

«Сейфуллин оқулары – 18: « Жастар және ғылым – болашаққа көзқарас» халықаралық ғылыми -практикалық конференция материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 18: « Молодежь и наука – взгляд в будущее» - 2022.- Т.1, Ч.VI. – С.34-37

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И СТРУКТУР ДЛЯ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА СТЕКОВОГО ТИПА

*Самарканов Д.Ж., магистрант 2 курса,
Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Нур-
Султан*

В данной статье представлены разработанные оптимальные элементы и структуры для пьезоэлектрического генератора стекового типа. Пьезоэлектрические материалы, пьезоэлементы и пьезоэлектрические преобразователи находят самое широкое применение в различных сферах. В последние годы наибольшее развитие получили генераторы на основе пьезоэлементов.

Ключевые слова: ANSYS, пьезоэлектрик, пьезоэлектрический генератор, амплитудно-частотная характеристика, фазовая характеристика

В настоящее время успешно используются свыше десятка различных составов пьезокерамики, которая применяется для разработки генераторов. При этом, как правило используют обратный эффект пьезоматериалов, т.е. под воздействием на пьезоэлектрик электрического поля соответствующего направления в кристалле возникают механические напряжения и деформации. Путем изменения направления электрического поля можно изменять направления напряжений и деформаций. Однако, пьезокерамика имеет свои недостатки, связанные в основном с высокой механической жёсткостью, затрудняющей согласование с рабочей средой, большой ёмкостью, затрудняющей согласование излучателя с источником энергии, и большой плотностью.

Для устранения ряда недостатков, присущих пьезокерамическим материалам, в последние 10 лет были разработаны полимерные и композитные пьезоматериалы, свойства которых могут меняться в чрезвычайно широких пределах, влияя непосредственно на основные характеристики пьезоэлементов такие, как резонансные частоты и коэффициенты электромеханической связи, а, следовательно, на рабочие характеристики пьезопреобразователей [1].

Большое количество параметров композитного пьезоматериала, число которых $N > 16$, и отсутствие простых аналитических связей между ними и основными характеристиками пьезоэлемента с произвольным соотношением размеров затрудняют общий анализ пьезопреобразователей на основе композитной пьезокерамики аналитическими методами. Методы компьютерного анализа в сочетании с точными аналитическими либо численными оценками оказываются более гибкими и универсальными при

исследовании влияния всех параметров пьезоматериала на основные характеристики пьезопреобразователей.[2]

Был проведен анализ данной конечно-элементной модели который состоит из 3 этапов:

1. Геометрическое моделирование.
2. Моделирование материалов.
3. Физико–математическое моделирование.

Результаты эксперимента

В качестве исследуемого материала использовались параметры пьезокерамики состава ЦТС–19. Для моделирования элементной сетки были выбраны конечные элементы типа PLANE223 размером 1мм. Применялась квадратная сетка.

В программе ANSYS была построена конечно-элементная модель (рисунок 1):

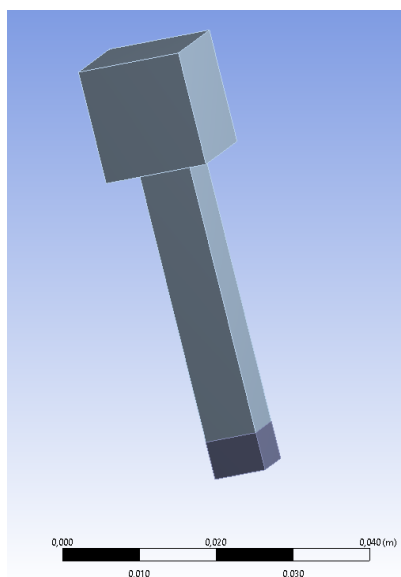


Рис.1 Конечно-элементная модель пьезокерамики ЦТС–19

Третий этап представляет собой назначение граничных условий и физических процессов, а также установку параметров анализа. В итоге было проведено два типа анализа – модальный и гармонический.[3]

Суть модального анализа – нахождение частот резонанса конструкции для разных мод. Также для упрощения процедуры исследования на выходе данного анализа будут доступны некоторые данные, позволяющие уточнить и сузить широту более трудоемкого и ресурсоемкого вида анализа – гармонического. Так, после проведения анализа были получены следующие данные:

Таблица 1. Результаты модального анализа пьезокерамики состава ЦТС–19

Мода	Частота резонанса f_r , кГц
1	0,983
2	0,989
3	4,3
4	8,159
5	8,197
6	14,141
7	22,526
8	22,605
9	33,340

Были детально рассмотрены колебания всех мод, представленные на рисунке 2.

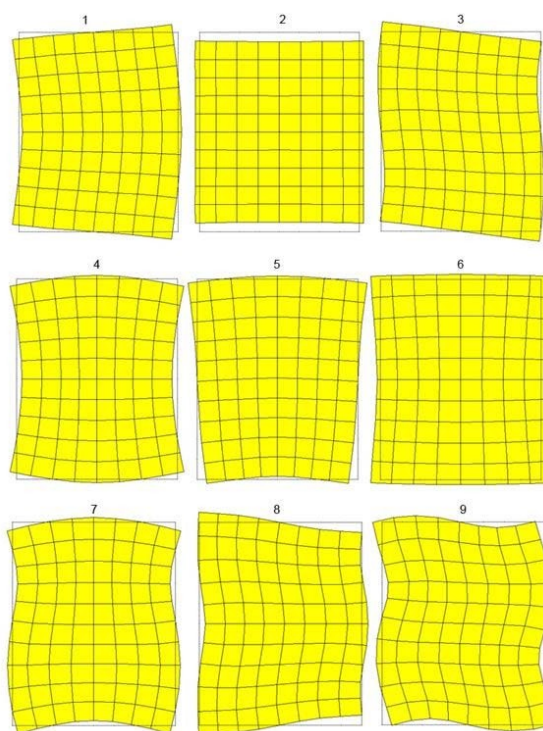


Рис. 2 Смещения элементов модели на частоте резонанса для мод 1-9 пьезокерамики состава ЦТС–19

Гармонический анализ представляется очень удобным средством получения амплитудно–частотной характеристики (АЧХ) и фазо–частотной характеристики (ФЧХ) модели. Самый простой и распространенный случай использования прямоугольных преобразователей – использование колебаний растяжения–сжатия. Из данных предыдущего анализа видно, что самая

простая и в тоже время эффективная мода растяжения–сжатия – это вторая мода. На электроды, подключенные к пьезоматериалу было подключено гармоническое напряжение в 700 В.[4]

В программном пакете ANSYS были получены АЧХ и ФЧХ пьезоматериала (рисунок 3, 4):

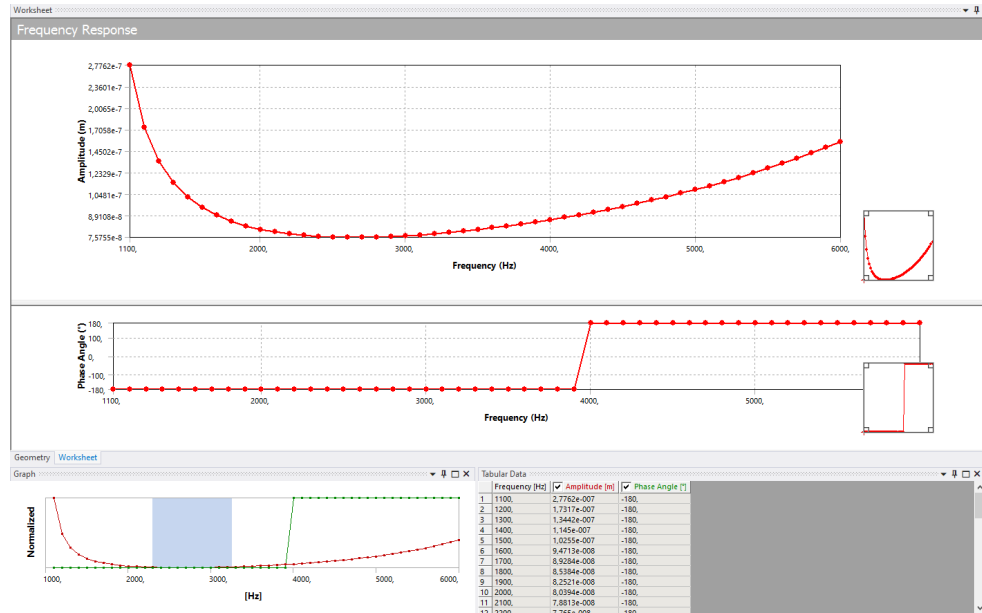


Рис. 3 Амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристика пьезокерамики ЦТС–19

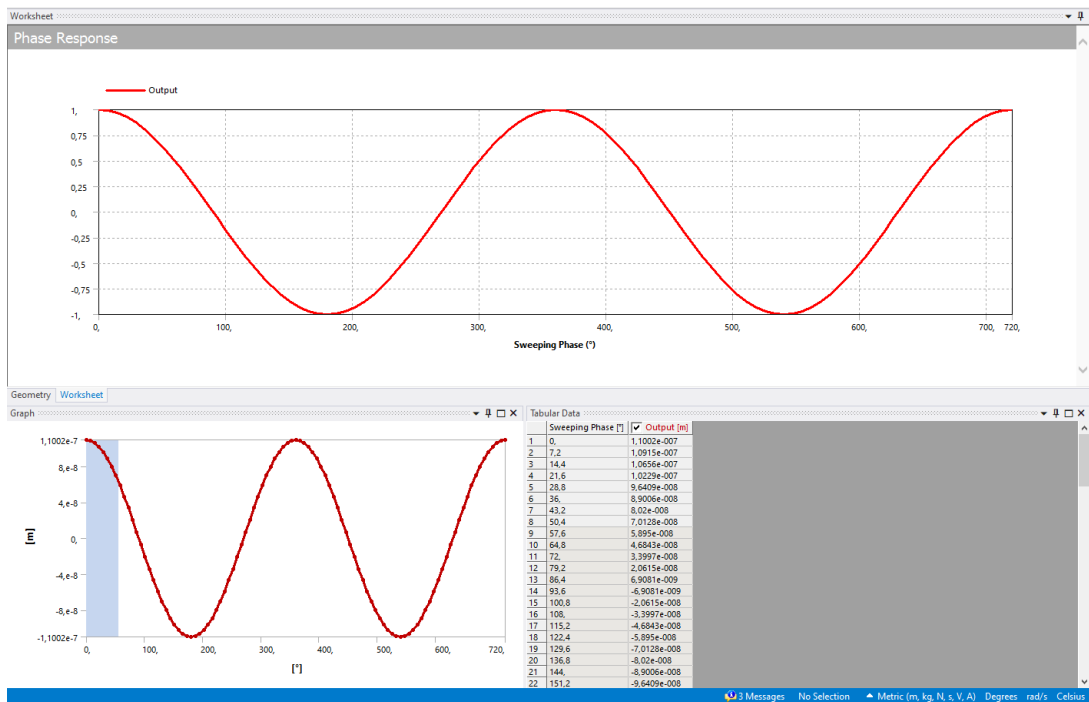


Рис. 4 Фазовая характеристика пьезокерамики ЦТС–19

На рис. 3 показана реакция выходного сигнала деформации смещения на приложенное к образцу входное напряжение в широком диапазоне частот. Поведение кривых зависимостей амплитуд и фаз от частоты связана в основном с высокой механической жёсткостью пьезокерамики состава ЦТС–19. Из графиков 3 и 4 следует, что чувствительность материала к частоте и, согласно результатам, ЦТС-19 проявилась на более низкой частоте и с большей эффективностью демпфирования на 2 моде. Реакция на смещение также была выше, чем в других модах, что можно было практически предсказать.[5]

Получена конечно-элементная модель в программной среде ANSYS показала удовлетворительные данные по относительной диэлектрической проницаемости.

Список используемой литературы

1. A. Erturk, D. J. Inman. Piezoelectric energy harvesting.Режимдоступа: <https://www.wiley.com/en-us/Piezoelectric+Energy+Harvesting-p-9780470682548>.Датаобращения: 04.04.2022
2. Anton S. R. Multifunctional Piezoelectric Energy Harvesting Concepts. Режим доступа: https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/27388/Anton_SR_D_2011.pdf?sequence=1 .Дата обращения: 04.04.2022
3. Головнин, В. А.Сравнительные характеристики пьезокерамических механоэлектрических преобразователей для генерации электричества / В. А. Головнин [и др.] // Вестник Твер. гос. ун-та. Серия «Физика». — 2010. — № 11. — С. 33–46.
4. N. E. DuToit. Design considerations for MEMS-scale piezoelectric mechanical vibration energy harvesters. Режим доступа: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.907.472&rep=rep1&type=pdf>. Датаобращения: 04.04.2022
5. N. E. DuToit. Experimental verification of models for microfabricated piezoelectric vibration energy harvesters.Режимдоступа: <https://arc.aiaa.org/doi/10.2514/1.25047>. Дата обращения: 04.04.2022