

3.Беленький А.Д. Управление избыточной системой электродвигателей-маховиков / А.Д. Беленький, В.Н. Васильев, М.Е.Семенов // Труды ВНИИЭМ. – М., 2005. – Т. 102. – С. 107 – 115.

4.Электродвигатель-маховик постоянного тока / В.Я. Журавлев, В.Н. Кузьмин, Е.М. Михайлов [и др.] // Труды ВНИИЭМ – М., 1985. – Т. 78. – С. 67 – 74

МИКРОМЕХАНИЧЕСКИЙ СЕНСОР СЛУХОВОГО ИМПЛАНТА

Зорина Е.В.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Нестеренко Т.Г., к.т.н., доцент кафедры
точного приборостроения*

Слух – одно из пяти чувств человека – способность воспринимать звуки окружающего мира. Благодаря слуху, человек различает звуки, распознает их характер, локализацию, овладевает речью. Поэтому слуховой орган человека – самый совершенный и чуткий из всех его органов чувств: в нем наблюдается наибольшая концентрация нервных клеток и окончаний.

Функция слухового органа, по тем или иным причинам, может быть нарушена. И тогда необходимо компенсировать это нарушение.

Для многих людей с потерей слуха единственным выходом оказывается кохлеарный имплантат, медицинское устройство, разработанное для того, чтобы помочь людям с тяжелой и полной потерей слуха, для которых слуховые аппараты не эффективны [1].

Для замены кохлеарного имплантата предлагается слуховой имплантата МЭМС, в котором предлагается использовать вместо искусственного микрофона – микрофон естественный, внутреннее ухо с его системой слуховых косточек.

МЭМС – микроэлектромеханические системы – это интегрированные системы с размерами от нескольких микрометров до миллиметров, которые объединяют в себе механические и электрические электронные компоненты. MEMS состоит из механических микроструктур, микродатчиков, микроактюаторов и микроэлектроники, объединенных на одном кремниевом чипе [2].

Принцип работы слухового имплантата МЭМС заключается в том, что слуховые волны проходят через слуховой канал до мембраны, вызывая её вибрацию. Эти вибрации передаются на косточки среднего уха (молоточек, наковальня и стремечко), приводя их в движение. На косточке расположен акселерометр, который регистрирует эти

колебания и передает электрические импульсы на электроды в улитку. Слуховой нерв воспринимает их и посылает в слуховой центр мозга. Мозг распознает переданные сигналы как звук.

Слуховой имплантат МЭМС поможет людям с нейросенсорной тугоухостью, вызванной неправильным функционированием волосковых клеток, когда они либо изначально дефектны, либо повреждены в течении жизни человека [3].

Принцип действия

Объектам исследования является микроэлектромеханический акселерометр.

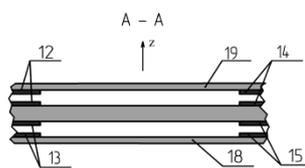
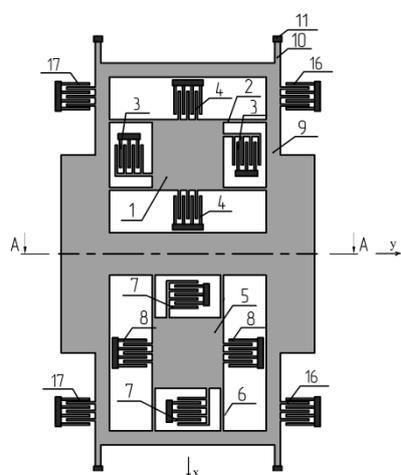


Рисунок 1. Функциональная схема сенсора акселерометра

Основным элементом микроакселерометра является емкостный микромеханический твердотельный кремниевый сенсор. Сенсор акселерометра (рисунок 1) содержит наружную раму 9, установленную на подложке 19 и 18 при

помощи упругого подвеса 10 и анкеров 11. Упругий подвес обеспечивает свободу перемещения рамы вместе с инерционными телами 1 и 5 вдоль оси Z. Инерционное тело 1 имеет возможность перемещаться на упругом подвесе 2 вдоль оси X. Инерционное тело 5 перемещается вдоль оси Y.

Гребенчатые электроды 3 входят в состав преобразователя механического перемещения инерционного тела 1 вдоль оси X. Это перемещение возникает при наличии ускорения вдоль оси X. Гребенчатые структуры 4 выполняют роль исполнительных элементов, формирующих корректирующие воздействия и обратную связь по оси X. Гребенчатые электроды 7 входят в состав преобразователя механического перемещения инерционного тела 6 вдоль оси Y. Это перемещение возникает при наличии ускорения вдоль оси Y. Гребенчатые структуры 8 выполняют роль исполнительных элементов, формирующих корректирующие воздействия и обратную связь по оси Y.

Электроды 12, 13, 14, 15 входят в состав преобразователя механического перемещения рамы 9 вдоль оси Z. Это перемещение возникает при наличии ускорения вдоль оси Z. Гребенчатые структуры 16, 17 выполняют роль исполнительных элементов, формирующих корректирующие воздействия и обратную связь по оси Z.

Дифференциальное изменение ёмкостей датчика измеряется специализированной микросхемой.

Структура чувствительного элемента изготавливается из монокристаллического кремния, имеющего очень низкое остаточное напряжение, тем самым снижается возможность изгиба сенсора.

Математическая модель

Для составления уравнений движений сенсора акселерометра воспользуемся эквивалентной схемой сенсора (рисунок 2).

При выводе уравнений полагаем, что жёсткости G_z , G_x , G_y упругих подвесов сенсора по осям чувствительности намного меньше жесткостей тех же подвесов в перекрёстных направлениях. Это требование является основополагающим при проектировании сенсора.

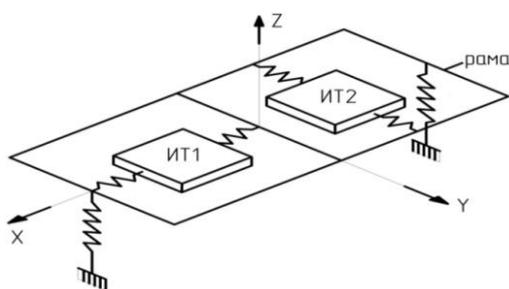


Рисунок 2. Эквивалентная схема сенсора

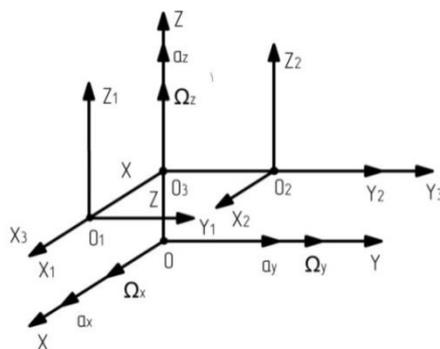


Рисунок 3—Системы координат, связанные с сенсором

Система координат OXYZ (рисунок 3) связана с корпусом, который перемещается поступательно с ускорением, имеющим проекции на оси XYZ: a_x, a_y, a_z и вращается с угловыми скоростями $\Omega_x, \Omega_y, \Omega_z$.

Система координат $O_1X_1Y_1Z_1$ связана с инерционным телом ИТ1, $O_2X_2Y_2Z_2$ - с инерционным телом ИТ2, $O_3X_3Y_3Z_3$ - с общей рамой.

Уравнения движения сенсора акселерометра, полученные при помощи уравнений Лагранжа второго рода, имеют вид

$$(m_1 + m_2 + m_3)\ddot{z} + z[G_z - (m_1 + m_2 + m_3)(\Omega_y^2 + \Omega_x^2)] + \mu_z\dot{z} =$$

$$(m_1 + m_2 + m_3)a_z - 2m_2\Omega_x\dot{y} + 2m_1\Omega_y\dot{x} - m_2y \cdot \Omega_z\Omega_y - m_1x\Omega_x\Omega_z, (1)$$

$$m_1\ddot{x} + \mu_x\dot{x} + x[G_x - m_1(\Omega_z^2 + \Omega_y^2)] = m_1a_x - 2m_1\Omega_y\dot{z} + m_1z\Omega_x\Omega_z, (2)$$

$$m_2\ddot{y} + \mu_y\dot{y} + y[G_y - m_2(\Omega_x^2 + \Omega_z^2)] = m_2a_y + 2m_2\Omega_x\dot{z} - m_2z\Omega_y\Omega_z. (3)$$

Создание 3D модели сенсора акселерометра

При построении трехмерной модели микромеханического сенсора учитывалось, что он является частью слухового аппарата и вживляется в среднее ухо человека на слуховые косточки. Вследствие этого сенсор должен удовлетворять следующим требованиям:

- размеры сенсора не более 2x2 мм;
- малый вес.

Построение трехмерной модели и анализ сенсора проводился при помощи программного продукта T-FLEX CAD 3D и T-FLEX Анализ.

Частотный анализ

Частотный анализ позволяет осуществлять расчёт собственных (резонансных) частот конструкции и соответствующих им форм колебаний. Осуществляя проверку наличия резонансных частот в рабочем частотном диапазоне изделия и оптимизируя конструкцию таким образом, чтобы исключить возникновение резонансов, разработчик может повысить надёжность и работоспособность изделия [4].

Наложим сетку, выберем тип нагружения – полное закрепление, проведем расчет (рисунок 4).

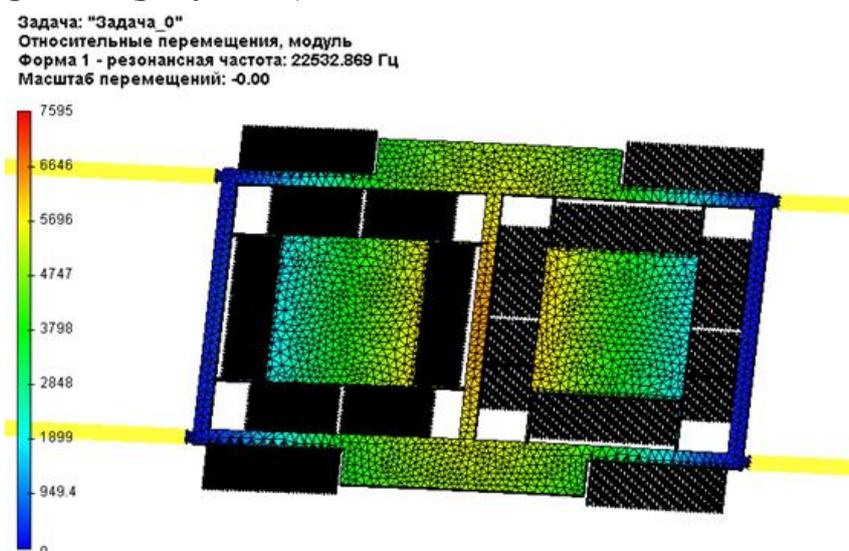


Рисунок 4. Частотный анализ

Прибор предназначен для людей, страдающих нейросенсорной тугоухостью со средней потерей слуха (I-III степень), у которых порог слышимости до 70 дБ, диапазон частот 4 кГц. Изменяя конструкцию акселерометра, добились того, чтобы его собственная частота превысила заданный диапазон частот в 5-10 раз. Исходя из этого условия, получили собственную частоту акселерометра, равную 22532 Гц, что видно из рисунка 4.

Список информационных источников

1. Слуховые импланты MED-EL. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.medel.com/ru/>, свободный.

2. В. Я. Распопов – Микромеханические приборы, 2007. -400с. С 12.

3. Нейросенсорная тугоухость// Википедия. Дата обновления: 22.01.2015. [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Нейросенсорная_тугоухость, свободный.

4. Костюченко Т.Г. Т – Flex Анализ. Расчет собственных частот и форм колебаний конструкций. Методические указания по выполнению лабораторного практикума. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. - 21 с.

УСТРОЙСТВО ЗАРЯДКИ АККУМУЛЯТОРОВ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Зубенко А.А.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Гормаков А.Н., к.т.н., доцент кафедры
точного приборостроения*

Система энергопитания предназначена для выработки, хранения, регулирования и распределения электроэнергии во всех фазах работы спутника на орбите. Она состоит из солнечной и аккумуляторной батареи. Солнечные батареи должны питать нагрузку и заряжать аккумуляторные батареи на свету. Аккумуляторные батареи должны обеспечивать электроэнергией нагрузку в тени Земли. Энергия, получаемая от солнечных батарей, должна быть достаточной для обеспечения всех элементов спутника электроэнергией и зарядки аккумуляторных батарей, когда спутник не находится в тени Земли.

Идеальная батарея для нашего микроспутника должна обладать следующими характеристиками, но следует сказать, что батарею, которая удовлетворяет всем требованиям, не возможно найти:

1. Структура, устойчивая к механическим перегрузкам и вакууму.