

УДК 621.396.229

ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТР ДЛЯ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ЧАСТОТНЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ

К. т. н. Д. П. Яковлев, И. Д. Яковлева

Одесский национальный политехнический университет
Украина, г. Одесса
iyak2003@icn.od.ua

Рассмотрена структурная схема многоканальной системы с частотным разделением каналов с включенным цифровым полосовым фильтром. Проведены теоретические исследования и моделирование фильтра при изменении его коэффициентов. Показана возможность линейной перестройки центральной частоты изменением только одного коэффициента знаменателя передаточной функции фильтра.

Ключевые слова: многоканальная система, цифровой фильтр, центральная частота.

Широкое распространение частотных датчиков обусловлено положительными свойствами частотно-модулированного сигнала.

Во-первых, частотно-модулированный сигнал не искажается при прохождении через среду с неустойчивым сопротивлением (например, токосъемник). Во-вторых, его легко преобразовать в цифровой код для дальнейшей обработки цифровыми методами.

Многоканальная система с частотным разделением каналов, как правило, состоит из датчиков, модуляторов и сумматора на передающей стороне, а также канальных фильтров, устройств обработки и отображения на приемной стороне [1].

Для сокращения аппаратных затрат либо объема памяти при программной реализации множество канальных фильтров предлагается заменить перестраиваемым цифровым полосовым фильтром (ПЦПФ).

Анализ литературы показал, что вопросам перестройки полосовых цифровых фильтров уделяется недостаточное внимание. Поэтому целью данной работы является исследование характеристик и параметров цифрового полосового фильтра при перестройке коэффициентов его передаточной функции.

Передаточная функция $H(z)$ рекурсивного цифрового полосового фильтра 2-го порядка описывается выражением [2]

$$H(z) = \frac{a_0(1+z^{-2})}{1+b_1z^{-1}+b_2z^{-2}}. \quad (1)$$

Для перестройки АЧХ цифрового полосового фильтра необходимо выяснить, как на АЧХ влияют изменения его коэффициентов.

В качестве примера возьмем цифровой рекурсивный полосовой фильтр второго порядка с частотой дискретизации $F_s = 1000$ Гц, центральной частотой $F_z = 250$ Гц, полосой пропускания $B_p = F_{c2} - F_{c1} = 100$ Гц и коэффициентами $a_0 = a_2 = 0,2452$; $a_1 = 0$; $b_0 = 0$; $b_1 = 0$; $b_2 = 0,5092$.

Известно, что изменение коэффициента числителя a_0 передаточной функции (1) приводит к изменению амплитуды H_z при сохранении величины центральной частоты F_z [2], и поэтому в данной работе не рассматривается.

Изменим в выражении (1) коэффициент знаменателя b_1 с шагом 0,5. Коэффициенты b_2 и a_0 остаются неизменными. Рассчитанные величины параметров фильтра приведены в табл. 1.

В табл. 1 F_{c1} и F_{c2} – частоты АЧХ, определенные на уровне 0,707 амплитуды H_z на центральной частоте F_z ; B_p – ширина полосы пропускания фильтра; Q – добротность.

Как видно из табл. 1, изменение коэффициента b_1 в знаменателе функции (1) приводит к изменению центральной частоты F_z при неизменной амплитуде H_z . При этом, как следует из анализа

табл. 1, центральная частота F_z линейно зависит от коэффициента b_1 . Полоса пропускания B_p при этом изменяется незначительно (от 98,63 до 100 Гц).

Таблица 1

Значение параметров фильтра при изменении коэффициента знаменателя b_1

b_1	F_{c1} , Гц	F_{c2} , Гц	$B_p = F_{c2} - F_{c1}$, Гц	F_z , Гц	$Q = F_z / B_p$	H_z , дБ
-1,0	91,80	191,40	99,61	134,76	1,35	1,0
-0,5	149,41	248,05	98,63	196,29	1,99	1,0
0,0	200,00	300,00	100,00	250	2,50	1,0
0,5	251,95	350,59	98,64	307,10	3,11	1,0
1,0	325,00	407,10	99,61	365,00	3,66	1,0

Изменим в выражении (1) коэффициент знаменателя b_2 с шагом 0,1. Коэффициенты b_1 и a_0 остаются неизменными. Рассчитанные величины параметров фильтра, приведены в табл.2.

Таблица 2

Значение параметров фильтра при изменении коэффициента знаменателя b_2

b_2	F_{c1} , Гц	F_{c2} , Гц	$B_p = F_{c2} - F_{c1}$, Гц	F_z , Гц	$Q = F_z / B_p$	H_z , дБ
0,3095	150,39	349,61	199,22	250	1,25	0,48
0,4095	177,73	322,26	144,53	250	1,73	0,54
0,5095	200,00	300,00	100,00	250	2,50	1,0
0,6095	218,75	281,25	62,5	250	4	1,26
0,7095	232,42	267,58	35,16	250	7,11	1,69

Как видно из табл. 2, изменение коэффициента b_2 в знаменателе функции (2) приводит к существенному изменению полосы пропускания B_p (от 200 до 35 Гц) и амплитуды H_z (от 0,48 до 1,69), при неизменной центральной частоте F_z .

Проверка фильтра на устойчивость при изменении коэффициентов a_0 , b_1 и b_2 показала, что оба корня фильтра в процессе изменения указанных коэффициентов лежат внутри единичной окружности, т. е. фильтр устойчив.

Полученные результаты показали, что имеется возможность отдельного управления амплитудой, центральной частотой и полосой пропускания полосового фильтра, а также линейной перестройки центральной частоты F_z изменением только одного коэффициента b_1 знаменателя передаточной функции фильтра при неизменной амплитуде H_z и сохранении полосы пропускания B_p .

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Гуров И.П. Основы теории информации и передачи сигналов.— СПб.: ВНУ.— Санкт-Петербург, 2000.— 97 с.:ил.
2. Айфитчер, Эммануил С., Джервис, Барри У. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание.: Пер. с англ.— Москва: Издательский дом «Вильямс», 2004.— 992 с.

D. P. Yakovlev, I. D. Yakovleva

Tunable digital band pass filter for multichannel system with frequency division.

The authors consider a structural scheme of a multichannel system with frequency division with included digital band pass filter. Theoretical research and modeling of the filter under changing coefficients has been conducted. The possibility of center frequency linear reconfiguration by only one transfer function denominator coefficient change has been shown.

Keywords: *multichannel system, digital filter, central frequency.*