

## РЕАКЦИЯ НЕСЕЛЕКТИВНОГО ДАТЧИКА НА МНОГОЧАСТОТНЫЙ ТЕСТОВЫЙ СИГНАЛ

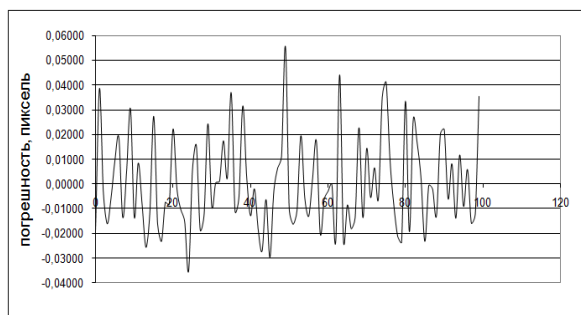


Рисунок 6 - Случайная составляющая результатов измерений для отношения сигнал/шум 3

Наибольшей точности удалось достигнуть алгоритмами 2 и 4. Точность этих алгоритмов, вероятнее всего, вырастет, если использовать не точечный источник излучения, а источник в форме линии.

УДК: 53.083.2

## РЕАКЦИЯ НЕСЕЛЕКТИВНОГО ДАТЧИКА НА МНОГОЧАСТОТНЫЙ ТЕСТОВЫЙ СИГНАЛ

А.С. Воронов, С.П. Пронин, В.И. Замятин

В данной работе исследована реакция неселективного датчика на многочастотный тестовый сигнал. На персональном компьютере исследованы три метода измерения комплексного коэффициента передачи неселективного датчика. Установлено, что для измерения параметров неселективных датчиков с помощью аудио-карт, целесообразно использовать сложный входной сигнал, состоящий из ряда гармоник, с последующим вычислением АЧХ и ФЧХ по формуле дискретного преобразования Фурье

**Ключевые слова:** неселективный датчик, имитационное моделирование, многомерные измерения, преобразование Фурье

### Введение

Для получения данных с неселективных датчиков применяется метод вспомогательных измерений, который предполагает использовать для коррекции результатов измерений большое количество датчиков [1]. В качестве альтернативы известному методу предложена схема, приведенная на рис.1.

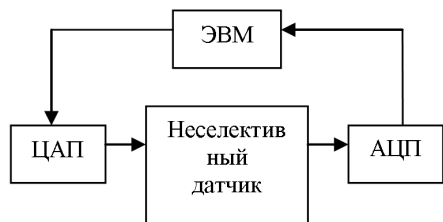


Рисунок 1. Схема измерительной системы с неселективным датчиком

Для обеспечения возможности многомерных измерений предлагается использо-

А.С. ВОРОНОВ, С.П. ПРОНИН, В.И. ЗАМЯТИН

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Замятин, В.И. Моделирование приборов контроля перемещения источника излучения на фоточувствительной матрице [Текст] / В.И. Замятин, С.А. Отморский // Измерение. Контроль. Информатизация : материалы десятой Международной научно-технической конференции. – Барнаул, АлтГТУ, 2010.
2. Замятин, В.И. Центроидальные алгоритмы контроля координаты точечного источника излучения на основе светочувствительной матрицы [Текст] / В.И. Замятин, С.А. Отморский // Измерение. Контроль. Информатизация : материалы десятой Международной научно-технической конференции. – Барнаул, АлтГТУ, 2010.

Аспирант **Отморский С.А.** тел. 8-913-087-58-59, [atomosk87@gmail.ru](mailto:atomosk87@gmail.ru), профессор, д.т.н. Замятин В.И. - каф. информационных технологий Алтайского государственного технического университета

вать функцию комплексного коэффициента передачи неселективного датчика [2]:

$$\overline{S(\omega)} = \overline{y(\omega)} / \overline{x(\omega)},$$

где  $\overline{y(\omega)}$  – выходной сигнал,  $\overline{x(\omega)}$  – входной сигнал.

Комплексную величину  $\overline{S(\omega)}$  можно представить двумя компонентами:  $|\overline{S(\omega)}|$  – АЧХ датчика;  $Arg(\overline{S(\omega)})$  – ФЧХ датчика.

ЭВМ, выступая в качестве генератора и регистратора, способна осуществить измерение АЧХ и ФЧХ.

**Цель работы** - исследовать реакцию неселективного датчика на многочастотный тестовый сигнал.

### Предлагаемое решение

Примем, что неселективный датчик может быть представлен эквивалентной электрической схемой, которая представлена на

рис.2 последовательно включенными индуктивностью (L) и емкостью (C). Эти параметры необходимо измерить.

Известно определение резонансной частоты  $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ , а также вид резонансной кривой. Выберем на ней участки, которые в первом приближении можно аппроксимировать линейной зависимостью. Тогда изменение напряжения от изменения номинала емкости  $\Delta U(\Delta C)$  и номинала индуктивности  $\Delta U(\Delta L)$  на одной частоте являются линейными функциями [3].

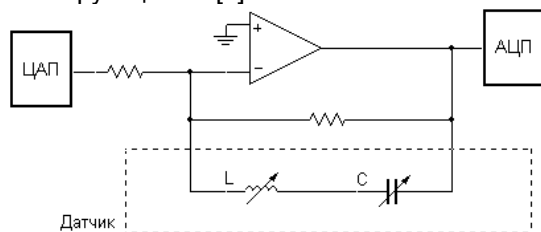


Рисунок 2. Измерительный преобразователь.

Таким образом, для двух частот  $\omega_1$  и  $\omega_2$  можно составить два уравнения. Для первой частоты  $\omega_1$  имеем следующие уравнения:

$\Delta U_{C1} = k_{c1}\Delta C + a_{c1}$  - изменение напряжения на выходе при подаче на вход сигнала с частотой  $\omega_1$  вследствие изменения номинала емкости C;

$\Delta U_{L1} = k_{L1}\Delta L + a_{L1}$  - изменение напряжения на выходе при подаче на вход сигнала с частотой  $\omega_1$  вследствие изменения номинала индуктивности L;

$\Delta U_1 = \Delta U_{C1} + \Delta U_{L1}$  - полное изменение напряжения на выходе при подаче на вход сигнала с частотой  $\omega_1$  вследствие изменения номинала индуктивности L и номинала емкости C.

Для второй частоты  $\omega_2$  будем иметь аналогичные уравнения:

$$\Delta U_{C2} = k_{c2}\Delta C + a_{c2};$$

$$\Delta U_{L2} = k_{L2}\Delta L + a_{L2};$$

$$\Delta U_2 = \Delta U_{C2} + \Delta U_{L2}.$$

Преобразуем шесть зависимостей для частот  $\omega_1$  и  $\omega_2$  в систему из двух уравнений:

$$\Delta U_1 = k_{c1}\Delta C + k_{L1}\Delta L + a_{L1} + a_{c1};$$

$$\Delta U_2 = k_{c2}\Delta C + k_{L2}\Delta L + a_{L2} + a_{c2}.$$

Эта система решается относительно  $\Delta L$  и  $\Delta C$  при известных коэффициентах линейных уравнений, а также при известных  $\Delta U_1$  и  $\Delta U_2$  на частотах  $\omega_1$  и  $\omega_2$ . Коэффициенты линейных уравнений могут быть найдены эмпирическим путем. Данный вывод подтверждают результаты моделирования схемы, представленной на рисунке 2, в системе MultiSim 8.0, а также экспериментальные измерения.

В общем случае, если на частоте  $\omega_n$  датчик может быть представлен при помощи уравнения с  $n$  неизвестными искомыми параметрами  $X_n$  и это уравнение не может быть выражено через уравнения на других частотах  $\omega \neq \omega_n$ , то система, составленная из  $n$  уравнений на  $n$  частотах – решается.

Возвращаясь к схеме на рисунке 1, необходимо обозначить основные методы получения комплексного коэффициента передачи  $\overline{S(\omega)}$ .

1. Метод последовательного воздействия на объект измерения  $n$  гармонических сигналов с частотами  $\omega_1 \dots \omega_n$  и регистрацией  $n$  амплитуд и  $n$  фаз.

2. Метод воздействия на объект измерения единичным скачком напряжения и снятия переходной характеристики с последующим преобразованием её в комплексный коэффициент передачи  $\overline{S(\omega)}$ .

3. Метод воздействия на объект измерения сложного гармонического сигнала, состоящим из суммы  $n$  отдельных гармонических сигналов, с последующим преобразованием Фурье ответного сигнала и вычислением соответствующих АЧХ и ФЧХ.

Данные методы были реализованы при помощи персонального компьютера, аудиокарт C-Media Wave Device 8738, Realtek AC'97 Audio, SoundBlasterLive!, набора внешних измерительных преобразователей и программного обеспечения, написанного в среде MatLab 7.0. Аудио-карты использовались в качестве АЦП и ЦАП с частотой дискретизации 44100 Гц и разрядностью 16 бит/выборку. Из экспериментальных исследований были получены следующие результаты.

Первый метод позволяет точно определить амплитуды и фазы только для незашумленного сигнала (соотношение сигнал/шум не

менее 100). Метод обеспечивает наибольшее разрешение по амплитуде, так как каждая волна представлена набором 16-битных выборок. Однако на практике требует жесткой синхронизации АЦП и ЦАП, что в случае рассмотренных аудио-карт может быть реализовано лишь с использованием тест-сигнала заданной частоты и длины. Средняя точность такой синхронизации  $\pm 2$  выборки ( $\pm 45$  мкс). Внутренняя синхронизация с использованием драйвера аудио-карты позволяет добиться средней точности  $\pm 63$  выборки ( $\pm 1,4$  мс), что сильно влияет на точность определения ФЧХ. Данный метод трудно реализуем без использования частотных фильтров из-за низкочастотных помех, наводимых питающей сетью (50Гц) и высокочастотных помех, наводимых мобильными телефонами, радиостанциями и т.д. Рассматриваемый метод требует долгого времени измерения из-за необходимости работать в установившемся режиме для однозначного измерения  $\overline{S(\omega)}$  [4]. Кроме того, он оказывается малопригодным при наличии нелинейных свойств у объекта измерения.

Второй метод требует сложных преобразований для получения соответствующего комплексного коэффициента передачи  $\overline{S(\omega)}$ . Точность преобразования сильно зависит от скорости и разрядности АЦП, но при этом единичный скачок напряжения может быть получен без участия ЦАП. Однако для точного определения времени скачка необходимо использовать 2 канала АЦП и компенсировать влияние переходной характеристики входного фильтра аудио-карты. В целом, аудио-карты плохо подходят для этого метода из-за низкой точности получаемых результатов как по амплитуде, так и по частоте.

При реализации третьего метода разрешающая способность по амплитуде обратно пропорциональна количеству выдаваемых частот в гармоническом сигнале из-за конечности амплитуд АЦП и ЦАП. Разрешающая способность по частоте – регулируемая величина, чем больше выборка, тем меньше шаг по частоте. На измерение требуется от-

носительно небольшое время, и, как следствие, имеется возможность многократных измерений с усреднением результатов. Особенность данного метода – высокая помехозащищенность. Практика показывает, что возможно проводить измерения даже при воздействии шумового сигнала в несколько раз большего по амплитуде, чем полезный сигнал. Метод предъявляет невысокие требования к синхронизации, отпадает необходимость использовать синхронизирующий тестовый сигнал. При наличии у объекта измерения нелинейных свойств данный метод предоставляет возможность ограничиться исследованием линейных свойства объекта, пренебрегая нелинейностью.

#### Вывод

Сравнительный анализ показывает, что для измерения параметров неселективных датчиков при помощи исследованных аудио-карт, целесообразно использовать метод воздействия на объект измерения сложного сигнала, состоящего из ряда гармоник, с последующим вычислением АЧХ и ФЧХ по формуле дискретного преобразования Фурье.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ишинбаев, Н. Измерительные системы с неселективными датчиками. / Н.А. Ишинбаев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2004. – №8. – С.44-48.
2. Сергиенко, А. Цифровая обработка сигналов. / А.Б. Сергиенко. – Питер: СПб., 2003. – 604 с.
3. Петров, П. Параметрический LCR датчик. / Ю.П. Петров // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2004. – №11. – С.39-42
4. Клаассен, К. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике. / К.Б. Клаассен.– М.: Постмаркет, 2000. – 352 с.

*К.т.н., доцент А.С. Воронов – asvoronov@bk.ru; д.т.н., проф. С.П. Пронин – sppronin@mail.ru; д.т.н., проф. В.И. Замятин – info@ist-master.ru - Алтайский Государственный технический университет, кафедра информационных технологий (385-2)29-09-13.*