

Рисунок 4 – АЧХ импеданса колебательной системы

Частота резонанса составила 660,7 кГц, а добротность – 6,75.

Таким образом, на практике продемонстрирована возможность создания аналоговой модели фрактальной колебательной системы.

#### Список использованных источников

1. Учайкин В.В. Метод дробных производных / В.В. Учайкин – Ульяновск: Издательство «Артишок», 2008. – 512 с.
2. Ушаков П.А., Князев А.В. Фрактальный параллельный колебательный контур с использованием GIC – схемы // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: сб. науч. трудов XI-ой Международной научно-практической конференции 19 – 21 марта 2014 года в 4 томах. Том 4. Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2014. С. 230 – 234.
3. Todd J. Freeborn, Brent Maundy, Ahmed Elwakil. Fractional Resonance-Based  $RL_{\beta}C_{\alpha}$  Filters // Mathematical Problems in Engineering, Volume 2013. Hindawi Publishing Corporation. – 10 p.
4. Ushakov P.A., Maksimov K.O., Filippov A.V. Research of fractal thick-film elements frequency responses // in Proc. 11th Int. Conf. Seminar on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, (Novosibirsk June 30 - July 4, 2010), NSTU, 2010. С. 165–167.

УДК 621.396.41

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МНОГОКАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ ПРИ КОДОВОМ УПЛОТНЕНИИ СИГНАЛОВ**

Е.Е. Зейнулла, В.А. Глазунов

г. Самара, «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва»

С развитием высоких технологий в микроэлектронике и других науках возникает необходимость применения более надежных, точных,

быстродействующих радиотехнических систем. На смену аналоговым системам приходят цифровые, полнее удовлетворяющие всем этим основным требованиям. Область распространения именно цифровых систем передачи информации (ЦСПИ) с каждым днем все увеличивается, они применяются и в бытовой технике (телевизоры, видеокамеры, видеомагнитофоны и др.), в телевидении (кабельное и спутниковое телевидение), в области вычислительной техники и, конечно, в области связи они находят самое широкое применение.

При проектировании и эксплуатации многоканальных цифровых систем связи необходимо знать не только основы построения этих систем, их принципы работы и основные характеристики, но и решать задачи оптимального проектирования, которые включают в себя такие вопросы как:

- 1) основные показатели качества цифровых СПИ,
- 2) выбор комплексного критерия эффективности,
- 3) методы оптимального проектирования систем и примеры конкретного расчета ЦСПИ,
- 4) разработка имитационной модели цифровой СПИ и расчет основных показателей,
- 5) экспериментальное исследование основных показателей цифровых СПИ.

В настоящем докладе рассмотрены два основных фактора, более всего влияющие на точность воспроизведения цифрового сообщения:

- 1) метод первичного цифрового преобразования (кодово-импульсная КИМ, дельта-модуляция ДМ или их модификации),
- 2) метод кодового уплотнения на основе псевдослучайных импульсно-временных сигналов и способ высокочастотной манипуляции (амплитудная АМн, частотная ЧМн или фазовая ФМн).

Проведенные исследования позволяют оценить эффективность проектируемой ЦСПИ на основе основного – главного показателя: результирующей погрешности на выходе системы.

В докладе рассматривается модель приема цифровых сигналов, и на этой основе – структура оптимального приемника. Исследуются факторы, более всего влияющие на точность воспроизведения цифрового сообщения:

Задача проектирования цифровых СПИ (да и любой другой системы) является многокритериальной, что делает задачу оптимизации сложной и неоднозначной.

Классификация показателей сводит задачу оптимизации к следующей математической формулировке: найти  $\mathbf{X}_0 = (x_1 \dots x_n)_0$ , обеспечивающий

$$\min (\max) W = F(x_1 \dots x_n), \quad (1)$$

при заданных ограничениях на внутренние параметры  $V(x_1 \dots x_n) \leq 0$  для

$i=1 \dots I$ .

На основе рассмотренной математической записи задачи оптимального проектирования составлена методика оптимального проектирования, представляющая собой порядок решения задачи оптимизации, начиная от словесной формулировки, переходя к математической и заканчивая решением итоговой задачи векторного или скалярного синтеза. Или найти  $\mathbf{X}_0 = (x_1 \dots x_n)$ , обеспечивающий

$$\max (\min) W(\mathbf{X}) = W(x_1 \dots x_n), \quad (2)$$

при  $V_i (x_1 \dots x_n) \leq 0, \quad i = 1, I$ .

Число ограничений  $I$  и  $J$  в задачах (1) и (2) не связано с числом внутренних « $n$ » и внешних « $m$ » параметров. Эти ограничения определяют область допустимых систем, из которых по экстремуму критерия эффективности необходимо выбрать одну оптимальную ЦСПИ.

Задача (2) решена для выбора оптимального числа разрядов КИМ (или ДИКМ) при оцифровке – рисунок 1.

Суммарное значение  $\delta_{\text{вых}}$  определяется как среднеарифметическое найденных составляющих и имеет минимум, который и определяет оптимальное число информационных разрядов  $n_{\text{opt}}$ : для без избыточного кода ( $k = 0$ ) оптимальное значение равно  $n_{\text{opt}}^{(0)}$ , которое определяется вычислением результирующей погрешности для ближайших к оптимальному (слева и справа) целых значений “ $n$ ”. При использовании корректирующего кода вероятность ошибки снижается и зависимость  $P_{\text{ош}}(n = m+k)$  на графиках рисунка 1 понижается. Соответственно изменяется оптимальное число разрядов АЦП:  $n_{\text{opt}}^{(3)}$  и  $n_{\text{opt}}^{(5)}$ .

Аналогичные зависимости получены для и числа элементов импульсно-временного кода.

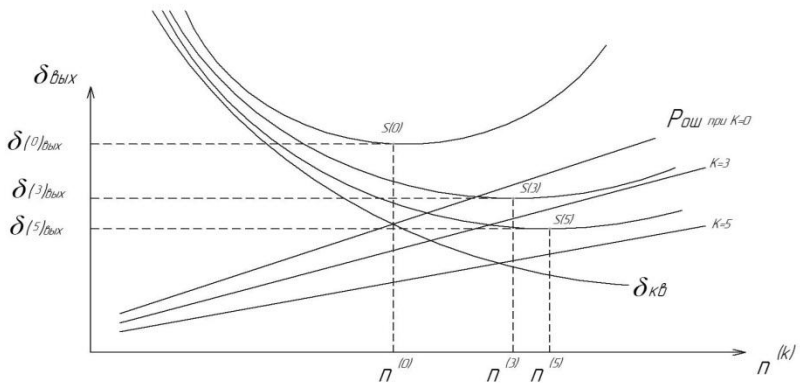


Рисунок 1– Зависимость составляющих результирующей погрешности от числа разрядов КИМ:  $\delta_{\text{кв}} = 2^{-n}$  и  $n \cdot P_{\text{ош}} = 0,5n \cdot \exp(-I^2/2)$

В заключении доклада рассмотрена практическая реализация приемно-передающего устройства, с помощью которого определяются зависимости вероятности ошибочного приема символа от отношения сигнала к шуму для различных методов ВЧ-манипуляции.

Список использованных источников

1. Глазунов, В.А. Оптимизация радиосистем [Текст]: учеб. пособие для ВУЗов / В.А. Глазунов. - Самара: СГАУ, 1997.- 56 с.
2. Пенин, П. И. Системы передачи цифровой информации [Текст]: учеб. пособие для ВУЗов / П. И. Пенин. - М.: Сов. радио, 1976.- 368 с.

УДК 621.396.41

## **ФОРМИРОВАТЕЛЬ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННЫХ КОДОВ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ**

В.В. Мартынов, В.А. Глазунов

г. Самара, «Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва»

Потребности в повышении оперативной гибкости систем связи, организации связи между подвижными объектами привели к созданию асинхронных адресных систем, в которых сигналы от всех источников передаются в одном и том же диапазоне частот без синхронизации по времени. В качестве переносчиков сообщений в асинхронных системах используются кодовые последовательности импульсов, а на приёмной стороне осуществляется кодовое разделение каналов. Каждому абоненту присваивается определённая кодовая последовательность импульсов – адрес, по которому приёмное устройство в состоянии выделить нужного абонента и не реагировать на сигналы других источников. Такие системы называют асинхронными адресными системами связи. Разделение каналов осуществляется при произвольных временных сдвигах сигналов различных абонентов, т.е. асинхронно [1].

В работе для формирования частотно-временных кодов (ЧВК) используется микроконтроллер Atmega8. В качестве источника входного информационного сигнала используется система передачи информации (СПИ) с кодово-импульсной модуляцией (КИМ) [2], как показано на рисунке 1. Устройство выборки и хранения (УВХ) обеспечивает постоянный уровень сигнала на входе аналого-цифрового преобразователя (АЦП) на время преобразования. Время преобразования определяется длительностью интервала Котельникова, который, в свою очередь, зависит от максимальной частоты в спектре входного сигнала.