

ит. Но на сегодняшний день можно сказать одно, что шаровая молния является вполне определённым физическим объектом, дальнейшее, более детальное изучение которого, несомненно, должно привести к новому научно-техническому прогрессу.

### Литература

1. Капица, П.Л. Эксперимент, теория, практика. – М.: Наука, 1977.
2. Стекольников, И.С. Физика молнии и грозозащита. – М.: Изд-во АН СССР, 1943.
3. Бенндорф, Г. Атмосферное электричество. – М.: ГИТТЛ, 1934.

УДК 621.311:618.5

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ С КОНЕЧНОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ В СИСТЕМЕ VISSIM

Уласик О.Ф., Недабой М.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент РУМЯНЦЕВ В.Ю.

Цифровой фильтр – это дискретно-временная система, выходной сигнал которой является модифицированной версией входного сигнала. Фильтры являются основой для большинства приложений обработки сигналов. Типичное назначение – это извлечение или вырезка области спектра входного сигнала или определенной частоты. Используемые для кондиционирования сигналов фильтры нередко называются частотно-селективными, поскольку обычно разрабатываются на основе требований к частотной характеристике.

Исследуемые цифровые фильтры предназначены для обработки сигналов, представленных в виде временных рядов. Наиболее простыми для анализа и реализации являются широко применяемые на практике цифровые фильтры с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтры), имеющие следующий вид уравнения фильтрации:

$$y(k) = \sum_{i=0}^m b_i x(k-i),$$

где  $y(k)$  – выходной сигнал после фильтрации;

$k$  – номер выборки;

$m$  – количество коэффициентов фильтра, уменьшенное не единицу;

$b$  – коэффициенты фильтра;

$x(k-i)$  – входной сигнал.

Цифровой фильтр реализован в виде типовой цифровой системы, показанной на рисунке 1. В диаграмме принято несколько неявных допущений. Во-первых, чтобы точно обработать сигнал, принимается, что тракт АЦП/ЦАП обладает достаточными значениями частоты дискретизации, разрешающей способности и динамического диапазона. Во-вторых, для того, чтобы закончить все свои вычисления в пределах интервала дискретизации  $\frac{1}{f_s}$ , устройство цифровой обработки сигнала (ЦОС) должно иметь достаточное быстродействие.

Для синтеза КИХ-фильтров VisSim использует алгоритм множественного обмена Ремеза (Remez Multiple Exchange algorithm). Для удобства, проектирование КИХ-фильтра обычно выполняют на основе задания его свойств в домене частот.

КИХ-фильтры имеют полюсы (корни знаменателя) равные нулю и характеризуются конечной импульсной характеристикой. КИХ-фильтры могут иметь более разно-

образные АЧХ, чем БИХ-фильтры. Важной особенностью КИХ-фильтров является то, что фазовая характеристика может быть строго линейна  $j(\omega) = -\text{const} \cdot \omega$ . Если это условие выполнено, то импульсная характеристика фильтра обладает свойством симметрии  $h[k] = h[n-1-k]$ . В этом случае ряд коэффициентов числителя передаточной функции также симметричен, следовательно, групповая задержка на цепочке блоков регистрЗадержки для сигналов любой части спектра постоянна и составляет  $\frac{n-1}{2}$  отсчетов, где  $n$  – порядок фильтра или количество блоков регистрЗадержки.

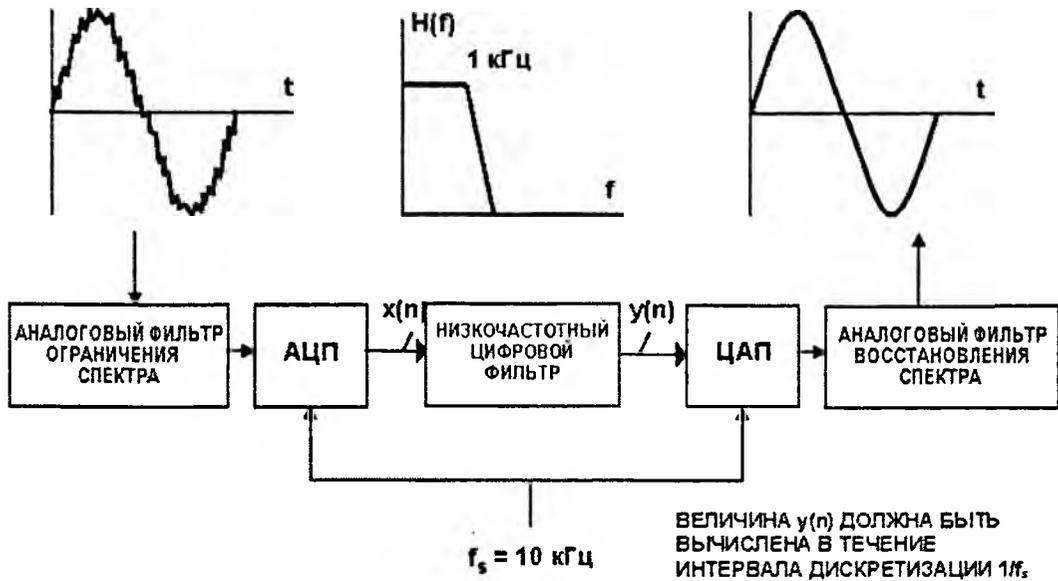


Рисунок 1

К особым преобразователям, которые реализуются на основе КИХ-фильтров, относятся преобразователь Гильберта и дифференциаторы. Преобразователем Гильберта или фазовращателем на  $90^\circ$  называется цифровой фильтр с частотной характеристикой  $H(e^{j\omega})$ , которая имеет модуль равный единице и фазовый угол равный  $-\frac{\pi}{2}$  для  $0 < \omega < \pi$  и  $+\frac{\pi}{2}$  для  $-\pi < \omega < 0$ . Дифференциаторы характеризуются линейно-нарастающей ЛАЧХ в желаемом диапазоне частот.

Генерация КИХ-фильтра состоит в том, что VisSim, согласно заданию, вычисляет полиномиальные коэффициенты числителя и знаменателя его передаточной функции.

После вычисления коэффициентов, алгоритм оценивает максимальную ошибку приближения  $d$  (Delta). Эта оценка есть взвешенное различие между фактической и желаемой АЧХ. Если полоса имела вес равный 1, то  $d$  равна абсолютной ошибке приближения. Если полоса имела вес равный 10, то абсолютная погрешность будет составлять  $0,1d$ . Значение  $d$  выводится в окне информационных сообщений.

Для вызова диалогового окна проектирования КИХ-фильтра (рисунок 2) нажмите на одноименную кнопку в диалоговом окне «Задание передаточной функции».

**Порядок:** в этой строке ввода Вы можете указать желаемый порядок фильтра. Как правило, чем больше порядок, тем точнее аппроксимация ЧХ фильтра.

**Тип фильтра:** в этом выпадающем списке Вы можете выбрать желаемый тип фильтра: «КИХ-фильтр», «Дифференциатор», «преобразователь Гильберта».

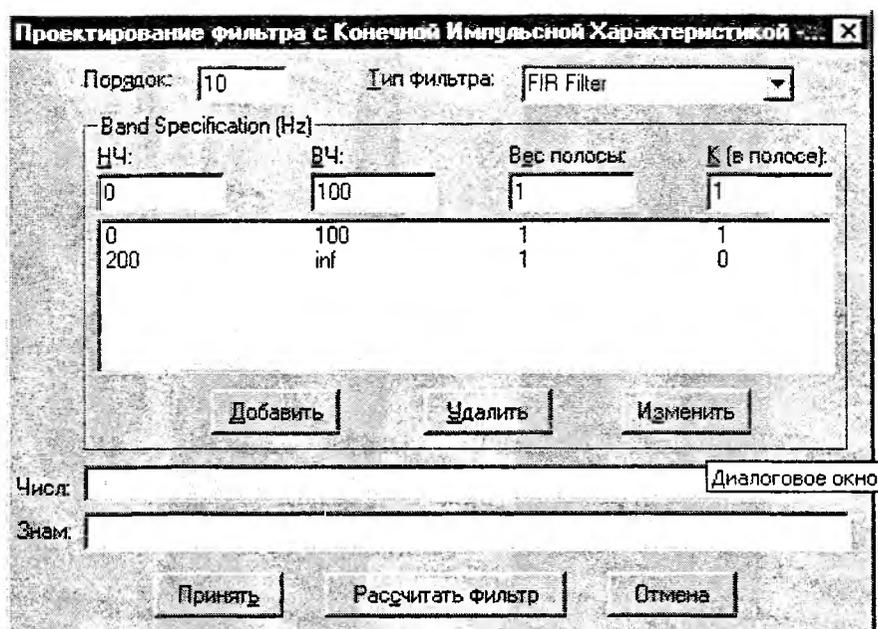


Рисунок 2

**Спецификация полос:** эта зона диалогового окна предназначена для задания требований к полосам АЧХ фильтра. При вводе параметров полос Вам следует придерживаться правил:

– для дискретных фильтров, указываемые частоты должны быть ниже частоты Найквиста;

– для непрерывных фильтров, бесконечную частоту следует обозначать, используя зарезервированное слово «inf».

**НЧ, ВЧ:** используя эти строки ввода, Вы можете указать желаемые частоты среза для каждой полосы.

**Вес полосы (цена ошибки):** значения определенные Вами в этой строке ввода будут диктовать процедуре осуществляющей синтез коэффициентов вес (цену) аппроксимационных ошибок для каждой из полос.

**К (в полосе):** в этой строке ввода Вы можете указать желаемый коэффициент передачи в каждой полосе.

### Литература

1. Дьяков, В.П. VisSim + MathCAD + MatLab. Визуальное математическое моделирование. – М.: Солон-Пресс, 2004. – 384 с.

УДК 621.316

## КРУЭ И КРИТЕРИИ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

*Пивень М.В., Трембицкий А.М., Лебедев А.Е.*

Научный руководитель – КЛИМКОВИЧ П.И.

К особой группе комплектных распределительных устройств относятся устройства с элегазовой изоляцией КРУЭ. Выбор элегаза (шестифтористая сера SF<sub>6</sub>) не случаен. Чистый газообразный элегаз химически не активен, не горит и не поддерживает горение, обладает повышенной теплоотводящей способностью и удачно сочетает в себе изоляционные и дугогасящие свойства. Электрическая прочность элегаза в 2,5 раза