

**МЕТОД РАСЧЕТА ПАРАМЕТРА ЦИФРОВОГО ФИЛЬТРА  
С ФУНКЦИЕЙ УСРЕДНЕНИЯ**

А.П. Маркелова

Научный руководитель: доцент, к.т.н. А.В. Вильнина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [elalmark@mail.ru](mailto:elalmark@mail.ru)**METHOD OF CALCULATION OF PARAMETER OF THE DIGITAL FILTER  
WITH AVERAGING FUNCTION**

A.P. Markelova

Research supervisor: associate professor, Cand.Tech.Sci. A. V. Vilnina

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: [elalmark@mail.ru](mailto:elalmark@mail.ru)

***Annotation.** The possibility of implementation of the method of determination of a digital filter's time constant with average function for algorithms of control of cyclic processes.*

Для реализации автоматического управления циклическими процессами необходимо решение двух задач: 1) получение достоверного полезного сигнала на  $i$ -ом такте измерения; 2) получение среднего значения за заданный интервал усреднения. В большинстве случаев при решении задач автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) обработка сигналов осуществляется простейшим способом фильтрации – усреднение за заданный временной интервал [1].

Недостатки функция усреднения:

может быть излишне инертной и не достаточно быстро реагировать на реальные изменения во входном сигнале [2, 3].

- для определения среднего значения необходимо обрабатывать большое количество данных.
- зависание вычислительной программы при управлении процессом в режиме реального времени, приводящее к необходимости перезагрузки контроллера и потерям предыдущих результатов вычислений управляющего воздействия.

Для устранения недостатков возникающих при использовании функции усреднения в качестве альтернативных усреднителей исследованы низкочастотные фильтры разных порядков, описываемые рекуррентными соотношениями.

Процедура скользящего среднего представляет собой простейший способ фильтрации цифровым фильтром низких частот, предназначенный для усреднения в реальном времени и фильтрации ложных выбросов, но имеет свои существенные недостатки [4]. Поэтому необходимо исследовать возможность использования цифрового фильтра с идентичными свойствами и разработать метод расчета параметров настройки без потери точности в качестве фильтрации. К таким фильтрам относятся цифровые фильтры 1-го, 2-го и 3-го порядков.

Для того чтобы оценить качество фильтрации реального промышленного сигнала необходимо рассмотреть спектр реального случайного сигнала на входе фильтра и сигнала на выходе фильтра. Определение спектрального состава стационарного случайного процесса производится применением метода гармонического анализа (преобразования Фурье) к автокорреляционной функции процесса [5], и производится по формуле (1):

$$S_x(\omega) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} K_x(\tau) \cos \omega \tau d\tau. \quad (1)$$

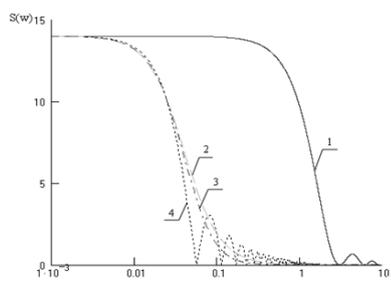


Рис. 1. Спектральная характеристика сигнала 1-случайный сигнал на входе фильтра; 2-сигнал с выхода фильтра низких частот 2-го порядка; 3-сигнал с выхода фильтра низких частот 3-го порядка; 4-сигнал с выхода фильтра специального типа (скользящего среднего)

В качестве модели промышленного сигнала целесообразно использовать сигнал такого вида, усреднять который наиболее сложно. Были проведены эксперименты по сравнению свойств рекуррентных цифровых фильтров 1-го, 2-го, 3-го порядков и скользящего среднего при обработке специальной модели промышленного сигнала включающего постоянную, импульсную и случайную составляющие.

Совокупность постоянной и импульсной составляющей сигнала представляют собой сигнал прямоугольной формы  $x(t)$  длительностью равной  $T=k \cdot T_u$  и амплитудой  $A$  равной 25%. Случайная составляющая  $z(t)$ , формируется генератором случайных чисел, с частотой 10 Гц (с данной частотой выдается управляющее воздействие на объект) и подчиняющуюся равномерному закону распределения.

Проведены экспериментальные исследования, заключающиеся в усреднении зашумленного прямоугольного сигнала с параметрами  $T_u=10, 20, 30$  мин. и  $T_c = 10, 15, 30$  с. с целью выявления зависимости постоянной времени фильтра от интервала усреднения и времени цикла. На рис. 2 сопоставлены сигналы на выходе цифровых фильтров при обработке данных.

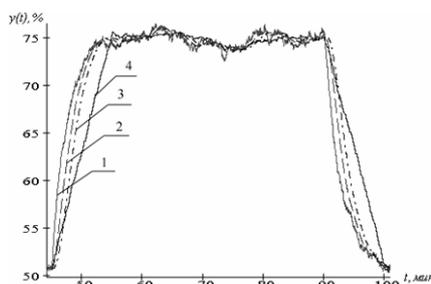


Рис. 2. Сопоставление выходных сигналов цифровых фильтров:

1 – фильтр 1-го порядка; 2 – фильтр 2-го порядка; 3 – фильтр 3-го порядка; 4 – скользящее среднее.

## «ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК»

При анализе сопоставления усредненных сигналов функцией усреднения и рекуррентными фильтрами определен коэффициент соответствия, как отношение, с минимальным средне квадратичным отклонением(2).

$$g = \frac{T_u}{T_f}, \quad (2)$$

где  $T_u$  – постоянная времени усреднения,  $T_f$  – постоянная времени фильтра,  $g$  – коэффициент соответствия.

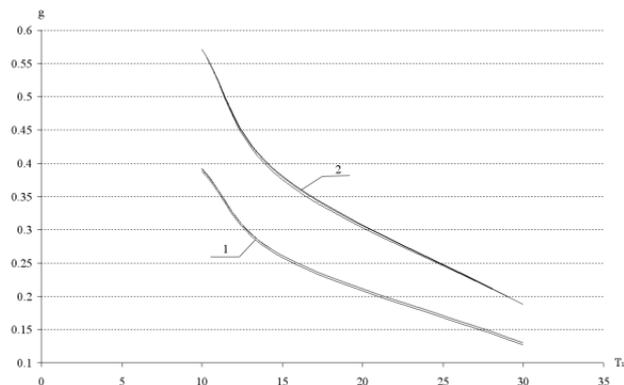


Рис 3. Зависимость коэффициента соответствия от времени цикла:

1 – для фильтра 2-го порядка, 2 – для фильтра 3-го порядка.

При помощи коэффициента соответствия был определен метод расчета постоянной времени фильтра, позволяющий выполнять рекуррентными фильтрами функцию усреднения, которая описывается выражением (3):

$$T_f = \frac{T_u T_c}{\exp(\sqrt{k})}, \quad (3)$$

где  $k$  – порядок фильтра.

Проверка достоверности полученных результатов на реальном промышленном сигнале показала, что фильтры 2-го и 3-го порядка с одинаковыми постоянными времени можно использовать в качестве усреднителя с погрешностью не более 1,5 % и 1,05 %, соответственно.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматическое управление в химической промышленности: Учебник /Под ред. Е.Г. Дудникова. – М.: Химия, 1987. – 368 с.
2. Бакалов В.П. Цифровое моделирование случайных процессов: учебное пособие. – М.: Сайнс-Пресс, 2002. — 88 с.
3. Лавренчик В.Н. Постановка физического эксперимента и статическая обработка его результатов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 272с
4. Изерман. Р. Цифровые системы управления. - М.: Мир, 1984. – 327 с.
5. Смит, Стивен. Цифровая обработка сигналов: практическое руководство для инженеров и научных работников : пер. с англ. / С. Смит. — Москва: Додэка-XXI, 2011. – 718 с.