

УДК 004.931

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛОВ ПОКОЯ MEMS-АКСЕЛЕРОМЕТРА

Ващилев А.Д., Туровец Н.О.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Ролит О.Ч. – канд.техн.наук, доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Экспериментально исследованы частотные характеристики сигналов покоя MEMS-акселерометра типа *KX003-1077*. Предложен спектрально-статистический способ исследования частотных характеристик MEMS-датчика. Установлено, что последовательность выходного сигнала MEMS-акселерометра в состоянии покоя подчиняется закону нормального распределения, а сам процесс является стационарным.

Ключевые слова: MEMS-акселерометр, частотные характеристики, спектрально-статистический анализ

Введение. Исследование частотных характеристик сигналов MEMS-датчиков в составе любого прибора инерциальной навигации является важной составляющей построения модели функционирования прибора. Сложность решения данной задачи может быть связана с тем, что шумовые составляющие сигнала датчика, в частности, в состоянии его покоя, могут значительным образом влиять на итоговые значения измерений. Следовательно, необходимо провести анализ частотных характеристик сигналов покоя MEMS-акселерометра.

Основная часть. Исследование проводилось на основе прибора инерциальной навигации на базе 3-х осевого акселерометра *KX003-1077* [1]. Снятие выходных значений акселерометра производилось при частоте дискретизации 400 Гц.

Для исследования частотных характеристик датчика предлагается спектрально-статистический способ анализа сигналов MEMS-акселерометра, суть которого заключается в совместном анализе спектрограммы и двумерной гистограммы, формируемой им последовательности.

Статистический анализ, наряду со спектральным, являются наиболее популярными инструментами технического анализа больших данных и их потоков в масштабе реального времени [2]. Исследование предлагаемого способа анализа выходных сигналов MEMS-акселерометра проведены на множестве функций современной программно-математической среды *MATLAB*.

Для получения представленных на рисунках 1-4 результатов, взят выходной сигнал датчика-акселерометра последовательностью 32768 элемента. При построении гистограммы распределения плотностей применялась стандартная функция *histogram()*, количество гистограммных уровней при этом выбиралось равным 256 элементам. При построении спектрограммы для оконных преобразований использовалась весовая функция Хэмминга [3]. Для построения двумерной гистограммы применялась стандартная функция *hist3()* с последующим ее отображением в двумерном пространстве.

Из результата спектрально-статистического преобразования видно, что выходной сигнал представляет стационарный процесс (шум) с неизменяющимися во времени плотностью и размахом локальных колебаний. Результаты рисунка также подтверждают принадлежность последовательности выходного сигнала нормальному распределению.

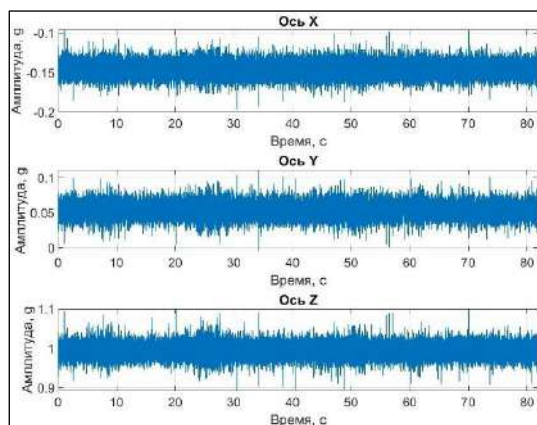


Рисунок 1 – График числовой последовательности сигнала

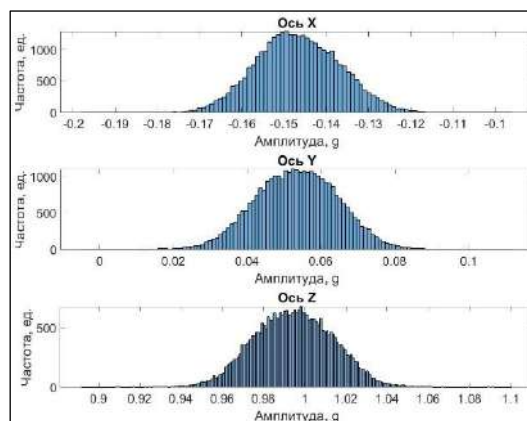


Рисунок 2 – Гистограмма уровней плотности числовой последовательности

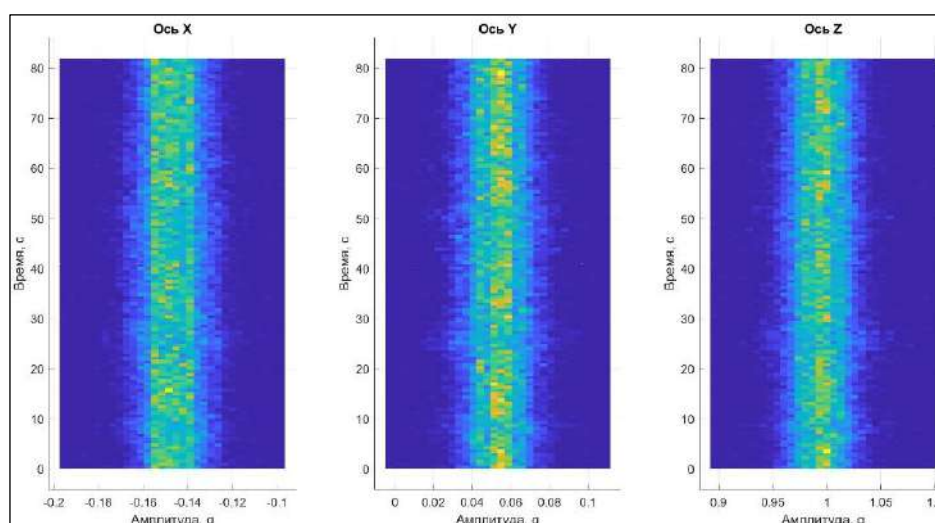


Рисунок 3 – Палитризованная двумерная гистограмма числовой последовательности

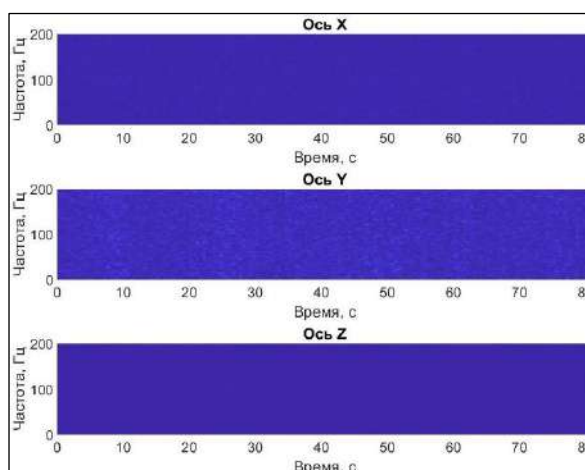


Рисунок 4 – Палитризованная спектрограмма числовой последовательности

Следует отметить, что получившаяся спектрограмма числовой последовательности сигнала *MEMS*-акселерометра в неполной степени является информативной, даже с учётом того, что процесс стационарный. Для большей наглядности значения амплитуд можно перевести в логарифмический масштаб [4]. На рисунке 5 изображена палитризованная спектрограмма числовой последовательности в логарифмическом масштабе.

Можно заметить, что на графике присутствуют малозаметные повторяющиеся образы сигнала. Это свидетельствует о том, что на работу датчика-акселерометра могут оказывать влияния другие системы, например, подсистема питания прибора. Не стоит исключать и того, что сам *MEMS*-акселерометр может являться источником шума.

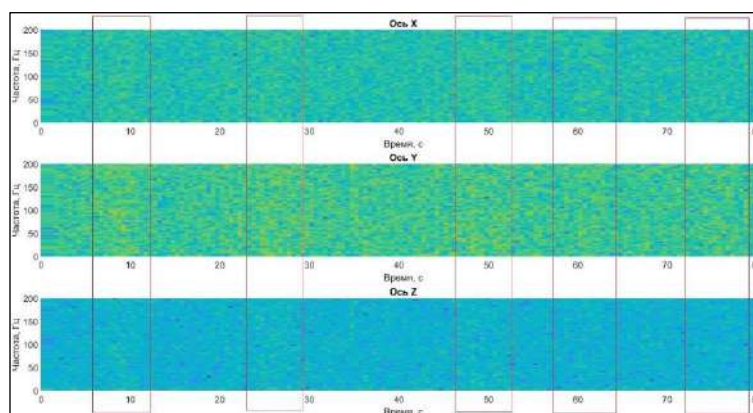


Рисунок 5 – Палитризованная спектрограмма числовой последовательности с выделенными образами

Обнаруженные отдельные виды шума требуют детального исследования для установления истинной причины их появления.

Заключение. Выполнен анализ частотных характеристик сигналов покоя *MEMS*-акселерометра. Предложен спектрально-статистический способ оценки частотных характеристик *MEMS*-акселерометра, позволяющий определять стационарность или нестационарность процесса. Установлено наличие шума в сигнале датчика-акселерометра, выражающееся в присутствующих на спектрограмме и двумерной гистограмме повторяющихся образов.

Список литературы

1. Вацлов, А.Д. Прибор инерциальной навигации на основе *MEMS*-датчиков / А.Д. Вацлов, О. Ч. Ролич // Новые информационные технологии в научных исследованиях НИТ-2021: сб. материалов XXVI Всерос. науч.-техн. конф. / отв. ред. А.В. Коняхин. – Рязань : РГРТУ, 2021. – С. 253-255.
2. Пурькова, М. В. Алгоритм статистического анализа данных / М. В. Пурькова, О. Ч. Ролич // Интеллектуальные, сенсорные и мехатронные системы-2021 : сборник научных трудов (по материалам студенческих научно-технических конференций). – Минск: БНТУ, 2021. – С. 26-28.
3. Endaq // *Vibration Analysis: FFT, PSD, and Spectrogram Basics* [Electronic resource]. – Mode of access : <https://blog.endaq.com/vibration-analysis-fft-psd-and-spectrogram>. – Date of access : 28.03.2022.
4. Хабр. Как нейронная сеть SincNet выделяет значимые частоты в звуке через Back Propagation [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://habr.com/ru/post/462527>. – Дата доступа : 28.03.2022.

UDC 004.931

RESEARCH OF FREQUENCY CHARACTERISTICS OF SIGNALS OF MEMS ACCELEROMETER AT REST

Vashchylau A.D., Turovets N.O.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Rolich O.Ch.– PhD, assistant professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. Frequency characteristics of signals of KX003-1077 MEMS accelerometer at rest are studied experimentally. Statistical spectral method for studying the frequency characteristics of the MEMS sensor is proposed. It has been established that sequence of the output signal of the MEMS accelerometer at rest obeys the normal distribution law and the process itself is stationary.

Keywords: MEMS accelerometer, frequency characteristics, statistical spectral analysis