

Ефремов А.А.

*Научный руководитель: к.т.н., доцент С.Н. Жиганов  
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного  
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: mustangandrew@mail.ru*

### **Исследование оптимальных методов построения КИХ-фильтров**

Методы цифровой обработки сигналов (ЦОС) появились в профессиональной деятельности инженеров сравнительно недавно, но в настоящее время составляют значительную часть необходимых профессиональных навыков специалиста. Количество применяемых методов и подходов к цифровой обработке ежегодно увеличивается, появляются новые направления и виды, которые внедряются в практику, но ряд существующих разделов стали уже классическими. В системе цифровой обработки сигналов выполняются необходимые преобразования над входным сигналом  $x(n)$ , в ней и реализуются те или иные алгоритмы ЦОС. Сама система ЦОС может быть выполнена в виде процессора ЦОС, с использованием жесткой логики, при помощи программируемых логических интегральных схем (ПЛИС), либо реализована на том или ином языке программирования [1].

Фильтр с конечной импульсной характеристикой (КИХ) не рекурсивен и ограничен счетным количеством  $N$  коэффициентов. В теории цифровой фильтрации при синтезе и анализе фильтров удобно использовать математический аппарат  $z$ -преобразования. Так для последовательности  $h(n)$  прямое  $z$ -преобразование определяет передаточную функцию.

КИХ фильтры применимы в самом широком спектре областей, где требуется обработка сигналов: в спектральном анализе, обработке изображений, обработке видео, обработке речи и звука и многих других приложениях.

В качестве методов используются: разложение в ряд Фурье аппроксимируемой функции, метод наименьших квадратов, алгоритм аппроксимации Ремеза.

Метод разложения в ряд Фурье аппроксимируемой функции используется для нахождения коэффициентов всех типов КИХ-фильтров с линейной фазовой характеристикой и минимально-фазовых фильтров. Несомненным достоинством этого подхода является то, что коэффициенты фильтра получаются из аналитических выражений, по которым можно рассчитать до нескольких тысяч [2].

Поиск коэффициентов аппроксимирующей функции с применением метода наименьших квадратов основан на минимизации функции. Данный метод позволяет сформировать сложную целевую функцию, которая может учитывать дополнительные ограничения на коэффициенты фильтра. Увеличение значений весовой функции в полосе пропускания или затухания приводит к повышению точности аппроксимации идеальной частотной характеристики на соответствующем участке спектра.

Алгоритм аппроксимации Ремеза используется для приближенного представления непрерывных функций многочленами и является итерационным. Выбор начального приближения состоит в поиске такого расположения точек альтернанса, которое приводит к улучшению сходимости алгоритма, т. е. к более быстрому достижению результата за счет сокращения количества дальнейших итераций. Простейшим способом является равномерное распределение точек на интервале аппроксимации [3].

В представленной работе проводится сравнительный анализ трех известных оптимальных методов синтеза КИХ фильтров.

#### **Литература**

1. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. – М.: Техносфера, 2006. – 856 с.
2. Солонина А.И., Улахович Д.А., Арбузов С.М., Соловьева Е.Б. Основы цифровой обработки сигналов: Курс лекций. Изд. 2-е испр. и перераб. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 768 с.
3. Гольденберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Поляк М.Н. Цифровая обработка сигналов: Справочник – М.: Радио и связь, 1985. – 312 с., ил.