

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМОВ АДАПТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В СИСТЕМАХ ВИБРОДИАГНОСТИКИ

Бондарь А.С., группа СУА-07м

Руководитель доц. Дегтяренко И.В.

Объектами виброакустической диагностики могут являться любые машины (электрические машины, насосы, компрессоры и т.д.) и механизмы (подшипники скольжения, подшипники качения и т.д.), в которых составные части двигаются друг относительно друга и, в результате, возникают акустические волны. Эти волны могут быть зарегистрированы на внешних частях машины, и анализ этих волн позволяет судить о технологическом состоянии машины [2].

В системах виброакустической диагностики часто возникает такая проблема, как загрязнение полезного сигнала нежелательными, часто мощными сигналами или помехами. В качестве источников данных нежелательных сигналов могут выступать приводы механизмов, близко расположенные агрегаты и т.п., которые создают уровень помех, сильно превышающий уровень полезного сигнала, снимаемого с объектов виброакустической диагностики. В подобных ситуациях проблематично дать адекватную оценку полученным результатам и сделать правильные выводы о состоянии диагностируемого устройства или детали без использования специализированных средств. Поэтому актуальным является вопрос о разработке и внедрении новых методов и алгоритмов обработки виброакустических сигналов, позволяющих повысить соотношение сигнал-помеха, что позволит улучшить достоверность виброакустической диагностики.

Существует два основных пути решения данной проблемы. Первый - заключается в использовании обычных линейных фильтров. Однако данный подход может применяться только в тех случаях, когда полезный сигнал и

помеха занимают строго определенные и разнесенные полосы частот и не дает желаемого результата, когда спектры сигнала и помех перекрываются, или когда полоса частот помехи неизвестна или переменна.

Одним из способов выхода из проблемной ситуации является использование в системах вибродиагностики адаптивных фильтров, что позволяет значительно улучшить отношение полезный сигнал – помеха. Структура адаптивного фильтра-шумоподавителя приведена на рисунке 1 [1].

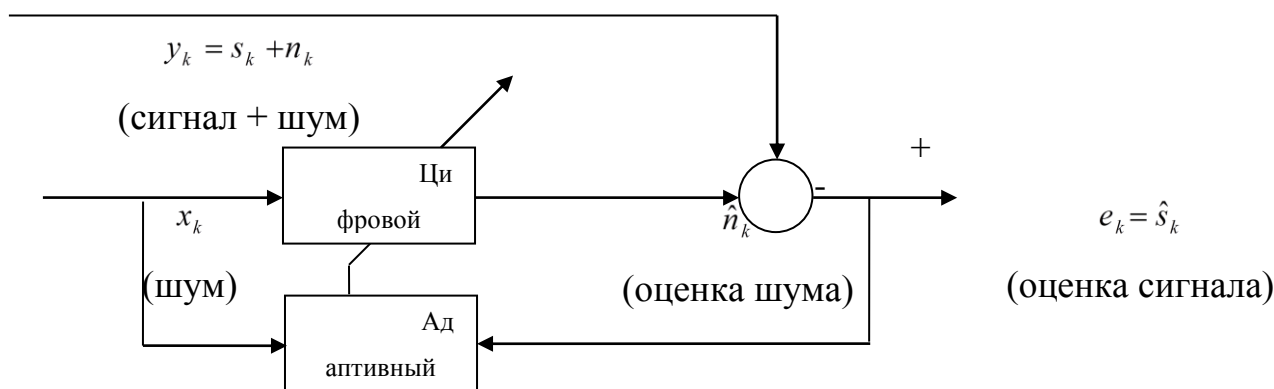


Рисунок 1 – Структура адаптивного фильтра-шумоподавителя

Адаптивный фильтр состоит из двух частей: цифрового фильтра с регулируемыми коэффициентами и адаптивного алгоритма, который используется для настройки или изменения коэффициентов фильтра (рис. 1). В адаптивных алгоритмах сигнал ошибки e_k минимизируется согласно некоторому критерию, например, по схеме наименьших квадратов. Наибольшее распространение получили алгоритмы, в которых используются схема наименьших квадратов (алгоритм LMS), рекурсивная схема наименьших квадратов (алгоритм RLS) и алгоритм Калмана.

Схема наименьших квадратов наиболее эффективна с точки зрения вычислительной сложности и требований к памяти. Более того, для неё несущественна проблема численной неустойчивости, присущая двум другим алгоритмам. Рассмотрим схему вычислений, принятую в алгоритме

наименьших квадратов [1].

1. Изначально каждому весовому коэффициенту $\omega_k(i), i = 0, 1, \dots, N - 1$ присваивается произвольное фиксированное значение, например, 0.

В каждые последующий момент выборки $k = 1, 2, \dots$ выполняются этапы 2-4.

2. Вычислить выход фильтра

$$\hat{n}_k = \sum_{i=0}^{N-1} \omega_k(i) x_{k-i} \quad (1)$$

3. Вычислить оценку ошибки

$$e_k = y_k - \hat{n}_k. \quad (2)$$

4. Обновить набор весовых коэффициентов

$$\omega_{k+1}(i) = \omega_k(i) + 2\mu e_k x_{k-i}. \quad (3)$$

Основным достоинством алгоритма LMS является легкость реализации алгоритма и предельная вычислительная простота – для подстройки коэффициентов фильтра на каждом шаге нужно выполнить $N+1$ пар операций “умножение - сложение”. Однако этот метод обладает медленной сходимостью и дает повышенную дисперсию ошибки в установившемся режиме.

Достоинством алгоритма RLS является быстрая сходимость. Однако достигается это за счет значительно более высокой, по сравнению с алгоритмом LMS, вычислительной сложности.

Алгоритм Калмана и алгоритм RLS являются близкими по качественным параметрам и вычислительной сложности. Разница заключается в трактовке параметров алгоритмов и исходных посылах, использовавшихся при выводе формул. Подробное описание реализаций алгоритма Калмана и алгоритма RLS приведено в источнике [1].

Были проведены исследования алгоритма LMS на основе модели, созданной в среде MATLAB/ DSP Blockset. Схема модели приведена на рисунке 2.

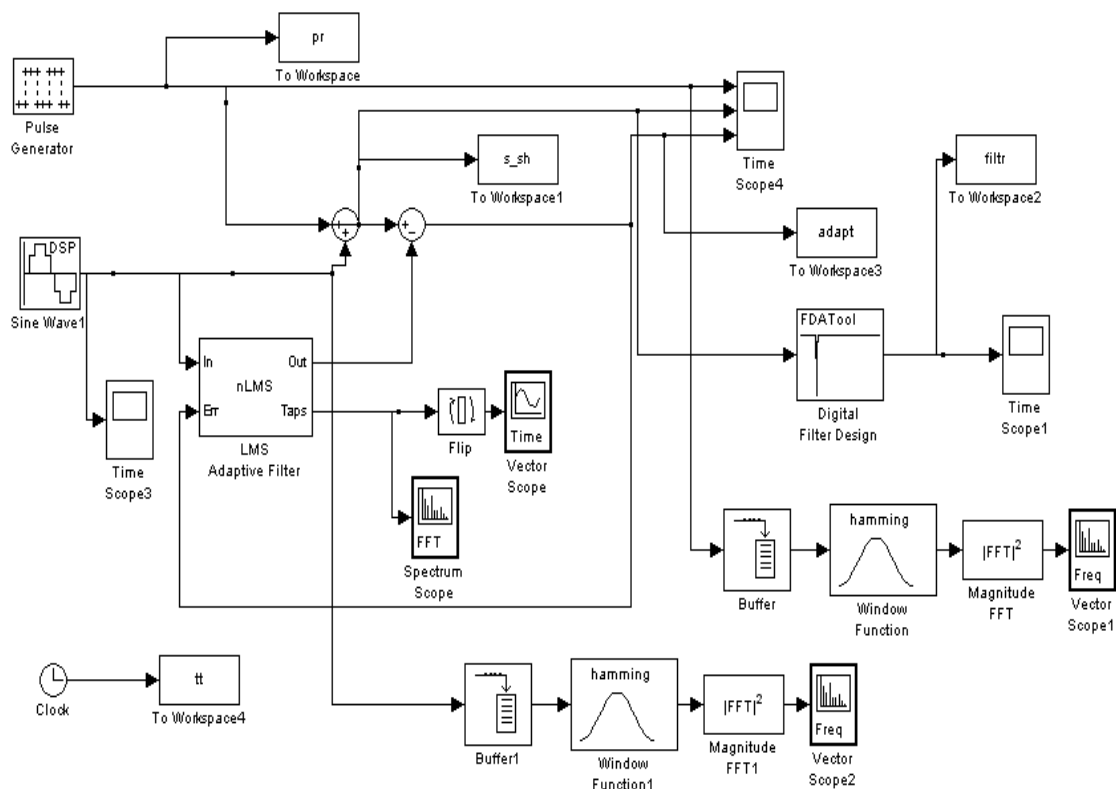


Рисунок 2 – Схема модели алгоритма LMS

Целью моделирования являлось обоснование использования адаптивного фильтра в случае воздействия на полезный сигнал узкополосной помехи, спектр которой перекрывается со спектром полезного сигнала. В качестве полезного сигнала используется последовательность прямоугольных импульсов, имеющая в спектре гармоники: 0.05, 0.15, 0.25, 0.35, 0.45 кГц. В качестве помехи выступает гармонический сигнал с частотой 0.15 кГц. Блок LMS Adaptive Filter реализует алгоритм адаптивной фильтрации по методу наименьших квадратов, а блок Digital Filter Design производит фильтрацию линейным фильтром. Результаты моделирования представлены на рисунке 3.

При использовании линейного фильтра существенно искажается форма полезного сигнала. Применение адаптивного фильтра в значительной степени очищает полезный сигнал от помехи.

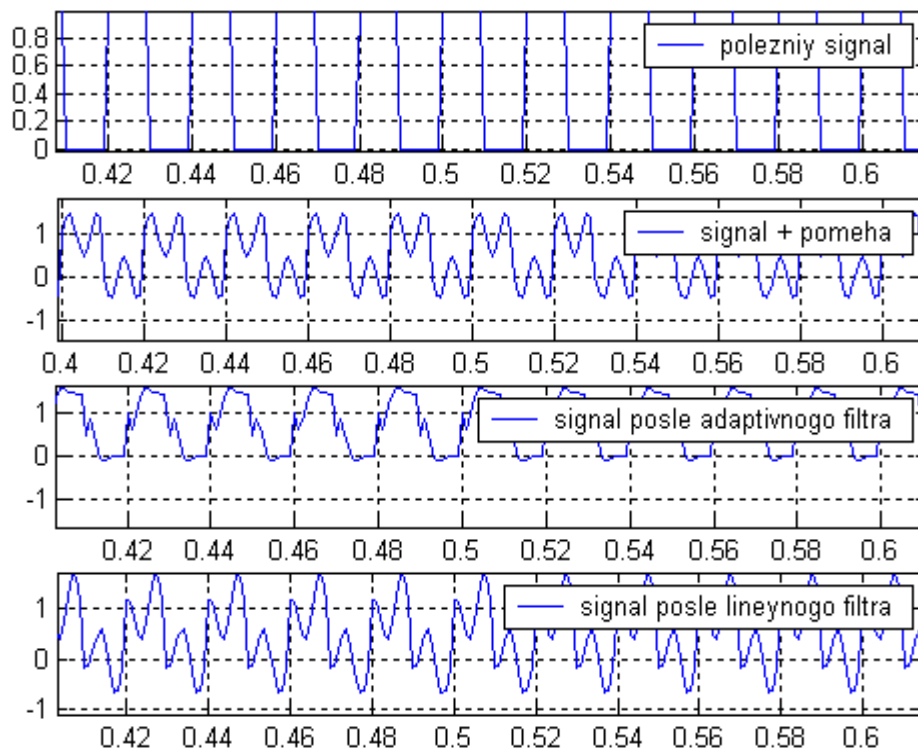


Рисунок 3 – Результаты моделирования (а – полезный сигнал, б – сигнал + помеха, в – сигнал после адаптивного фильтра, г – сигнал после линейного фильтра)

Выводы: Таким образом в статье обоснована целесообразность применения алгоритмов адаптивной фильтрации в системах виброакустической диагностики для минимизации воздействия помех, имеющих спектр, перекрывающийся со спектром полезного сигнала.

Перечень ссылок:

1. Айфичер, Эмануил С., Джервис, Барри У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. 2-е издание - М.: Издательский дом “Вильямс”, 2004. – 992с.
2. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов.- М.: Машиностроение, 1987.-283с.
3. Дьяконов В.П. MATLAB 6.5 SPI/7 + Simulink 5/6. Основы применения. Серия “Библиотека профессионала” – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 800с.