

УДК 621.317.3

А. В. Майоров

**ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ФИЛЬТРА НИЖНИХ ЧАСТОТ
АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ
НА ПОГРЕШНОСТЬ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
ПРИ ОБРАБОТКЕ МЕДЛЕННОМЕНЯЮЩИХСЯ СИГНАЛОВ
В ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

A. V. Mayorov

**INFLUENCE LOW PASS FILTER ANALOG-TO-DIGITAL
CONVERTER ON THE ERROR CONVERSION
TREATMENT SLOWLY VARYING SIGNALS
IN INFORMATION-MEASURING SYSTEMS**

А н н о т а ц и я. Исследовано влияние параметров фильтра нижних частот, в том числе частоты среза и порядка фильтра, на входе аналого-цифрового преобразователя на основную погрешность преобразования при обработке медленноменяющихся сигналов. Установлено, что снижение частоты среза фильтра нижних частот снижает уровень аддитивной составляющей погрешности, но при этом в некоторых случаях также снижается стабильность работы системы.

A b s t r a c t. The influence of the low pass filter, including cutoff frequency and the order of the filter, the input analog-to-digital converter for converting the basic error in the processing of slowly varying signals. It has been established that lowering the cutoff frequency of the low-pass filter reduces the error component of the additive, but in some cases also decreases the stability of the system.

К л ю ч е в ы е с л о в а: погрешность преобразования, аналого-цифровой преобразователь, информационно-измерительная система, обработка медленноменяющихся сигналов.

К e y w o r d s: transformation error, analog-to-digital converter, information-measuring system, processing of slowly varying signals.

При цифровой обработке медленноменяющихся сигналов необходимо учитывать погрешности, вносимые аналоговыми блоками информационно-измерительной системы (ИИС), в первую очередь – погрешность преобразования напряжения входным фильтром и аналого-цифровым преобразователем (АЦП) [1]. Структурная схема канала обработки медленноменяющихся сигналов информационно-измерительной системы приведена на рис. 1 и включает в себя предварительный усилитель, фильтр нижних частот (ФНЧ), АЦП, микроконтроллер (МК) либо программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС).

Погрешности преобразования каждого из компонентов канала обработки можно условно разделить на статические и динамические погрешности. Статические погрешности основных компонентов ИИС включают аддитивную составляющую погрешности преобразования, мультипликативную составляющую погрешности преобразования, для АЦП также необходимо учитывать составляющие, обусловленные дифференциальной нелинейностью, интегральной нелинейностью и погрешностью квантования [1, 2]. При построении ИИС, осуществляющих обработку медленноменяющихся сигналов, также необходимо учитывать влияние шума,

вызванного воздействием электромагнитных помех на кабель, соединяющий датчик с входом канала обработки, а также на другие компоненты системы. Основными способами снижения влияния данного воздействия на качество обработки медленноменяющихся сигналов, в том числе на погрешность преобразования компонентами ИИС, являются:

- 1) использование пассивных фильтров на входе канала обработки;
- 2) использование активных фильтров на входе АЦП;
- 3) применение алгоритмов быстрого преобразования Фурье (БПФ) с последующей цифровой обработкой.

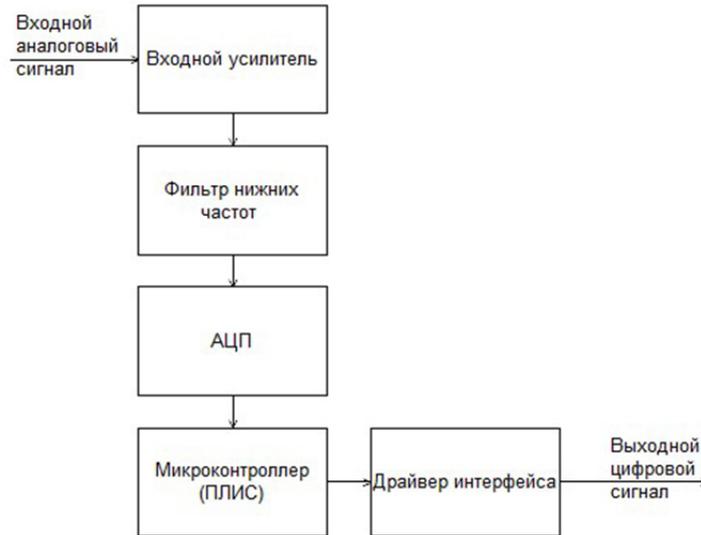


Рис. 1. Структурная схема канала обработки медленноменяющихся сигналов информационно-измерительной системы

Для определения влияния частоты среза ФНЧ на входе АЦП на основную погрешность компонентов канала обработки аналоговых сигналов ИИС была разработана система согласно структурной схеме, изображенной на рис. 2.

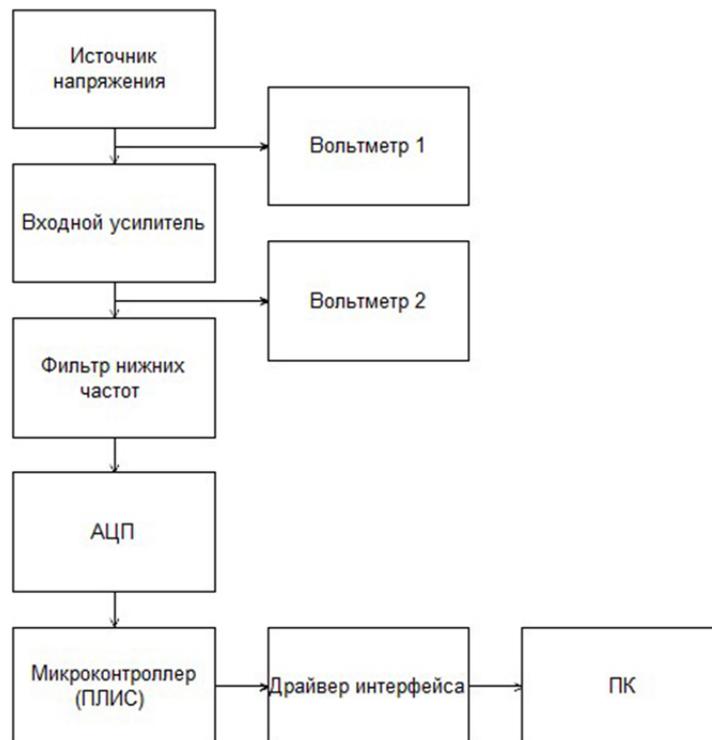


Рис. 2. Структурная схема системы для исследования погрешностей компонентов ИИС

В качестве источника напряжения использован имитатор резистивных датчиков типа ВТ4048, в качестве вольтметров 1, 2 – нановольт-микрометр AGILENT TECHNOLOGIES 34420A. Для чистоты эксперимента к обеим точкам схемы подключался один и тот же прибор. Для определения погрешности преобразования АЦП к микроконтроллеру подключалась ЭВМ посредством интерфейса RS-485. Входной усилитель реализован на операционном усилителе (ОУ) типа 140УД1701 [3]. Проведены две серии экспериментов с различными типами ФНЧ и АЦП. В первом случае фильтр был реализован на микросхеме типа 1478ФН2У, являющейся фильтром нижних частот восьмого порядка [4], в качестве управляющего микроконтроллера – микросхема С8051F410 [5] с использованием встроенного аналого-цифрового преобразователя. Во втором случае в качестве АЦП была использована микросхема AD7714 [6], имеющая встроенный фильтр нижних частот, для управления АЦП использовалась ПЛИС типа XCR3128XL-VQ100 [7].

При проведении эксперимента на вход усилителя с коэффициентом усиления 20 подавалось стабилизированное напряжение 100 мВ, контролируемое вольтметром 1, коэффициент усиления входного усилителя контролировался с помощью вольтметров 1 и 2. Частота среза ФНЧ на основе микросхемы типа 1478ФН2У программировалась посредством установки частоты тактирования данной микросхемы управляющим микроконтроллером. Частота среза ФНЧ, встроенного в микросхему типа AD7714, задавалась посредством записи определенных значений в соответствующие регистры управления данной микросхемы управляющей ПЛИС типа XCR3128XL-VQ100.

Полученные значения основной погрешности преобразования компонентов канала обработки медленноменяющихся сигналов информационно-измерительных систем в помещении с нормальной электромагнитной обстановкой сведены в табл. 1. Погрешность преобразования фильтра нижних частот во второй серии экспериментов определить не представляется возможным ввиду того, что ФНЧ является составной частью АЦП типа AD7714 и его выход не подключен ни к одному из выводов корпуса [6].

Таблица 1

Основная погрешность преобразования компонентами информационно-измерительной системы

Тип АЦП	Погрешность преобразования входным усилителем, %	Погрешность преобразования ФНЧ, %	Погрешность преобразования АЦП, %	Основная погрешность преобразования системы, %
Встроенный, МК С8051F410	0,0014	0,034	0,024	0,025
AD7714	0,0014		0,014	0,015

Полученные зависимости аддитивной составляющей погрешности преобразования АЦП от частоты среза ФНЧ приведены на рис. 3.

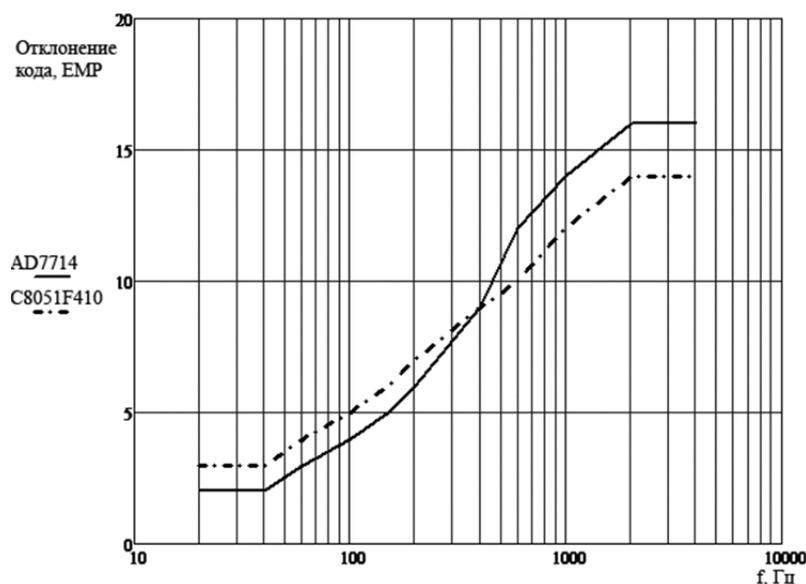


Рис. 3. Зависимость аддитивной составляющей погрешности преобразования АЦП от частоты среза ФНЧ

Кроме того, установлено, что в случае использования АЦП типа AD7714 вероятность успешного запуска АЦП зависит от частоты среза встроенного фильтра нижних частот и частоты тактирования АЦП. Указанная зависимость подтверждена проведением эксперимента с использованием 10 экземпляров микросхемы типа AD7714 из трех разных партий и трех экземпляров управляющей ПЛИС. Во всех случаях при частоте тактирования ниже 2 МГц и частоте среза от 80 до 110 Гц АЦП мог запускаться самостоятельно только в 80 % случаев, стабильно запускаться при касании пальцем одного из управляющих выводов либо не запускаться вообще. При частоте среза от 40 до 80 Гц даже при касании пальцем АЦП мог не запуститься. При частоте среза ниже 40 Гц АЦП не реагировал на касание пальцем выводов, изредка (менее 10 % случаев) запускался самостоятельно. На рис. 4 приведена зависимость вероятности запуска АЦП от запрограммированной частоты среза встроенного ФНЧ без осуществления внешних воздействий при частоте тактирования АЦП 1 МГц. Инициализация АЦП во всех случаях проходила нормально. Установлено, что стабильный запуск АЦП данного типа с частотой среза встроенного ФНЧ ниже 110 Гц возможен только при частоте тактирования выше 2 МГц.

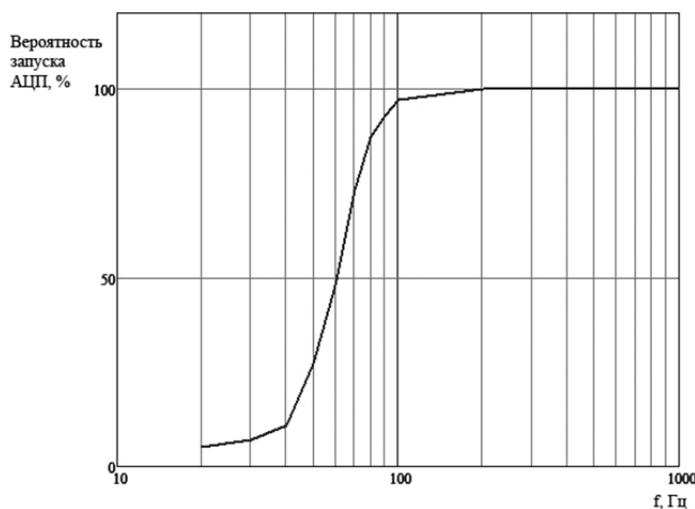


Рис. 4. Зависимость вероятности запуска АЦП типа AD7714 от частоты среза встроенного ФНЧ

Заключение

Исследовано влияние параметров фильтра нижних частот на входе аналого-цифрового преобразователя информационно-измерительной системы на основную погрешность преобразования при обработке медленноменяющихся сигналов. Установлено, что при построении информационно-измерительных систем, осуществляющих цифровую обработку медленноменяющихся аналоговых сигналов для получения значения аддитивной составляющей погрешности преобразования на уровне 4–5 ЕМР, необходимо использование фильтра нижних частот, включенного в тракт прохождения аналогового сигнала перед АЦП с частотой среза не выше 100 Гц. Также установлено, что при использовании АЦП типа AD7714, имеющего встроенный ФНЧ, вероятность успешного запуска АЦП данного типа зависит от запрограммированной частоты среза встроенного ФНЧ и частоты тактирования. Рекомендуется тактирование АЦП данного типа частотой не ниже 2 МГц (оптимально значение 2,4576 МГц [6]), что может быть неосуществимо при использовании некоторых типов МК и ПЛИС. В таком случае для достижения приемлемого значения аддитивной составляющей погрешности аналого-цифрового преобразования при использовании АЦП данного типа рекомендуется повышение частоты среза до 110–120 Гц при снижении частоты тактирования до 1 МГц.

Список литературы

1. Совершенствование алгоритмов и структур интегрирующих аналого-цифровых преобразователей / Н. А. Кашцев, Ю. Л. Кузнецов, К. Ю. Пискаев, Ю. А. Цуриков // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2012. – № 1. – С. 151–158.

2. Михеев, М. Ю. Совершенствование алгоритмов и структур интегрирующих аналого-цифровых преобразователей / М. Ю. Михеев, В. А. Юрманов, А. В. Куц // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2009. – № 1. – С. 86–99.
3. Спецификация на ОУ типа 140УД1701. – URL: <http://lib.chipdip.ru/030/DOC001030772.pdf>
4. Спецификация на ФНЧ типа 1478ФН2У. – URL: <http://www.nzpp.ru/documentation/767.pdf>
5. Спецификация на МК типа C8051F410. – URL: <http://www.silabs.com/Support%20Documents/TechnicalDocs/C8051F41x.pdf>
6. Спецификация на АЦП типа AD7714. – URL: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD7714.pdf
7. Спецификация на ПЛИС типа XCR3128XL-VQ100. – URL: http://www.xilinx.com/support/documentation/data_sheets/ds016.pdf

Майоров Артем Владиславович

аспирант,

Пензенский государственный университет

E-mail: rtech@pnzgu.ru

Mayorov Artem Vladislavovich

postgraduate student,

Penza State University

УДК 621.317.3

Майоров, А. В.

Влияние параметров фильтра нижних частот аналого-цифрового преобразователя на погрешность преобразования при обработке медленноменяющихся сигналов в информационно-измерительных системах / А. В. Майоров // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2014. – № 3 (9). – С. 47–51.