

УДК 004.383.3

**Способ выделения полезного сигнала из зашумленного на основе цифрового фильтра и преобразования Фурье с применением программы MATLAB**С. Жуань, Т.Е. Мамонова

Научный руководитель: профессор, д.т.н., А.М. Малышенко  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [sypen@tpu.ru](mailto:sypen@tpu.ru)**Investigation of signal processing of useful signal extraction from noisy signal**S. Ruan, T.E. Mamonova

Scientific Supervisor: Prof., Dr., A.M. Malysenko  
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

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

**Abstract.** *This paper investigates the method of extracting useful signal from noisy signal based on digital filter and Fourier transform using MATLAB programme.*

**Key words:** *Discretization, Fourier transform, amplitude-frequency response, digital filter, useful signal.*

**Введение**

Система передачи информации представляет собой совокупность технических средств (передатчик, линия канал передачи сигналов и приемник), обеспечивающих возможность передачи информационных сообщений от источника информации к получателю. Задача системы передачи информации заключается в том, чтобы перенести данный сигнал на заданное расстояние к получателю. При распространении сигналов через систему передачи информации в сумме с основным сигналом одновременно регистрируются и мешающие – шумы и помехи самой различной природы. К помехам, прежде всего, относят влияние внешних электрических и электромагнитных воздействия на линии связи и в процессе измерений [1].

Оценка параметров синусоидальных сигналов на фоне шума является одной из наиболее распространенных проблем в области цифровой обработки сигналов, такие сигналы широко применяются в радиолокации, гидролокации, обработке биосигналов, энергетических системах, системах ядерной энергетики и др. [2].

Например, в технических процессах используется синусоидальный сигнал для выполнения следующих задач.

1. Для контроля уровня в резервуарах хранения нефти используется FM-радар непрерывной волны, где улавливается сигнал, отраженный от поверхности жидкости системой FM-радар, такой сигнал имеет синусоидальный вид с одной частотой.

2. В энергосистеме: контроль неисправностей, обеспечение качества и работа энергосистемы связаны с оценкой частоты синусоидальных сигналов.

3. При анализе вибрационных сигналов и диагностике неисправностей использование технологии оценки частоты синусоидального сигнала позволяет проводить диагностику неисправностей и анализ вибрации механического оборудования.

4. В исследованиях радиочастотного разряда с импульсной модуляцией процесс установившегося состояния сигнала напряжения может быть представлен синусоидальным сигналом, а переходные процессы, такие как нарастающий фронт перед входом в установившееся состояние и спадающий фронт в конце установившегося состояния, могут быть описаны синусоидальным сигналом, модулированным индексной функцией. Анализ спектра сигналов напряжения во время переходного процесса, можно получить такие важные параметры, как мгновенная мощность и сопротивление разряда.

В соответствии с вышеперечисленным, обработка синусоидального сигнала играет ключевую роль в современной промышленности, а решение вопроса выявления полезного сигнала из зашумленного несет важную теоретическую значимость и применение на практике.

### Экспериментальная часть

Задача – разработать алгоритм выделения полезного сигнала из зашумленного в среде MATLAB. Вид сигнал можно представить в виде [3]:

$$y = A_m \cdot \sin(\pi \cdot f \cdot t) + \eta, \quad (1)$$

где  $A_m \cdot \sin(\pi \cdot f \cdot t)$  – полезный целевой сигнал;  $\eta = \sin(\pi \cdot f_2 \cdot t) + \sin(\pi \cdot f_3 \cdot t)$  – шум;  $f$  – частота Гц;  $t$  – время, с.

Далее выполнено моделирование смешанного сигнала в среде MATLAB, для которого нужно выделить целевой сигнал.

Для того чтобы выделить полезный сигнал из зашумленного, необходимо составить алгоритм обработки информации.

Суть алгоритма заключается в следующем:

1. Производятся дискретизация сигнала, чтобы минимизировать помехи при высокой частоте.
2. Анализируется полученный сигнал после дискретизации, при этом определяется пик сигнал с целью получения параметров цифрового фильтра.
3. С помощью проектирования, и применения цифрового фильтра выделяется исходный полезный сигнал без шумов.

На рис. 1. представлены структурная схема обработки сигнала.

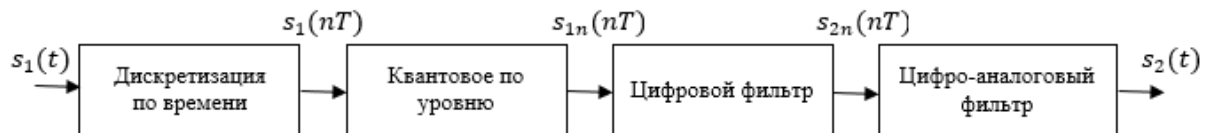


Рис. 1. Структурная схема выделения полезного сигнала,

$s_1(t)$  – исходный сигнал,  $s_1(nT)$  – сигнал после дискретизации, где  $n$  – шаг,  $T$  – период;  
 $s_{1n}(nT)$  – сигнал после квантования,  $s_{2n}(nT)$  – фильтрующий сигнал,  $s_2(t)$  – целевой сигнал

В качестве примера, рассмотрим наличие смешанного сигнала в виде:

$$y = 3 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 10 \cdot t) + \sin(2 \cdot \pi \cdot 40 \cdot t) + \sin(2 \cdot \pi \cdot 200 \cdot t) \quad (2)$$

Поскольку в исходный сигнал входит зашумленный, поэтому необходимо производить обработку сигнала. в рассматриваемом примере существуют три разные сигнала, которые имеют частоты  $f_1 = 10$  Гц,  $f_2 = 40$  Гц,  $f_3 = 200$  Гц. Далее для данного сигнала чтобы исключить помехи высокой частоты, требуется применить операцию дискретизации, то есть моделирование дискретизации. В качестве параметров поставим время дискретизации равно 1 с, и частоту дискретизации 100 Гц. Исходный сигнал после дискретизации показан на рис. 2. Как видно из рисунка, сигнал, который имеет частоту  $f_3 = 200$  Гц не пропускается при частоте дискретизации 100 Гц.

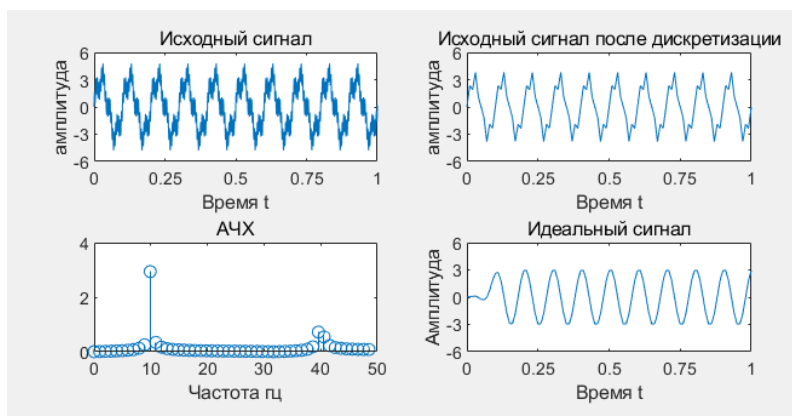


Рис. 2. Результаты общей процедуры обработки сигналов

Однако в исходном сигнале существует помехи сигнала, которые несет сигнал частоты 40 Гц, и трудно будет определить или выделить полезный сигнал, поэтому необходимо сделать преобразование Фурье для полученного сигнала. Преобразование Фурье позволяет разложить исходный сигнал на гармонические составляющие, что потребуется для выделения шумов. Производится преобразование Фурье в среде MATLAB, Амплитудно-частотная характеристика показана на рис. 2. В частоте 10 и 40 Гц имеет данное пиковое значение, что можно увидеть из исходного сигнала. Также по теореме Котельникова [4] можно точно восстановить сигнал с частотой дискретизации 100 Гц. Из рис. 2 видно, что максимальная частота равна 50 Гц.

Из амплитудно-частотной характеристики видно, что сигнал при частоте 40 гц является шумовом, поэтому необходимо проектировать цифровой фильтр чтобы выделить полезный сигнал. В данном случае поставим частоту дискретизации 100 гц, далее низкая частоту 12 гц, и конечную частоту 20 гц. Данный фильтр является фильтром низких частот, который пропускающий сигналы с частотой ниже выбранной частоты среза.

### Заключение

В результате проведенных работ, был получен обобщенный алгоритм обработки цифрового сигнала с выделением его полезной составляющей из зашумленного. При использовании метода дискретизации, анализа амплитудно-частотной характеристики, преобразования Фурье было выполнено проектирование цифрового фильтра низких частот. Также при дискретизации сигнала была показана применимость теоремы Котельникова.

### Список литературы

1. Новиков И.А., Мешков С.А. Методы и сигналы в информационных технологиях: учебное пособие – Санкт-Петербург : БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова, 2022. – 175 с.
2. Landau I.D., Constantinescu A., Alma M. Adaptive regulation – rejection of unknown multiple narrow band disturbances (a review on algorithms and applications) // Control Engineering Practice. – 2011. – Vol. 19, № 10. – P. 237–252.
3. Xiaoyu Zh. et al. Cyclic correlation-based estimation of the rotation factor of weighted fractional-order Fourier transform signals // Journal of Military Engineering. – 2022. – V. 43, № 7. – P. 1646.
4. Ястребов И.П. Дискретизация непрерывных сигналов во времени. Теорема Котельникова // Нижний Новгород: Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского. – 2012. – № 11. – 16 с.