

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
MEMS-ДАТЧИКОВ

магистрант гр. 115401 Ващилов А. Д.

Научный руководитель - канд. техн. наук Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

MEMS-датчики нашли свое применение в задачах разного типа и разной степени сложности. Инерциальные навигационные системы, системы мониторинга состояния подвижных составов, сфера энергетики и промышленности – лишь немногие области, существование которых невозможно представить без применения микроэлектромеханических систем. Все эти сферы объединяет одно – необходимость анализа сигналов MEMS-датчиков. В данной статье предлагается обобщённая методика, а также алгоритм исследования MEMS-датчиков.

Системы, создаваемые на основе MEMS-датчиков, как правило, представляют собой сложные, многокомпонентные устройства, включающие различные типы периферийных устройств, датчики всевозможных типов, модемы. При этом MEMS-датчики, располагаясь на одной и той же печатной плате вместе с остальными модулями, могут быть подвержены помехам с их стороны как напрямую, посредством использования общих шин сообщений, линий передачи данных, так и косвенным способом, выражающегося в изменении стабильности системы питания устройства. Как итог, выходной сигнал MEMS-датчика будет искажен, тем самым повлияв на функциональность системы в целом.

Приборы на основе MEMS-датчиков применяются в системах всевозможных типов. Так, например, нередко случаи эксплуатации MEMS-датчиков на летательных аппаратах вертолётного типа. В работе [1] описаны особенности применения микроэлектромеханических датчиков угловой скорости и линейного ускорения, применяемых в системах автоматического управления летательными аппаратами вертолётного типа. В частности, отмечено, что экспериментальное исследование инерциальных датчиков в реальных условиях зачастую затруднены недостаточностью знаний о реальном характере вибрации в точке их установки

[1]. Всё вышесказанное наводит на мысль, что при исследовании MEMS-датчиков необходимо учитывать характер механических воздействий, оказывающих влияние на них.

Не стоит забывать и о том, что месторасположение того или иного типа MEMS-датчика также влияет на результат его измерений. Согласно работе [2], в общем виде знание места установки MEMS-датчика и сигнальных компонентов отдельных составляющих движения способствует автоматизации процесса идентификации деятельности объекта в зависимости от класса применимости.

MEMS-датчики не ограничиваются только своим применением в устройствах, которые эксплуатируются на Земле. Устройства на основе MEMS-датчиков также имеют широкое применение в космосе. В работе [3] исследуется влияние радиации на приборы, которые используются в космических программах. В частности, отмечено, что MEMS-датчики могут быть изготовлены из широкого спектра материалов, каждый из которых по-разному ведёт себя под воздействием различного радиационного излучения, например, при использовании в системах инерциальной навигации. Также указан другой тип проблемы, который необходимо учитывать при её решении, а именно: влияние радиации на взаимодействие MEMS-датчика с управляющими этим датчиком другими компонентами электроники.

Для решения описанных проблем, связанных с исследованием функционирования MEMS-датчиков под воздействием различных факторов, предлагаются следующие классификации методов исследования датчиков:

- предмет исследования сигнала;
- тип воздействия факторов на объект;
- локализация датчика;
- тип фильтрации сигнала;
- тип движения объекта.

На рисунке 1 представлена схема классификаций методов исследования MEMS-датчиков.



Рисунок 1. Схема классификаций методов исследования MEMS-датчиков

Рассмотрим алгоритм исследования MEMS-датчика на примере MEMS-акселерометра типа KX003-1077, применяемого в приборе инерциальной навигации.

Микросхема трехосного акселерометра типа KX003-1077 обладает следующими основными механическими и электрическими характеристиками [4]:

возможность выбора одного из нескольких диапазонов измеряемых ускорений ($\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, $\pm 16g$) при одновременном выборе разрешающей способности счетчика значений (8 бит, 12 бит, 14 бит) по внешней команде логического уровня;

высокое значение масштабного коэффициента при разрешающей способности счетчика значений 14 бит (1024 ед./g);

наличие СПЯЩЕГО РЕЖИМА (STANDBY MODE), который задаётся внешней командой логического уровня, с потребляемым током в этом режим при РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ (RESOLUTION) счётчика значений равной 8 битам, с потребляемым в этом режиме не более 10 мкА;

максимальная частота дискретизации равна 1600 Гц.

Выходные значения измерений MEMS-датчика во многом зависят от локализации самого датчика в пределах исследуемого объекта. Если предполагается его применение в различных местах предмета исследования, необходимо производить снятие показаний датчика в каждом месте его установки.

При наличии дополнительной периферии на одной печатной плате, где установлен MEMS-датчик, необходимо перевести остальную периферию в СПЯЩИЙ РЕЖИМ для нивелирования её влияния на работу датчика.

Для исследования амплитудно-частотных характеристик, в частности при применении Быстрого преобразования Фурье, необходимо задать ту частоту дискретизации, которая установлена в MEMS-датчике.

В формуле расчёта статической передаточной функции [5] MEMS-датчика, а именно статического передаточного коэффициента, необходимо применять то значение масштабного коэффициента, которое установлено в MEMS-датчике.

При обнаружении нежелательных составляющих выходного сигнала MEMS-датчика, например, при изменении типа движения исследуемого объекта, возможно применение того или иного типа фильтрации значений выходного сигнала датчика.

На основании вышесказанного предлагается алгоритм исследования MEMS-датчиков.

Определить основные механические и электрические характеристики MEMS-датчика.

Определить местоположение MEMS-датчика в пределах исследуемого объекта.

Исключить влияние другой периферии прибора на работу MEMS-датчика.

Исследовать математическую модель сигнала MEMS-датчика.

Применить методы фильтрации сигналов.

В результате выполнен анализ характеристик, принимаемые во внимание при исследовании MEMS-датчиков. Представлена классификация методов исследования MEMS-датчиков. Приведен алгоритм исследования MEMS-датчиков на примере MEMS-акселерометра типа KX003-1077. Предложена методика, а также алгоритм исследования MEMS-датчиков.

Литература

1. Серанова, А.А. Метод исследования инерциальных датчиков МЭМС-типа, предназначенных для эксплуатации на летательных аппаратах вертолётного типа при воздействии на них синусоидальной вибрации / А.А. Серанова, Р. В. Ермаков, А.А. Львов, Д.М. Калихман, Д.В. Кондратов // Электронный научный журнал «Математическое моделирование, компьютерный и научный эксперимент в естественных науках». – 2018. – №3.

2. Вашилов, А.Д. Учёт расположения MEMS-датчика при идентификации движения по его сигналам / А.Д. Вашилов, О.Ч. Ролич // Интеллектуальные, сенсорные и мехатронные системы-2022 [Электронный ресурс] : сборник научных трудов (по материалам студенческих научно-технических конференций). – Минск: БНТУ, 2020. – С. 74-76.
3. Herbert, R. Effects of Radiation on MEMS / R. Herbert // Microsystems for Space Technologies Laboratory. – 2011. – Vol. 7928. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/49461173_Effects_of_radiation_on_MEMS.
4. Kionix // Accelerometer Specifications [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kionixfs.kionix.com/en/datasheet/KX003-1077-Specifications-Rev-2.0.pdf>.
5. Павлов, Д. В. Разработка математической модели MEMS-акселерометра / Д. В. Павлов, К. Г. Лукин, М. Н. Петров // Вестник Новгородского государственного университета: Науч.-теорет. и прик. журн. широкого профиля. 2015, №8 (91) : Серия «Технические науки». – Великий Новгород : НовГУ, 2015. С. 22-25.