

Секция теоретических основ радиотехники

УДК 621.395.4

С.В. Кучерявенко

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗИСОВ КУСОЧНО-ПОСТОЯННЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Большинство реальных процессов в естественных и технических системах относятся к классу нестационарных случайных процессов, для математического описания которых не существует единого подхода. Имеющиеся в теории случайных процессов способы представления нестационарных процессов и полей очень сложны и громоздки, что не позволяет даже при современной вычислительной технике решать многие прикладные задачи анализа и технической диагностики устройств и систем в реальном масштабе времени.

С развитием информационных технологий появилась возможность цифровой обработки акустических и видеосигналов в режиме времени, близком к реальному. Необходимость работы с такого рода информацией привела к возникновению множества проблем, связанных с большими объемами данных и высокой скоростью их передачи. Несмотря на интенсивное развитие микроэлектроники и вычислительной техники, проблема ее быстродействия не снята с повестки дня и имеется настоятельная потребность в расширении диапазона частот средств цифровой обработки сигналов, связанных с пространственной обработкой, обработкой изображений, вычисления функции неопределенности, доплеровской обработкой и фильтрацией, а также обработкой сигналов, имеющих большую размерность, с минимальной задержкой или в реальном масштабе времени. Одним из направлений повышения быстродействия ЭВМ и специализированных устройств цифровой обработки сигналов является применение ортогональных цифровых фильтров с использованием базисов Хаара, Уолша и других кусочно-постоянных функций. Решение задачи повышения быстродействия цифровых фильтров является очень существенным вкладом в повышение скорости цифровой обработки сигналов, так как операции цифровой фильтрации являются важнейшими и наиболее трудоемкими для большинства прикладных задач, связанных с цифровой обработкой сигналов. Повышение быстродействия при вычислении интеграла свертки возможно за счет использования базисных функций соответствующей структуры, например кусочно-постоянных, как имеющих форму, наиболее приспособленную к расчетам на ЭВМ. Несмотря на то, что существуют алгоритмы ортогональной цифровой фильтрации, их количественные оценки представлены недостаточно. Имеется потребность исследовать новые особенности алгоритмов, применительно к конкретным задачам обработки акустических сигналов. Возникла необходимость сопоставления различных алгоритмов цифровой фильтрации в традиционно используемых базисных системах и системах, наиболее приспособленных к структуре ЭВМ.

Наиболее распространенным базисом для обработки акустических сигналов является базис тригонометрических функций, затем – базис функций Уолша с раз-

личным упорядочением. Применение базиса Хаара значительно менее исследовано. Особый интерес вызывает вопрос формирования комплексного критерия выбора оптимальной базисной системы, наиболее подходящего для решения практических задач представления акустических сигналов.

Актуальным является исследование и совершенствование алгоритмов цифровой ортогональной фильтрации в базисах кусочно-постоянных функций с целью дальнейшего уменьшения вычислительных затрат и осуществление возможности обработки сигналов в реальном масштабе времени.

В последние годы быстрыми темпами развиваются электронные системы, устанавливаемые на автомобиле. Комплексная система управления двигателем внутреннего сгорания (ДВС) представляет собой базирующуюся на микроЭВМ систему комплексного регулирования впрыска топлива, угла опережения зажигания, детонации, частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу. Эта система выполняет также функции диагностики и обеспечивает оптимальные условия работы двигателя, улучшает его рабочие характеристики, повышает чистоту отработанных газов, экономичность и другие параметры.

Двигатель автомобиля целесообразно эксплуатировать в режиме, близком к предельному, за которым происходит детонация. При этом повышается КПД двигателя, его мощность и экономичность, появляется возможность применения топлива с различным октановым числом. Однако, если происходит превышение предельного уровня и возникает детонация, это приводит к сильному износу деталей ДВС и его быстрому разрушению. Поэтому важно вовремя обнаружить детонацию, превышающую допустимое значение, и принять меры по ее уменьшению. Так как существующие методы являются неоптимальными, то предложен оптимальный метод обнаружения детонации на основе алгоритма цифровой согласованной фильтрации с использованием разложения исследуемого сигнала в базисе функций Хаара.

Проведен пространственный спектральный и временной анализ вибросигналов автомобильного ДВС в базисах ДЭФ, Уолша и Хаара. Проведено сравнение полученных спектральных характеристик в данных базисах для двух режимов работы ДВС: нормального и с детонацией (рис. 1 – 3).

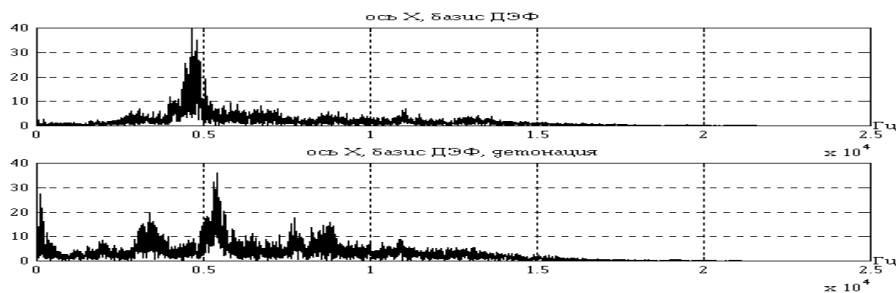


Рис.1. Спектры вибрационных сигналов в базисе ДЭФ для двух режимов работы ДВС: нормального (вверху) и с интенсивной детонацией (внизу)

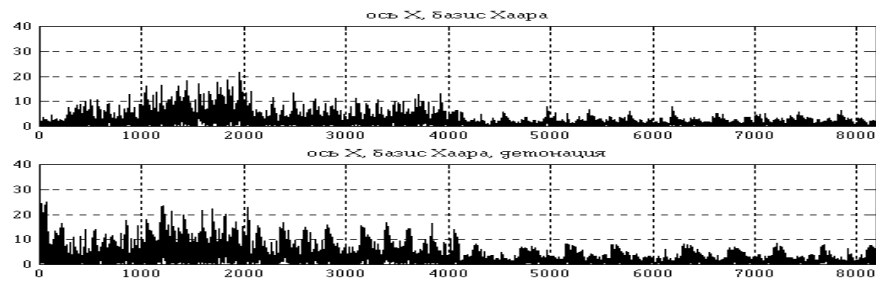


Рис.2. Спектры вибрационных сигналов ДВС в базисе Хаара

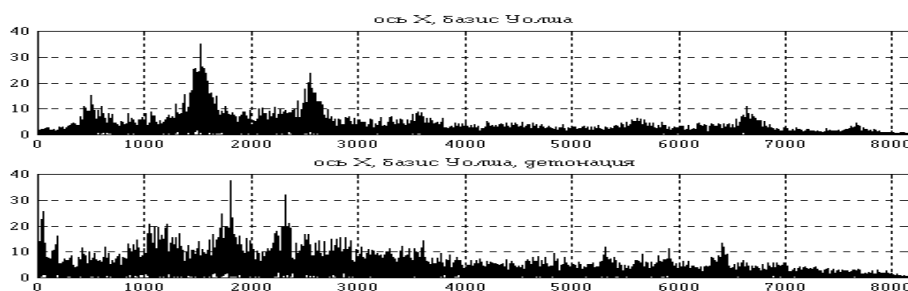


Рис.3. Спектры вибрационных сигналов ДВС в базисе Уолша

Все высокочастотные составляющие являются только шумовой частью, накладывающейся на полезный низкочастотный сигнал, несущий информацию о детонации. Поэтому предлагается использовать только низкочастотную часть спектров в исследуемых базисах для выявления детонации. Предложена предварительная обработка вибросигналов, полученных с датчика вибрации, с помощью аналогового ФНЧ с целью повышения вероятности обнаружения детонации, превышающей допустимый уровень. Предложена структура устройства обнаружения детонации (рис. 4).

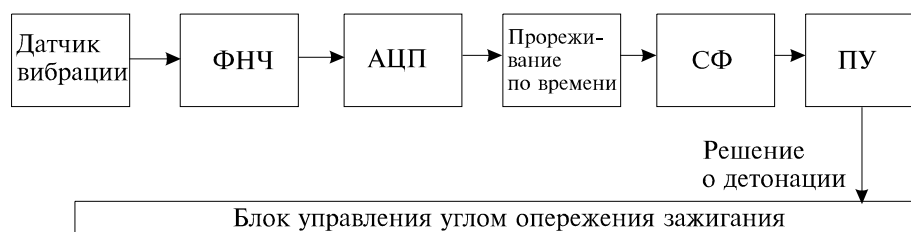


Рис.4. Устройство обнаружения детонации

Для обнаружения детонации с помощью цифрового согласованного фильтра предлагается настроить согласованный фильтр на временной низкочастотный импульс от того цилиндра, работу которого требуется исследовать. Как уже отмечалось, для каждой марки двигателя форма этого временного низкочастотного сигнала от каждого цилиндра будет разной. Она зависит, в частности, от размера деталей и от других факторов. Поэтому в данной задаче уместно применение именно цифрового согласованного фильтра, дающего возможность хранить в памяти низ-

кочастотные импульсы стуков от каждого цилиндра для разных моделей двигателей и способного к адаптации при изменении режимов работы ДВС.

Так как сигнал, полученный с датчика вибраций, является периодическим, формируемым в соответствии с циклом работы ДВС, и его период зависит от числа оборотов исследуемого двигателя, то можно всегда рассчитать временной интервал, за который коленчатый вал совершает один оборот. Таким образом, имеется сигнал, в котором четко определены начало и конец исследуемого временного интервала рабочего процесса ДВС. Это делает возможным применение в данном алгоритме фильтрации разложение вибрационного сигнала в ряд по функциям Хаара, так как основной недостаток негармонических функций, затрудняющий их использование, – неинвариантность ко времени прихода сигнала – в случае анализа вибросигналов ДВС автомобилей значения не имеет.

Сделан анализ алгоритма согласованной фильтрации для устройства обнаружения детонации и исследовано влияние сжатия спектра исходного вибросигнала на отношение сигнал/шум на выходе системы. Проведено сравнение качества обнаружения детонации от числа элементарных вычислительных операций и объема памяти в базисах ДЭФ и Хаара. Представлены зависимости числа вычислительных операций и объема памяти от отношения сигнал/шум для базисов ДЭФ и Хаара (рис. 5).

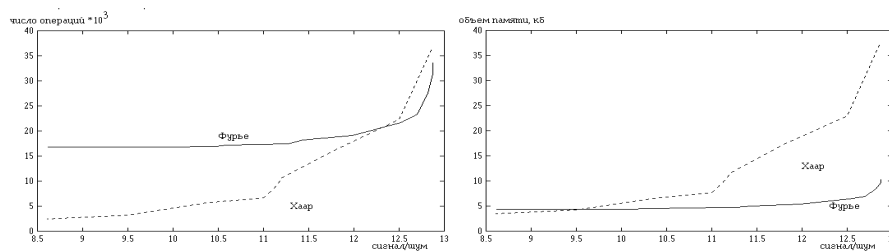


Рис.5. Зависимости вычислительных затрат от отношения сигнал/шум на выходе согласованного фильтра

Из графиков видны преимущества использования базиса Хаара в алгоритме цифровой согласованной фильтрации для предложенного устройства обнаружения детонации, что дает возможность обработки сигналов больших размерностей в реальном масштабе времени.

УДК 621.38.06

В.Л. Червяков

СОЗДАНИЕ МОДЕЛЕЙ НЕЛИНЕЙНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЯ И ПРОВОДИМОСТИ ДЛЯ ПРОГРАММЫ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ *VIRTUAL TEST BED*

Для программы схемотехнического моделирования Virtual Test Bed (<http://vtb.engr.sc.edu/>) были созданы модели нелинейного сопротивления (управляемого током) и нелинейной проводимости (управляемой напряжением), которые предоставляют большой выбор различных математических функций для получения нужной вольт-амперной характеристики (ВАХ). Эти модели можно использовать