

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

Абдуллаев А.Р., Уразбаева Ю.В. Об одном методе моделировании цифровых фильтров // Материалы по итогам V-ой Всероссийской научно-практической конференции «Теория и практика современной науки». – г. Анапа. - 20 – 31 октября 2023 г. – 0,2 п. л. – URL: http://akademnova.ru/publications_on_the_results_of_the_conferences

СЕКЦИЯ: ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Абдуллаев Абдула Рамазанович,
д. ф.м.-н., профессор
заведующий кафедрой «Высшая математика»
ФГАОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический университет»
г. Пермь, Пермский край,
Российская Федерация**

**Уразбаева Юлия Владимировна,
аспирант 3-го года обучения,
Факультет прикладной математики и механики
ФГАОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический университет»
г. Пермь, Пермский край,
Российская Федерация**

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ МОДЕЛИРОВАНИИ ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ

Методам обработки одномерных цифровых сигналов в современных информационных технологиях уделяется особо пристальное внимание. Это и понятно, потому что такие методы широко применяются в прикладных задачах моделирования и в системах обработки данных (связь, акустика, радиолокация, биомедицина и т.д.).

В теории цифровой обработки сигналов значительную роль играют цифровые фильтры. Благодаря современным ЭВМ, а также развитию технологии интегральных схем появились новые возможности в физической реализации цифровых фильтров, а следовательно, и в эффективности применения соответствующих методов обработки информации.

В предлагаемой заметке излагается модифицированный метод моделирования цифровых фильтров с улучшенными характеристиками или со специальными свойствами.

Следующее интегральное преобразование будем рассматривать как непрерывный аналог ЦФ (фильтр-прототип)

$$y(t) = 2 \int_0^M x(t - g(s)) C(g(s)) g'(s) ds.$$

Здесь $x(t)$ - входное воздействие, $y(t)$ - выходное воздействие и $C(\theta)$ - ядро фильтра. Функция $g(s)$ кусочно-непрерывно дифференцируемая, определенная на промежутке $[0, M)$ со значениями в $[0, +\infty)$. Функцию $g(s)$ выбирают так, чтобы АЧХ (амплитудно-частотная характеристика) была такая же как у преобразования вида

$$y(t) = 2 \int_0^{+\infty} x(t - \theta) C(\theta) d\theta.$$

Реальный фильтр получается в результате дискретизации интеграла. В отличие от традиционных ЦФ такой фильтр характеризуется тем, что не все коэффициенты b_k отличны от нуля. Этим и обуславливается «разреженность» (лакунарность) фильтра. Такой подход позволяет при сравнительно небольшом порядке ЦФ учитывать коэффициенты с «большими» номерами, что значительно влияет на поведение АЧХ вблизи переходной полосы.

Если применить формулу прямоугольников с равностоящими узлами, то получим нерекурсивный фильтр

$$y(nT) = \sum_{k=0}^K b_k x(nT - kT),$$

или

$$y(nt) = 2T \sum_{l=1}^L x(nT - g(lT)) C(g(lT)) g'(lT),$$

где $t = nT$, $kT = g(lT)$, $k = \frac{g(lT)}{T}$ - округление до натурального числа.

Ненулевые коэффициенты находятся соответственно по формуле

$$\begin{cases} b_k = C(g(lT)) g'(lT) 2T, & k = \lceil g(lT)/T \rceil \\ b_k = 0, & k \neq \lceil g(lT)/T \rceil \end{cases}$$

Перейдем к рассмотрению специального случая. Пусть идеальная АЧХ низкочастотного фильтра имеет вид

$$A_{id}(w) = \begin{cases} 1, & w < w_c \\ 0, & w > w_c \end{cases}.$$

Тогда

$$\tilde{C}(\theta) = \frac{1}{\pi} \frac{\sin(w_c \theta)}{\theta}.$$

В этом случае получится фильтр нижних частот с ненулевыми коэффициентами

$$b_k = \frac{\sin(w_c g(lT)) \cdot g'(lT) 2T}{\pi \cdot g(lT)},$$

где $k = \lceil \frac{g(lT)}{T} \rceil$.

Если в качестве функции $g(s)$ выбрать ломанную, состоящую из двух звеньев

$$g(lT) = \begin{cases} lT, & l \in [0; L/2] \\ 10lT - 9LT/2, & l \in [L/2; L] \end{cases},$$

то получится лакунарный фильтр нижних частот. Ненулевые коэффициенты такого фильтра находятся по формуле:

$$b_k = \begin{cases} \frac{\sin(w_c lT) 2T}{\pi lT}, & l \in [1; L/2], \quad k = l \\ \frac{\sin(w_c (10lT - 9LT/2)) 20T}{\pi (10lT - 9LT/2)}, & l \in (L/2; L], \quad k = [10l - 4.5L], \end{cases}$$

Построенный по формуле

$$A(w) = \sqrt{\left(\sum_{k=0}^K b_k \cos(wkT) \right)^2 + \left(\sum_{k=0}^K b_k \sin(wkT) \right)^2},$$

где $k = \frac{g(lT)}{T}$, график достаточно качественно приближает идеальный график.

Выбор функции $g(s)$ в значительной мере влияет на поведение АЧХ. Поэтому этот фактор учитывать с учетом поставленной задачи моделировании: качественное пропускание сигнала, хорошее подавление или уменьшение явления Гиббса в переходной полосе. Для фильтров нижних частот практическая рекомендация состоит в том, чтобы функция $g(s)$ на определенном промежутке совпадала с биссектрисой.

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

Было рассмотрено множество вариантов построения ЦФ с выбором функции $g(s)$ как кусочно-линейной из двух звеньев при определенном делении отрезка на две части. Анализ полученных результатов показывает, что наилучшие характеристики имеют фильтр при делении отрезка на две равные части, как в ранее рассмотренном примере.

Опубликовано: 20.10.2023 г.

© Академия педагогических идей «Новация», 2023 г.

© Абдуллаев А.Р., Уразбаева Ю.В., 2023 г.