

УДК 658.27.004.5:681.3:338.001.36

Р.В. Мещеряков, А.А. Охотников

Система цифровой обработки радиометрических сигналов для неразрушающего контроля сложнопрофильных крупногабаритных изделий

Описывается постановка задачи разработки системы цифровой обработки сигналов. Предлагается архитектура аппаратурно-программной системы для неразрушающего контроля.

Ключевые слова: прибор, неразрушающий контроль, оборудование, поддержка принятия решений, обработка сигналов.

Введение

Обеспечение требуемого качества сложнопрофильных крупногабаритных изделий различного назначения предполагает собой проведение высокоточного анализа и использование современных методов и средств измерений. В настоящей статье под сложнопрофильным крупногабаритным изделием будем понимать изделие, имеющее размер, превышающий «источник-детектор» более чем в 20 раз при одновременном количестве изменяемых параметров формы более 10. При этом точность позиционирования двигателя относительно неподвижной системы «источник – детекторы» составляет приблизительно 1 мм при продольном перемещении и 5 угловых минут при вращении, что соответствует линейному смещению внешней поверхности при вращении на 1,2 мм. Такой точности вполне достаточно, учитывая, что коллимационное отверстие детектора имеет размеры 20×60 мм.

Полноценный контроль сложнопрофильных крупногабаритных изделий связан с рядом проблем, требующих разработки новых методов, архитектур систем цифровой обработки радиометрических сигналов, и невозможен без учета новых данных о функциональных возможностях изделия и использования новейших технологических разработок, применяемых в радиоконтроле.

Вместе с тем остаются открытыми вопросы формирования архитектуры и внутренней согласованной системы обработки измеряемых данных [1]. Как правило, в системах обработки измеряемых данных, построенных по классическому принципу, разделяют несколько информационных потоков, ориентированных на человека-оператора и использующих типовые методы спектрального анализа. Вместе с тем авторами предлагается введение внутренней согласованности в систему обработки измеряемых данных. При этом используется опорный (несущий) радиометрический сигнал, позволяющий проводить синхронный с ним анализ на базе его гармоник.

Пример обрабатываемого сигнала

На рис. 1, а и б представлены нормированные результаты измерений сложнопрофильных крупногабаритных изделий (по оси абсцисс – относительная координата, по оси ординат – относительная амплитуда сигнала). Особенностью получаемых данных является сложность интерпретации при отсутствии математического описания профиля изделия и его свойств в зависимости от рельефа и материала.

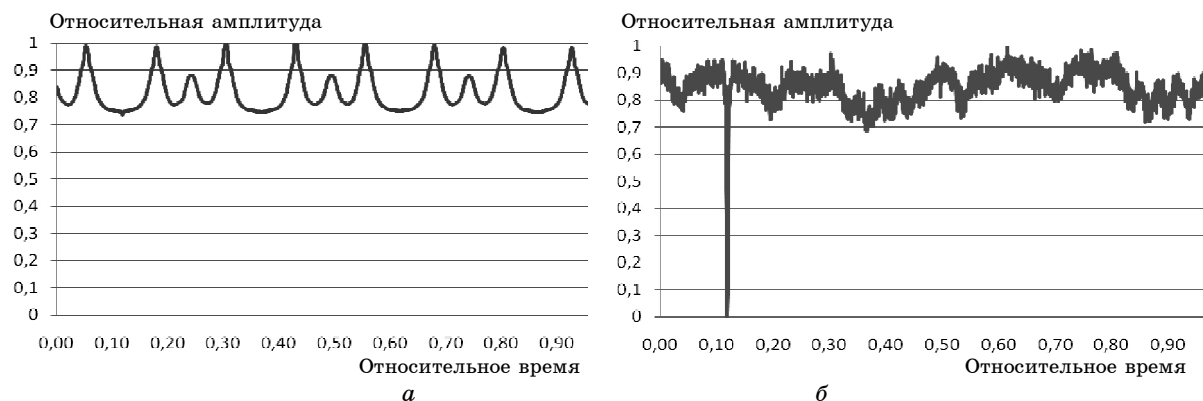


Рис. 1. Результаты измерений: а – для профиля 1, б – для профиля 2

Совершенно оправданным является стремление ученых на современном уровне на стыке математики и компьютерных технологий комплексно решить проблему улучшения качества измеряемого сигнала при неразрушающем контроле.

Структура комплекса

Очевидно, что одним из решений данной проблемы может быть создание измерительного комплекса (рис. 2), включающего отдельно вынесенное устройство управления и обработки информации в качестве базового компонента измерительных комплексов. Поэтому была разработана внутренняя структура, представленная на рис. 3.

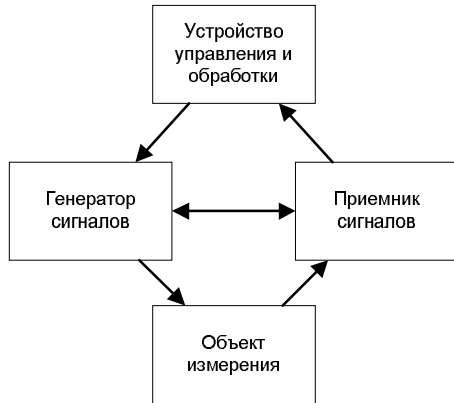


Рис. 2. Измерительный комплекс

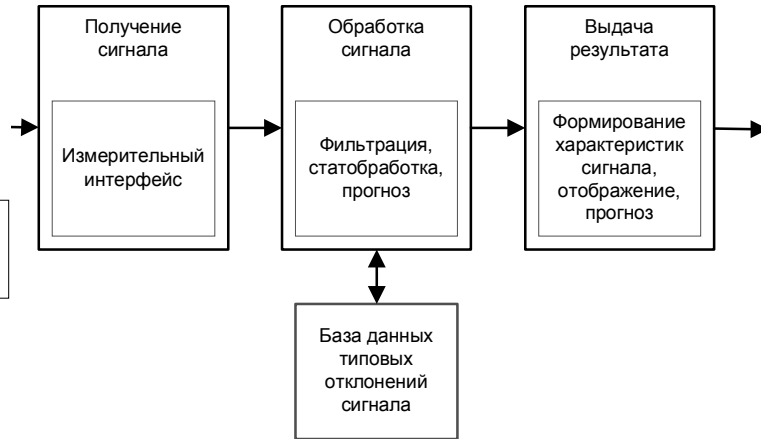


Рис. 3. Обработка информации в измерительном комплексе

Детализация выполняемых функций представлена на рис. 4 и реализована в соответствии с алгоритмами [2].

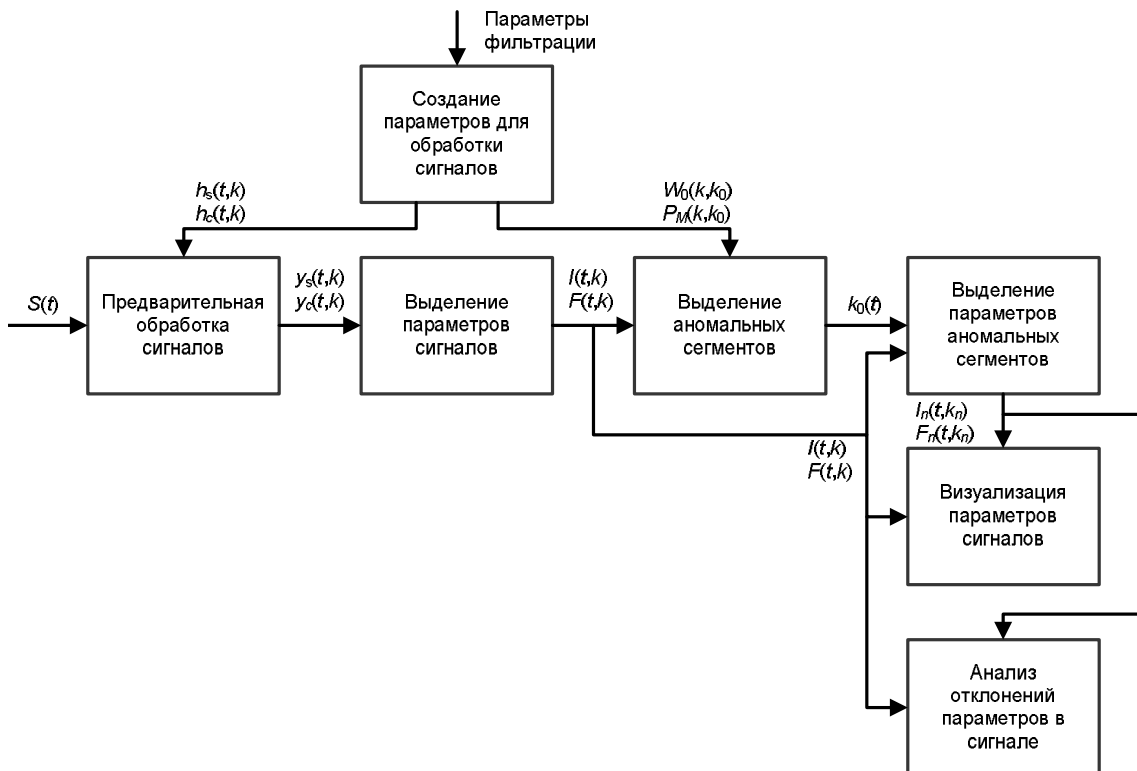


Рис. 4. Структура программного комплекса на уровне блоков

Здесь t – время; k – номер канала; $h_c(t, k)$ и $h_s(t, k)$ – импульсные переходные характеристики фильтров; P_M – набор масок для определения периодичности структуры сигнала; $S(t)$ – входной сигнал; $F(t, k)$ – мгновенные значения частоты сигнала; $I(t, k)$ – интенсивности гармоник несущего сигнала [2]. Приведем назначение блоков:

Блок создания параметров для обработки сигналов необходим для расчета весовых функций $h(t, k)$, формирования набора масок $P_m(k)$.

Блок предварительной обработки сигналов обеспечивает выполнение свертки сигнала $S(t)$ с весовыми функциями фильтров $h(t, k)$.

Блок выделения параметров сигнала предназначен для вычисления массива значений интенсивностей $I(t, k)$ и массива значений мгновенных частот несущего сигнала $F(t, k)$.

Блок выделения аномальных участков сигнала осуществляет одновременную маскировку сигнала, сегментацию сигнала по наличию отклонений в периодической структуре измеряемого сигнала.

Блок выделения параметров аномальных сегментов сигналов выполняет определение номеров каналов k_n и вычисляет величину девиации частоты несущего сигнала.

Блок визуализации параметров сигнала позволяет сохранять полученные графики как в автоматическом, так и в автоматизированном режиме.

Блок анализа отклонений параметров сигнала содержит следующие модули:

- 1) модуль для выделения аномальных участков сигналов;
- 2) модуль для вычисления среднего отклонения относительных интенсивностей гармоник несущего сигнала;
- 3) модуль анализа отклонений несущего сигнала, позволяющий оценивать динамику отклонения.

При помощи одновременной маскировки в частотной области выделяются информативные параметры сигнала [3]. Маскирующая функция определяется как свертка выходных сигналов системы фильтров с соответствующими весовыми коэффициентами. Информативными участками будут те, в которых реакция системы фильтров будет превышать значение маскирующей функции.

Таким образом, измеряемый сигнал разделяется на две составляющие. Первый вид: аномальные участки, уровень которых превышает допустимые показатели и свидетельствуют о том, что изделие не проходит итоговый контроль. Второй вид: участки, уровень сигнала в которых соответствует норме, или обнаружившиеся «отклики» особенностей сложного профиля измеряемого крупногабаритного изделия, но не являющиеся отклонением от заданных показателей качества.

Блоки предварительной обработки и выделения параметров сигнала базируются на алгоритмах, приведенных в таблице.

Основные алгоритмы обработки сигнала

№ п/п	Соотношение	Назначение
1	$y(t, x) = z(t) \otimes h(t, x)$	Фильтрация входного сигнала
2	$I(t, x) = y(t, x) $	Вычисление интенсивности
3	$F(t, x) = \frac{d}{dt}(\arg y(t, x))$	Вычисление мгновенной частоты
4	$P_o(t, x) = \text{если } [y(t, x) - y(t, v, x) \otimes W_o(v, x)] > 0,$ то 1, иначе 0	Одновременная маскировка

Примечание: $z(t)$ – входной сигнал; $h(t, x)$ – импульсные переходные характеристики системы фильтров; $W_o(x)$ – весовая функция одновременной маскировки; \otimes – интеграл свертки.

В качестве дополнительного сервиса предусмотрены опции сохранения результатов эксперимента.

Заключение

Разработанный комплекс может быть использован для измерения качества сложно-профильных крупногабаритных изделий. Сравнение полученных результатов с литературными данными доказывает работоспособность указанного комплекса [4]. В настоящее время проводятся работы по увеличению точности проводимых измерений, увеличению диапазона измеряемых параметров, выявлению типовых аномалий сигнала и сопоставлению их с дефектами изделий.

Литература

1. Арбузов С.М. Основы цифровой обработки сигналов / С.М. Арбузов, А.И. Солонина, Е.Б. Соловьева, Д.А. Улахович. – СПб: БХВ-Петербург, 2005. – 753 с.

2. Сегментация и параметрическое описание речевого сигнала / В.П. Бондаренко, А.А. Конев, Р.В. Мещеряков // Изв. вузов. Приборостроение. – 2007. – Т. 50, № 10. – С. 3–7.

3. Разрешающая способность набора фильтров, моделирующего слуховую систему человека / А.А. Конев, Р.В. Мещеряков // Акустика речи. Медицинская и биологическая акустика. Архитектурная и строительная акустика и вибрации. Аэроакустика: Сб. трудов XX сессии Российского акустического общества. – Т. 3. – М.: ГЕОС, 2008. – С. 23–26.

4. Оценка эффективности счетного метода обработки информации в многоканальных радиометрических системах контроля / В.И. Солодушкин, А.А. Метель // Дефектоскопия. – 2005. – № 2. – С. 79–90.

Мещеряков Роман Валерьевич

Канд. техн. наук, доцент, доцент каф. комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем ТУСУРа

Тел.: (3822) 41-34-26

Эл. почта: mrv@keva.tusur.ru

Охотников Александр Александрович

М.н.с. 911-й лаборатории 91-го отдела

ФГУП «Федеральный научно-производственный центр «Алтай», г. Бийск

Тел.: (3854) 30-15-72

Эл. почта: ohotnikovsan@mail.ru

R.V. Mescheriakov, A.A. Okhotnikov

Digital processing systems of radiometric signals for nondestructive test of complex-surface large-sized products

The problem of system engineering of signal digital processing is described. The architecture of hardware and software system for nondestructive test is suggested.

Keywords: device, nondestructive test, equipment, decision support, signal processing.
