

Вычисление импульсных откликов акустических и электрических каналов связи

Лидия Белиовская, Мария Джиган, Ольга Джиган (Москва)

В статье описаны программные средства, предназначенные для расчёта акустических и электрических импульсных откликов, которые используются при моделировании адаптивных компенсаторов эхо-сигналов и эквалайзеров каналов связи.

ВЕДЕНИЕ

Сегодня при проектировании радиоэлектронных устройств различного назначения, включая устройства цифровой обработки сигналов (ЦОС), широко используется компьютерное моделирование, которое позволяет определять параметры этих устройств. Примерами задач ЦОС являются компенсация эхо-сигналов и выравнивание каналов связи. Данные задачи, как правило, решаются с помощью адаптивных фильтров [1]. Требуемое число весовых коэффициентов адаптивного фильтра определяется числом весовых коэффициентов дискретизированных импульсных откликов, порождающих сигналы акустического и электрического эха, или импульсных откликов каналов связи.

Число весовых коэффициентов выбирается на основе компромисса между качеством функционирова-

ния и вычислительной сложностью адаптивного эхокомпенсатора или выравнивателя канала (эквалайзера). Для моделирования этих устройств могут быть использованы различные программные средства, например, виртуальные инструменты [2], реализованные на языках программирования MATLAB и LabVIEW. Импульсные отклики, применяемые в инструментах [2], заимствованы из публикаций и стандартов, что ограничивает использование этих инструментов при решении практических задач.

Представленные в статье калькуляторы импульсных откликов, порождающих сигналы акустического и электрического эха, а также импульсных откликов каналов связи предназначены для расширения функциональных возможностей виртуальных эхокомпенсатора и эквалайзера. Калькуляторы также могут быть использо-

ваны для исследования формы и длительности импульсных откликов. Эти инструменты реализованы с помощью программных продуктов MATLAB и LabVIEW. По своим функциональным возможностям они близки к программным продуктам [3, 4] на языке MATLAB. Однако совместное использование языков MATLAB и LabVIEW позволяет не только создавать более наглядные инструменты с помощью богатых графических возможностей LabVIEW, но и ускорять моделирование по сравнению с аналогичным моделированием на языке MATLAB [2].

ВЫЧИСЛЕНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСНОГО ОТКЛИКА

Компенсация эхо-сигналов базируется на идентификации неизвестного импульсного отклика с помощью адаптивного фильтра. Компенсация сигналов акустического эха показана на рисунке 1. Импульсный отклик, идентифицируемый с помощью адаптивного фильтра, представляет собой свёртку импульсных откликов помещения (акустического отклика), усилителя, громкоговорителя и микрофона. При исследовании поведения эхокомпенсатора неизвестным, как правило, является акустический импульсный отклик. Его форма и длительность в основном определяются акустическими параметрами помещения (размерами, формой, коэффициентами отражения поверхностей) и взаимным расположением источника (громкоговорителя) и приёмника (микрофона) звука.

Для расчёта акустического импульсного отклика, осуществляемого с помощью калькулятора (см. рис. 2), используется метод зеркальных отображений. Описание метода и моделирующая программа на языке Fortran приведены в [5]. В описываемом калькуляторе применён аналог этой программы на языке MATLAB. Программа позволяет оценивать акустический

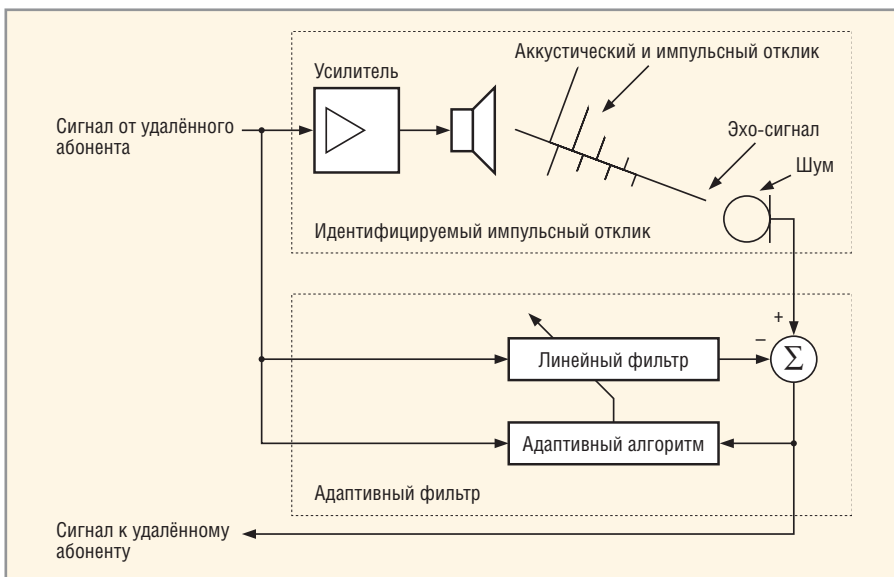


Рис. 1. Образование и подавление сигналов акустического эха

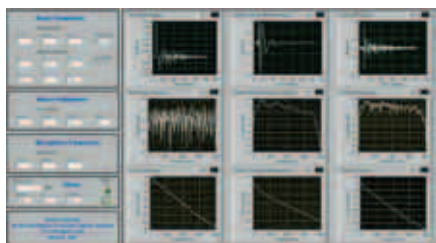


Рис. 2. Калькулятор акустического импульсного отклика

импульсный отклик прямоугольного помещения, а также рассчитывать идентифицируемый импульсный отклик (см. рис. 1), который затем может быть использован для моделирования работы адаптивного компенсатора сигналов акустического эха.

В качестве параметров для расчёта идентифицируемого импульсного отклика задаются размеры помещения, коэффициенты отражения его поверхностей, координаты источника и приёмника звукового сигнала, коэффициент передачи усилителя и скорость распространения звука. Длительность моделируемого акустического импульсного отклика определяется частотой дискретизации сигналов и числом точек используемой процедуры быстрого преобразования Фурье (БПФ). Импульсный отклик «громкоговоритель + микрофон» хранится в виде таблицы. Используемые и рассчитанные импульсные отклики, а также соответствующие им амплитудно-частотные (АЧХ) и фазо-частотные (ФЧХ) характеристики отображаются на графиках. Результаты расчёта могут быть сохранены в виде mat-файлов для использования в среде MATLAB.

Разработана также версия калькулятора, позволяющая оценивать достижимое значение коэффициента подавления эхо-сигналов при изменении числа весовых коэффициентов адаптивного фильтра в пределах числа весовых коэффициентов идентифицируемого импульсного отклика. В этой же версии сигнал акустического эха озвучивается и отображается на графике.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСНОГО ОТКЛИКА

Компенсация сигналов электрического эха базируется на идентификации импульсного отклика, порождаемого гибридной схемой – мостом, обеспечивающим разделение принимаемого и передаваемого сигналов в

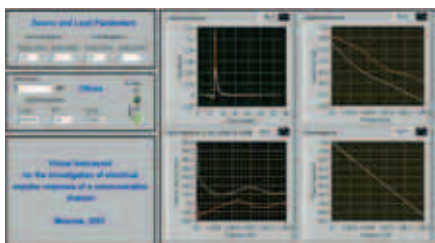


Рис. 3. Калькулятор электрического импульсного отклика

телефонных сетях и в модемах. Этот импульсный отклик, а также отклик канала связи описываются линейными четырёхполюсниками, состоящими из сосредоточенных (резисторы, конденсаторы, индуктивности) и распределённых (проводные линии связи) элементов [6].

В основе работы калькулятора электрического импульсного отклика (см. рис. 3) лежит теория линейных четырёхполюсников, характеризующихся ABCD-параметрами.

Напряжения и токи на выводах четырёхполюсника (см. рис. 4) зависят от напряжения источника U_S , импеданса источника Z_S и импеданса нагрузки Z_L . Они всегда удовлетворяют соотношению:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_2 \\ I_2 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где ABCD-параметры находятся путём анализа режимов короткого за-

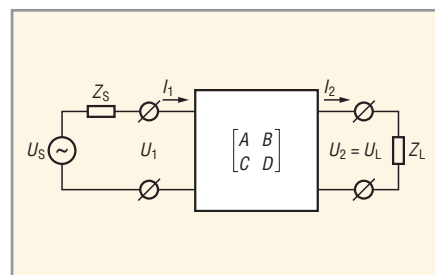


Рис. 4. Линейный четырёхполюсник

мыкания и холостого хода четырёхполюсника как $A = U_1/U_2|_{I_2=0}$, $B = U_1/U_2|_{I_2=0}$, $C = I_1/U_2|_{I_2=0}$ и $D = I_1/I_2|_{I_2=0}$.

ABCD-параметры четырёхполюсника, представляющего собой последовательно включенный элементарный импеданс Z , определяются как:

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & Z \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

а параллельно включенный импеданс как:

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ Z^{-1} & 1 \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где $Z = R$, $Z = i\omega L$ или $Z = 1/(i\omega C)$, а R, L и C – соответственно сопротивление, индуктивность и ёмкость элементарного четырёхполюсника, $\omega = 2\pi f$, f – частота.

Tyco Electronics Компания «Атос» предлагает Вашему вниманию следующие серии разъемов для систем проводной связи:

- коаксиальные ВЧ разъемы SMA, SMB, MCX, MMCX, BNC
- разъемы для телекоммуникаций - RJ 45, RJ 11, RJ 12, 110 серия
- кроссовые соединители Compact - PCI, VITA 4/46
- оптические соединители AMP - Netconnect
- нежелезные соединители с шагом от 0,4 мм фирмы Samtec
- разъемы на плоский шлейф и D-SUB соединители
- интерфейсные соединители и кабели USB, MiniUSB, DVI, VHDCI

HONDA CONNECTORS

Компания «Атос» предлагает Вашему вниманию и приглашает к сотрудничеству по поводу поставок продукции **Silicon Labs**:

- микросхемы модемов для работы с коммутируемыми телефонными линиями серии ISModem
- микросхемы интерфейсов абонентской телефонной линии серии ProSLIC
- полностью безындуктивных и безрелейных решений DAA для организации подключения систем сбора данных к любой телефонной линии
- кодеков голосовых сообщений
- микросхемы DSL AFE интерфейсов с аналоговой частью

TERIDIAN

Компания «Атос» рада предложить вам продукцию **Teridian Semiconductor**:

- микросхемы трансиверов сетей OC-3/STM-1/STS-1/E4 и DS3 / E3 / STS-1;
- микросхемы 10/100 Ethernet трансиверов;
- решения для низкоскоростных и Soft-модемов;
- микросхемы для приложений VoIP (MicroDAA VoIP FXO);
- микросхемы «система-на кристалле» (System-On-Chip)
- для разработки и производства высокоточных приборов
- для различных областей: медицины, промышленности, связи, транспорта.

АТОС г. Москва, Ул. Усиевича 24/2, Тел./ Факс: (495) 787-4805, (495) 601-20-35, 601-21-14 www.atos.ru sales@atos.ru

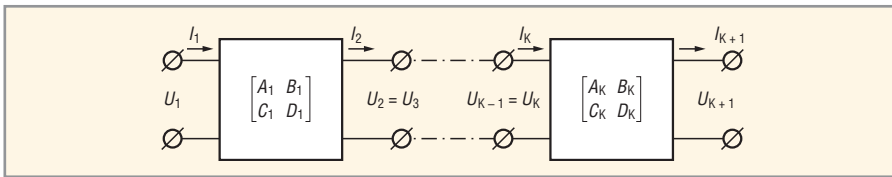


Рис. 5. Последовательное соединение линейных четырёхполюсников

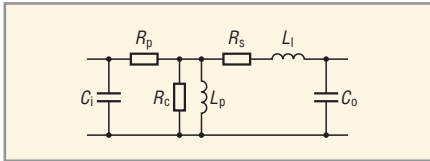


Рис. 6. Эквивалентная схема трансформатора

C_1 – входная ёмкость, R_p – сопротивление первичной обмотки, R_c – сопротивление сердечника, L_p – индуктивность первичной обмотки, R_s – сопротивление вторичной обмотки, L_l – индуктивность утечки, C_0 – выходная ёмкость трансформатора

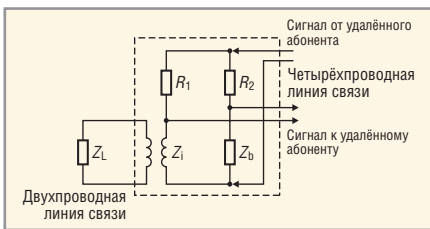


Рис. 7. Простейшая гибридная схема

Z_b – согласующий импеданс, Z_i – входной импеданс трансформатора, Z_l – нагрузка трансформатора (входной импеданс двухпроводной линии связи)

ABCD – параметры проводных линий связи определяются как:

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cosh(\gamma d) & \sinh(\gamma d) \\ \sinh(\gamma d)/Z_0 & \cosh(\gamma d) \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где d – длина отрезка однородной линии связи, $Z_0 = \sqrt{R'(\omega) + i\omega L'(\omega) / G'(\omega) + i\omega C'(\omega)}$ – волновое сопротивление линии связи, $\gamma = \alpha(\omega) + i\beta(\omega) = \sqrt{R'(\omega) + i\omega L'(\omega) / G'(\omega) + i\omega C'(\omega)}$ – постоянная распространения, а $R'(\omega)$, $G'(\omega)$, $L'(\omega)$ и $C'(\omega)$ – частотно-зависимые погонные параметры линии связи (сопротивление, проводимость, индуктивность и ёмкость на единицу длины), $\alpha(\omega)$ – коэффициент затухания, $\beta(\omega)$ – коэффициент фазы. Погонные параметры для большинства используемых на практике марок проводов, приведённых в виде аналитических зависимостей [7], позволяют проводить моделирование в полосе частот до 30 МГц.

Четырёхполюсники, характеризующиеся ABCD-параметрами, широко используются при моделировании ка-

налов связи, поскольку такие каналы всегда можно представить в виде последовательного соединения различных четырёхполюсников, а матрица ABCD-параметров последовательного соединения (см. рис. 5) равна произведению матриц отдельных четырёхполюсников:

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 & B_1 \\ C_1 & D_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_2 & B_2 \\ C_2 & D_2 \end{bmatrix} \dots \begin{bmatrix} A_K & B_K \\ C_K & D_K \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Из последовательно включенных элементарных четырёхполюсников строятся также четырёхполюсники линейных цепей на выходе и входе модема, например, четырёхполюсники развязывающих трансформаторов [8] (см. рис. 6).

Четырёхполюсники гибридных схем (см. рис. 7) рассчитываются путём комбинированного соединения четырёхполюсников в простых случаях или путём решения уравнений Кирхгофа в сложных случаях.

Функция потерь четырёхполюсника определяется как:

$$T(\omega) = U_2/U_1 = (A + B/Z_L)^{-1}, \quad (6)$$

а передаточная функция как:

$$H(\omega) = U_L/U_S = T(\omega)Z_i(Z_i + Z_S)^{-1}, \quad (7)$$

где

$$Z_i = (A + BZ_L^{-1}) / (C + DZ_L^{-1}). \quad (8)$$

Определив $T(\omega)$ и $H(\omega)$ в интересующей полосе частот и взяв обратное преобразование Фурье, можно определить импульсные отклики, которые затем используются при расчёте сигналов на выходе канала связи или сигнала электрического эха.

Рассмотренные выше вычисления используются в калькуляторе (см. рис. 3). С помощью графических средств калькулятора задаются частота дискре-

тизации, размер БПФ, импеданс источника сигнала и нагрузки четырёхполюсника. Длительность моделируемых электрических импульсных откликов определяется частотой дискретизации сигналов и числом точек используемой процедуры БПФ. Топология и параметры отдельных четырёхполюсников задаются в моделирующей программе. В калькуляторе визуализируются входной импеданс (действительная и мнимая части), импульсный отклик, АЧХ и ФЧХ функции $T(\omega)$, а также импульсный отклик, АЧХ и ФЧХ функции $H(\omega)$. Импульсные отклики также могут быть сохранены в mat-файле.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные калькуляторы являются открытой программной средой, что допускает их модификацию пользователями. Калькуляторы могут применяться в учебных курсах по электротехнике, радиоэлектронике, ЦОС, телекоммуникациям, а также для оценки требуемого числа весовых коэффициентов адаптивных фильтров при проектировании компенсаторов сигналов акустического и электрического эха, а также эквалайзеров акустических и электрических каналов.

ЛИТЕРАТУРА

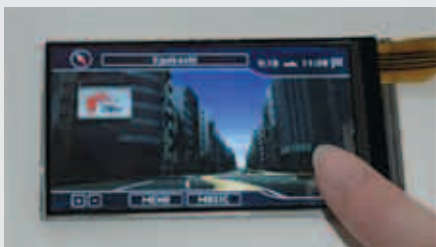
1. Уидроу Б., Стирнз С. Адаптивная обработка сигналов. Пер. с англ. под ред. Шахгильдяна В.В. Радио и связь, 1989.
2. Белиовская Л., Джиган М., Джиган О. Совместное использование пакетов LabVIEW и MATLAB в задачах эконокомпенсации и выравнивания каналов связи. Современная электроника. 2007. № 3. С. 56–60.
3. <http://www.dspalgorithms.com/room/room25.html>.
4. Джиган В.И. Моделирование канала связи и обработки сигналов SDSL-модема в среде «MATLAB». Тр. 2-й Всероссийской научной конф. «Проектирование инженерных и научных приложений в среде MATLAB». Москва, 2004. С. 1697–1703.
5. Allen J.B., Berkley D.A. Image method for efficiently simulating small-room acoustics. J. Acoustic Society of America. 1979. Vol. 65. № 4. PP. 943–950.
6. Chen W.Y. Simulation techniques and standards development for digital subscriber line systems. Indianapolis, Macmillan Technical Publishing, 1998.
7. Cable reference models for simulating metallic access networks. Doc. 970p02r3. ETSI STC TM6 Meeting. Luea, Sweden. 22–26 June 1998.
8. <http://www.midcom-inc.com>.



Epson представила интегрированный ЖК-экран

Компания Epson Imaging Devices на днях объявила о разработке принципиально новой модели ЖК-экрана, интегрирующего в себе собственно ЖК-панель, сенсорный экран и защитное покрытие таким образом, что между ними нет прослойки воздуха. Указанные конструкционные особенности позволяют новинке избегать потери яркости изображения, неизбежно возникавшей при использовании дискретных защитных экранов и сенсорных панелей. Кроме того, благодаря интегрированному дизайну, панель получилась заметно тоньше своих «составных» аналогов.

На суд публике были представлены две модели, оборудованные 3,1-дюймовым и 7-дюймовым экраном. Обе модели поддерживают разрешение 800 × 480 пикселей и обеспечивают 160-градусный обзор в обеих плоскостях. Младшая модель произведена на основе низкотемпературного поликристаллического кремния, старшая является представителем семейства модулей, произведённых с использованием аморфного кремния.



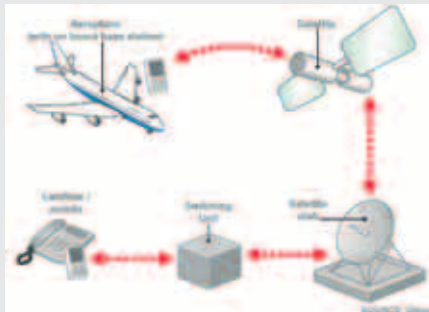
В ближайшем будущем компания надеется оснастить новые экраны фирменной функцией Photo Fine Vistarich, обеспечивающей широкие углы обзора (до 90 градусов с каждого из четырёх направлений), что особенно важно при построении широкоформатных панелей. Предполагается, что новинки найдут своё применение в составе спутниковых навигаторов, цифровых фото- и видеокамер, больших смартфонов и коммуникаторов.

digitimes.com

Мобильные телефоны вновь зазвонят в воздухе

Пассажиры, пользующиеся услугами европейских авиаперевозчиков, в скором времени получат разрешение пользоваться своими мобильными телефонами на борту самолётов. Это станет возможным благодаря тому, что в некоторых странах «старого света» могут одобрить технологию, позволяющую полностью ликвидировать риск возникновения по-

мех у сложных авиасистем. Если такие наработки всё-таки разрешат использовать, то у пассажиров появится возможность совершать звонки, в то время как самолёт будет находиться на высоте свыше 3 тыс. м.



Решение проблемы с помехами достаточно простое. На борту устанавливается специальная базовая станция (pico cell), улавливающая все сигналы сотовых телефонов и потребляющая при этом минимальное количество энергии. Охватываемый трафик перенаправляется на спутник, который в свою очередь передаёт сигналы на землю. В то же время в самолёте будет стоять специальная «глушилка», которая не даст сотовым телефонам напрямую соединиться с наземными станциями. На сегодняшнем этапе поддерживать будут только 2G, но в последствии научат понимать 3G и другие стандарты.

В данный момент компании изучают вопрос. С одной стороны, они ждут решения государственных инспекторов, а с другой, выясняют, нужна ли пользователям вообще такая функция. В США, к примеру, многие люди критически отозвались об этой технологии, выказав своё недоверие к новой инициативе. Стоит также иметь в виду, что звонок с борта самолёта окажется дороже. Британская независимая организация Ofcom обещает следить за тем, чтобы операторы не сдвигали с абонентов втридорога.

В любом случае, прежде чем новая технология действительно доберётся до самолётов, ей придётся пройти через Управление гражданской авиации (Великобритания) и Европейское агентство по обеспечению авиабезопасности. Раньше 2008 г. соответствующего разрешения не выдают.

news.bbc.co.uk

LG.Philips: 42" ЖК-панели Ultra-Slim выйдут в 2008 г.

Постепенное увеличение диагонали экрана ЖК-телевизоров сопровождается стремлением производителей сделать их как можно тоньше. Три влиятельных игро-

ка ТВ-рынка, компании JVC, Hitachi и Sharp, пообещали значительно уменьшить толщину телевизоров. В свою очередь, известный поставщик ЖК-панелей LG.Philips решил не отставать от моды на ультратонкие телевизоры и заявил о своих планах наладить выпуск новых дисплеев с диагональю 42 дюйма и толщиной всего 19,8 мм. Дебютные образцы были продемонстрированы на международном шоу FPD International 2007 в японском городе Йокохама. Выход «похудевших» телевизоров на базе тонких панелей LG.Philips запланирован на первый квартал будущего года.

По заявлению разработчиков из LG.Philips, новые 42-дюймовые ЖК-панели класса Ultra-Slim отличаются не только меньшей толщиной. Кроме того, что панели на 40% тоньше современных аналогов, они примерно на 10% ярче нынешних моделей с аналогичной диагональю.



Грядущие ЖК-дисплеи LG.Philips имеют разрешение Full HD (1920 × 1080) и работают с частотой обновления кадров 120 Гц. Вовсе не секрет, что с помощью развёртки с удвоенной кадровой частотой производители телевизоров борются с эффектом замыливания и мерцания изображения, который больше всего себя проявляет на динамических сюжетах. Что касается задней подсветки, выбор пал на традиционные флюоресцентные лампы с холодным катодом (CCFL). Несмотря на все достоинства светодиодной (LED) подсветки, на данном этапе своего развития она делает ЖК-панели значительно дороже, – считают в LG.Philips.

lgphilips-lcd.com