

# Исследование предельных возможностей колебательных систем

Хмелев В.Н., Генне Д.В., Барсуков Р.В.

**Реферат**— Статья посвящена проблеме исследования характеристик пьезоэлектрических ультразвуковых колебательных систем. Представлено разработанное устройство, стенд предназначенный для исследования колебательных систем.

Ультразвуковые технологии получают всё большее распространение, как в промышленности, так и в быту.

Применение ультразвука в промышленности позволяет ускорять многие, медленно протекающие в обычных условиях, процессы, такие как пропитка, экстракция, увеличить скорость протекание некоторых химических реакций. Применение ультразвуковых колебаний позволяет осуществлять процессы, невыполнимые (или сложно выполнимые) в обычных условиях, это фасонная обработка хрупких материалов, таких как стекло, камень, осуществлять сварку термопластичных материалов без их нагрева, получать устойчивые эмульсии и суспензии [1]. В бытовых условиях

применяются ультразвуковые устройства для очистки и мойки.

Ультразвук нашёл своё применение и в медицине, с его помощью не только диагностируют заболевания внутренних органов, но и проводятся бескровные операции по удалению злокачественных новообразований.

Всё это разнообразие применений ультразвуковых технологий приводит к необходимости разрабатывать УЗ колебательные системы применительно к каждому из технологических процессов. В последние годы появляются возможности моделирования колебательных систем (их механических свойств), однако теоретический расчет электрических параметров, а также нахождение их связи с механическими остаётся достаточно сложной задачей.

Эффективное воздействие ультразвуковых колебаний на обрабатываемую среду зависит не только от свойств самой среды, но и от используемых рабочих инструментов, а также от параметров ультразвуковых колебаний, таких как амплитуда, частота. Например, эффективность

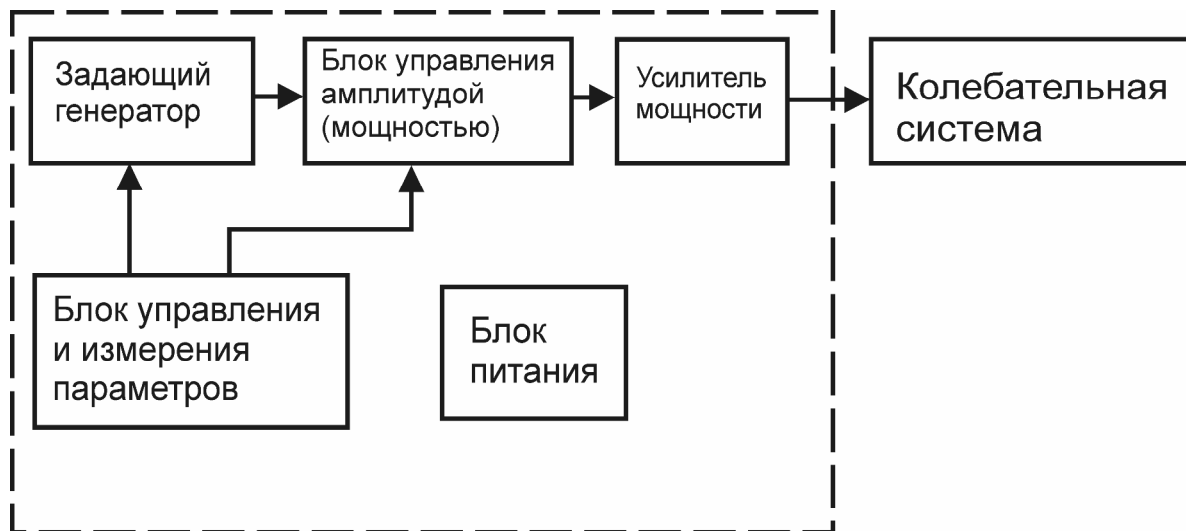


Рисунок 1 – Обобщённая структурная схема генератора

процесса пропитки пористых изделий многократно повышается под действием ультразвука, если амплитуда колебаний в пропиточной жидкости составляет 1,5-2,5 мкм.

В связи с этим, на этапе разработки новых колебательных систем, и рабочих инструментов различных форм, желательно иметь возможность натурной оценки (исследования) их механических и мощностных характеристик, функциональных возможностей (предельных параметров). Для упрощения разработки и настройки генераторов ультразвуковых технологических аппаратов необходимо знать электрические характеристики колебательных систем, а также связь механических и электрических характеристик колебательных систем.

Для исследования (оценки) характеристик колебательных систем, перечисленных выше, необходимо специальное оборудование (стенд), имеющий следующие характеристики:

Диапазон перестройки по частоте 18 - 44 КГц;

Синусоидальная форма выходного напряжения;

Мощность отдаваемая в нагрузку 100 - 200 Вт.

Структурная схема стенда.

Основным блоком стенда является генератор, предназначенный для питания ультразвуковых пьезоэлектрических колебательных систем. К генератору предъявляются особые требования, такие как широкий диапазон перестройки по частоте, стабильность частоты во времени, возможность плавной перестройки частоты, малые искажения формы выходного напряжения, стабильность амплитуды выходного напряжения, а также возможность введения автоматической подстройки частоты. Учитывая достоинства и недостатки генераторов для питания пьезоэлектрических преобразователей УЗ колебательных систем [1,2,3], можно сделать вывод что для реализации поставленных задач генератор должен быть построен по схеме с выходным каскадом, работающим в активном режиме. Обобщённая структурная схема такого генератора представлена на рисунке 1.

Задающий генератор представляет собой управляемый генератор синусоидального напряжения. Он должен обеспечивать

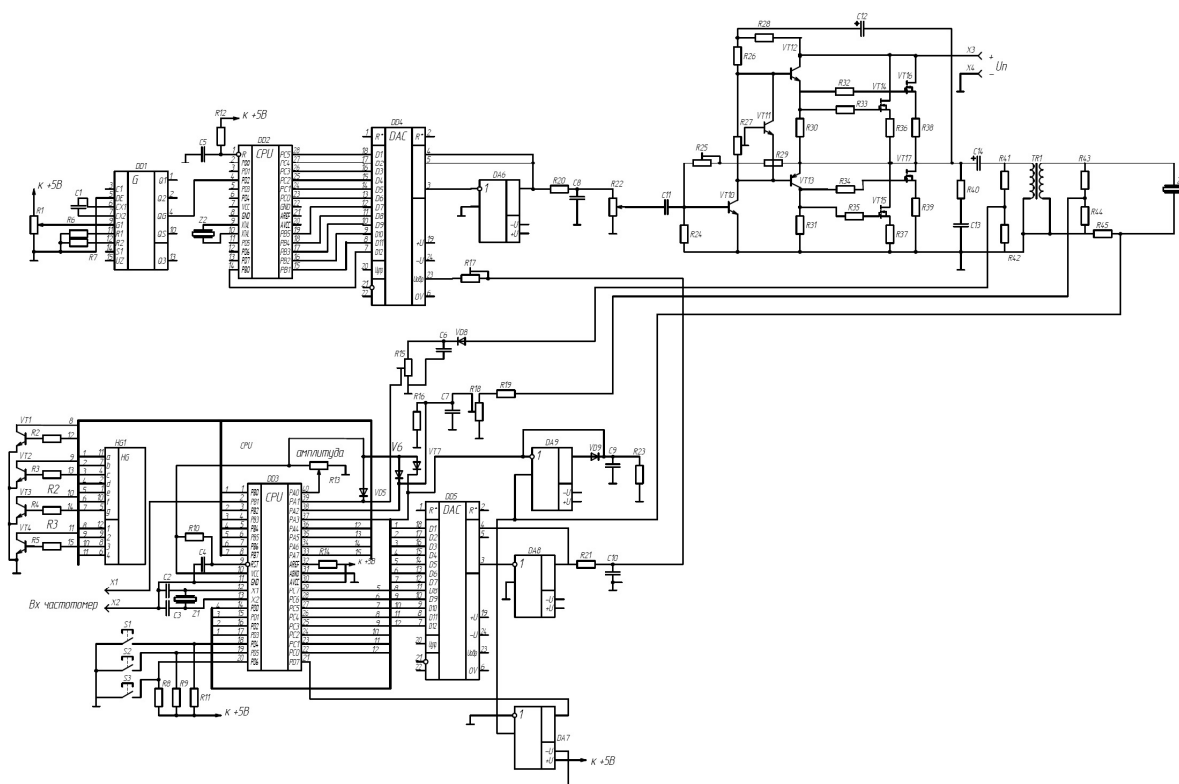


Рисунок 2 – принципиальная схема испытательного стенда

необходимую для усилителя мощности амплитуду сигнала на своём выходе, и иметь достаточный диапазон перестройки по частоте.

Блок управления мощностью в таких генераторах осуществляет управление амплитудой синусоидального напряжения на своем выходе. Этот узел должен обеспечивать поддержание амплитуды выходного сигнала на заданном уровне в заданном частотном диапазоне, что позволит скомпенсировать (частично) неравномерность АЧХ усилителя мощности и самого задающего генератора.

Усилитель мощности определяет, в конечном итоге, энергетические характеристики всего генератора.

Блок управления и измерений предназначен для управления всеми узлами генератора, а также реализации функции защиты (отключение при перегрузке). Кроме того, этот узел осуществляет измерение основных параметров

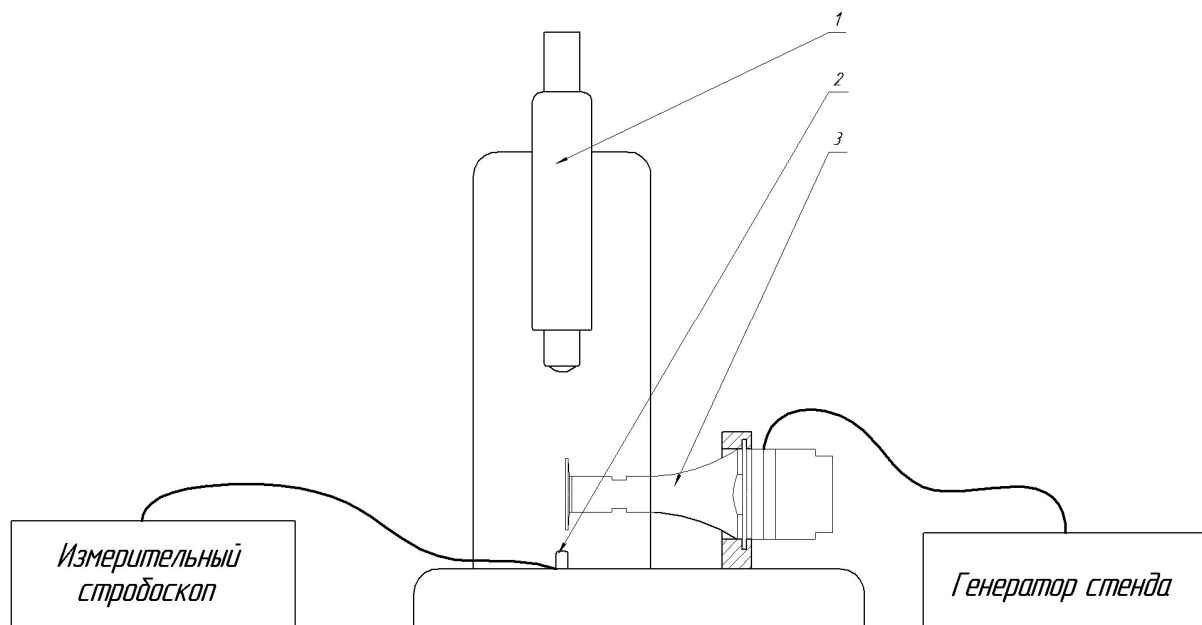
нагрузке и блок управления работой стенда.

Технические характеристики разработанного ультразвукового генератора:

- диапазон перестройки по частоте, кГц от 15 до 50;
- максимальная выходная мощность, Вт 200;
- максимальное выходное напряжение, В 480;
- максимальный ток в нагрузке, А 0,9.

Технические характеристики блока измерений:

- диапазон измерения рабочей частоты



1 – микроскоп, 2 – стробоскопический источник света, 3 – колебательная система  
Рисунок 3 – Схема измерительной установки

УЗКС и электронных генераторов, таких как рабочая частота и мощность, отдаваемая в нагрузку, рабочая частота генератора.

На рисунке 2 представлена принципиальная электрическая схема стенда, предназначенного для проведения испытаний ультразвуковых колебательных систем.

В состав разработанного стенда входят, управляемый ультразвуковой генератор, блок измерений, блок управления мощностью в

ультраузвукового генератора, кГц от 10 до 60;

- диапазон измерения напряжение питания колебательной системы, В от 0 до 500;

- диапазон измерения тока, протекающего в цепи питания ультразвуковой колебательной системы, А от 0 до 1.

Разработанный стенд предназначен для исследования параметров ультразвуковых колебательных систем при их работе в различных технологических средах,

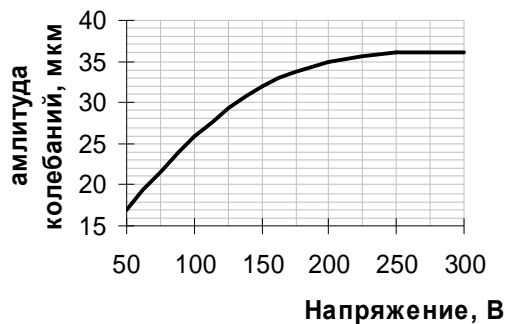


Рисунок 4 – Зависимость амплитуды механических колебаний от напряжения питания УЗ колебательной системы

функциональных возможностей разработанный колебательных систем, а также определения электрических параметров (напряжения питания, при котором реализуется оптимальный режим работы). Полученные, при помощи разработанного стенда, данные составляют определенную ценность на этапе разработки и настройки ультразвукового технологического оборудования.

Важным параметром, характеризующим акустическое воздействие, является амплитуда механических колебаний излучающей поверхности ультразвуковой колебательной системы. Многие процессы, такие как УЗ распыление, сверление и др. протекают при строго определённых значениях амплитуды механических колебаний рабочего окончания ультразвуковой колебательной системы. Так, например, для ультразвукового сверления необходима амплитуда колебаний соответствующая размеру частиц, используемого в технологии сверления, абразива.

Таким образом, на этапе проектирования ультразвукового оборудования, а также на этапе отладки технологии необходимо знать абсолютные значения амплитуды механических

колебаний рабочих окончаний и их зависимости от подаваемого на колебательную систему напряжения питания.

Для получения таких данных возможно использование разработанного стенда совместно с соответствующим дополнительным оборудованием (например, с оптическим измерителем амплитуды механических колебаний [4]). Схема измерительной установки для проведения совместных измерений с использованием оптической установки для измерения амплитуды механических колебаний, представлена на рисунке 3

График зависимости амплитуды механических колебаний от напряжения питания колебательной системы представлен на рисунке 4.

Из графика приведённого на рисунке 4 видно, что с повышением амплитуды питающего напряжения на преобразователе колебательной системы амплитуда механических колебаний не растёт пропорционально ей, а стремится к определенному значению, которое определяется характеристиками исследуемой колебательной системы (геометрические факторы, свойства материала колебательной системы и т.п.).

Полученные в результате испытания данные можно использовать для определения выходных характеристик генератора необходимых для достижения оптимальных режимов работы представленной ультразвуковой колебательной системы.

#### ССЫЛКИ

- [1] Хмелёв В.Н., Попова О.В. Многофункциональные ультразвуковые аппараты
- [2] Д. А. Гершгал, В. М. Фирдман. Ультрозвуковая технологическая аппаратура
- [3] 3 Ультразвуковые электротехнологические установки /А. В. Донской, О. К. Келлер, Г. С. Кратыш.— 2-е изд., пе-реаб. и доп.— Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1982.— 208 с.
- [4] 4 Хмелев В.Н., Абраменко Д.С., Савин И.И. "Способ измерения амплитуды колебаний излучающей поверхности ультразвуковой колебательной системы". Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях: Межвузовский сборник /Под редакцией Г.В. Леонова, АлтГТУ, БТИ, 2004.