержание и итог проведенных экспериментов. Рассматриваются два класса цифровых фильтров: с бесконечной и конечной импульсной характеристикой. В экспериментах используются различные их комбинации. Цель работы: определить наилучший алгоритм обработки данных.

ВВЕДЕНИЕ

Балансировка роторов — операция по уменьшения дисбаланса путем добавления уравновешивающих масс. Задачей балансировки является нахождение величины и места (угла) установки уравновешивающих масс.

Балансировочный стенд включает в себя датчик ускорения, который фиксирует перемещение пластины с закрепленным на ней ротором. Данные передаются на контроллер, который их обрабатывает, фильтрует и выводит на дисплей.

Возникает задача первичной обработки информации в ИИК — фильтрация сигнала $y(t)$ измерительной информации от случайной помехи $e(t)$. В основном, методы фильтрации основаны на различии частотных спектров функций $y(t)$ и $e(t)$, и помеху считают более высокочастотной.

Способ обработки сигналов на основе численных методов с использованием цифровой вычислительной техники — цифровая обработка сигналов. Цифровые фильтры, как и аналоговые, обладают различными характеристиками — частотные: АЧХ, ФЧХ, временная: импульсная характеристика, а также передаточная характеристика фильтра.

Рассматривается два класса фильтров — с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ) и конечной импульсной характеристикой (КИХ).

I. ОПИСАНИЕ БАЛАНСИРОВОЧНОГО СДЕНДА

Нижняя пластина столика для балансировки фиксируется на столе при помощи зажима (струбцина). При этом на столе не должно быть приборов, которые могут быть источниками вибраций. Стол должен жестко и устойчиво стоять на полу, чтобы минимально воспринимать колебания.

Верхняя пластина столика крепится к нижней пластине через упругие пластины, таким образом, что она имеет возможность малого линейного перемещения при этом только в одном направлении.

На верхней пластине столика для балансировки жестко закреплен датчик комбинированный инерциальный MPU6050, который имеет в составе акселерометр. Акселерометр воспринимает ускорения колебаний верхней пластины столика по одной оси (X). На верхней пластине жестко закреплена переходная пластина, предназначенная для фиксации балансируемой рамки подвеса.

При вращении рамки, которая жестко связана с ротором двигателя, создаются колебания, которые отражаются на перемещении верхней пластины столика вдоль оси X. Перемещение верхней пластины как амплитуду ускорения фиксирует датчик, который впоследствии передает данные на контроллер BlackPill, который в свою очередь эти данные обрабатывает, фильтрует и выводит на дисплей.

Программа обрабатывает данные с датчика; на основании данных ускорения с акселерометра, изменяющихся по синусоидальному закону, программа рассчитывает частоту вращения двигателя, а также амплитуду ускорения акселерометра и выводит эти данные на дисплей.

II. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ

КИХ фильтр (англ. FIR — «finite impulse response») — это цифровой фильтр с конечной импульсной характеристикой. Импульсная характеристика такого фильтра ограничена во времени, то есть имеет счётное число коэффициентов. В общем случае, КИХ-фильтры реализуются без обратных связей, то есть они нерекурсивные.

БИХ фильтр (англ. IIR — «infinite impulse response») — это цифровой фильтр с бесконечной во времени импульсной характеристикой, то есть имеет очень большое или бесконечное число коэффициентов. БИХ фильтры также называют рекурсивными в связи с тем, что при их реализации используются обратные связи.

III. СОДЕРЖАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

В ходе эксперимента было реализовано 4 алгоритма обработки данных (рис.1):

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

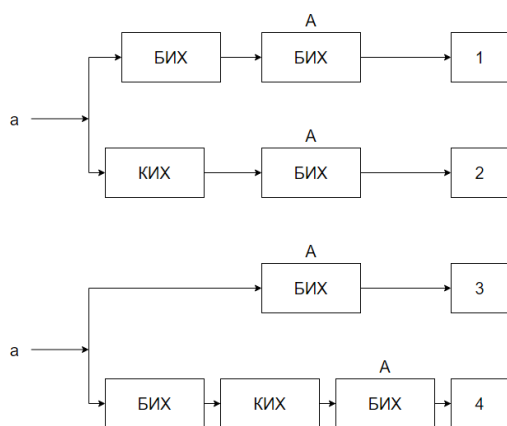


Рис. 1 – Алгоритмы обработки ускорения

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 (рис. 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрели различные варианты алгоритмов обработки сигнала на стенде балансировки роторов. В ходе эксперимента выяснили, что наилучшим является алгоритм, в котором сигнал ускорения с акселерометра проходил последовательно через БИХ фильтр и через КИХ фильтр, а амплитуда отфильтрованного сигнала, рассчитанная как разница наибольшего значения сигнала и наименьшего, проходила через БИХ фильтр.

IV. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбачев, А. А., Крюков, А. В., Зуев, В. И. Цифровая обработка сигналов. - Учебное пособие. М.: Высшая школа, 2012.
2. Зуев, В. И., Якубович, И. М., Крюков, В. И. Цифровые фильтры. - Учебное пособие. М.: Высшая школа, 2012.
3. Ковалёв, В. К. Балансировка роторов. - Монография. М.: Машиностроение, 1977.
4. Соболев, И. А., Абрамов, В. В. Балансировка роторов в собственных опорах. - Монография. М.: Машиностроение, 1980.

	Сбалансированный двигатель (А)	Сбаланс.дв. с минимальным грузом (В)			Разность (X = B-A)	$\Delta \cdot 10000$	$X \cdot 10000$	$X \cdot 10000 / \Delta \cdot 10000$
1-ый алгоритм(БИХ(a) + БИХ(A))								
Амплитуда ускорения	0,00285	0,0034			0,00055			
Амплитуда шума Δ	0,00015	0,0004				4	5,5	1,375
2-ой алгоритм(КИХ(a) + БИХ(A))								
Амплитуда ускорения	0,0045	0,006			0,0015			
Амплитуда шума Δ	0,0006	0,0006				6	15	2,5
3-ий алгоритм(БИХ(A))								
Амплитуда ускорения	0,021	0,023			0,002			
Амплитуда шума Δ	0,02	0,01				100	20	0,2
4-ый алгоритм(БИХ(a) + КИХ(a) + БИХ(A))								
Амплитуда ускорения	0,0017	0,0024			0,0007			
Амплитуда шума Δ	0,0002	0,0002				2	7	3,5

Рис. 2 – Данные эксперимента