

Разработка Малогабаритного Ультразвукового Аппарата для Индивидуального Использования

Роман В. Барсуков, к.т.н., Денис С. Абраменко, Максим В. Хмелёв
Бийский технологический институт (филиал) ГОУ ВПО АлтГТУ им И.И. Ползунова

Аннотация – Статья посвящена разработке недорогого малогабаритного ультразвукового генератора ориентированного на использование индивидуальным потребителем.

Ключевые слова – Ультразвук, генератор, ультразвуковые технологии.

I. ВВЕДЕНИЕ

Ультразвуковые технологии стабильно находят применение в различных областях деятельности человека. Существует целый спектр ультразвуковых технологических аппаратов, способных удовлетворить потребности различных производств. Наблюдается тенденция по наращиванию мощности ультразвукового оборудования для удовлетворения потребностей больших производств. Некоторые образцы ультразвуковой техники способны обеспечить мощность ультразвукового воздействия до 15 и более кВт.

Вместе с тем ультразвуковые аппараты могли бы найти применение и для домашнего использования, например для получения травяных лекарственных экстрактов, предпосевной обработке семян, ускорения процессов мариновки некоторых пищевых продуктов, для сверления хрупких материалов и др. [1].

Однако, использование ультразвуковой техники в домашних условиях сдерживается высокой стоимостью предлагаемого промышленного оборудования с одной стороны, а с другой стороны отсутствием многофункциональных аппаратов для индивидуального потребителя. В связи с этим создание недорогого малогабаритного ультразвукового аппарата является актуальной задачей.

II. СТРУКТУРА И ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

Современные ультразвуковые генераторы являются сложными электронными устройствами, работа которых осуществляется под управлением микропроцессорных систем.

В процессе работы электронного генератора происходит непрерывный контроль около десятка параметров, как самого электронного генератора, ультразвуковой колебательной системы, так и свойств обрабатываемых технологических сред. На основании полученной информации осуществляется оптимизация работы систем электронного генератора.

Очевидно, что разработка малогабаритного ультразвукового генератора связана с исключением из его электрической схемы отдельных элементов, использованием малогабаритных компонентов, разработкой принципиально новых схемных решений, использованием новых интегральных компонентов, упрощением или исключением некоторых систем и режимов работы генератора, что может привести к незначительному ухудшению его функциональных возможностей.

Для проведения минимизации электрической схемы генератора проведем анализ его структурной схемы, которая представлена на Рис. 1 [2].

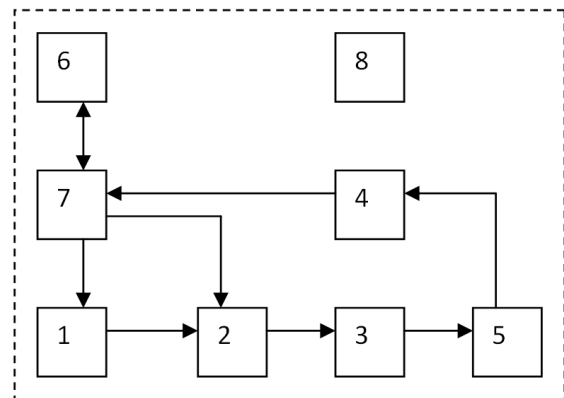


Рис. 1. Структура современного ультразвукового генератора

В состав типового современного ультразвукового электронного генератора входят: 1 - задающий перестраиваемый низковольтный генератор; 2 - усилитель мощности (мостовой или полумостовой транзисторный инвертор), работающий в ключевом режиме; 3 - согласующий узел в виде ВЧ трансформатора и LC резонанс-

ного контура; 4 - линии обратной связи, предназначенные для получения информации о режиме работы ультразвуковой колебательной системы; 5 - ультразвуковая колебательная система; 6 – устройство визуализации и управления работой электронного генератора; 7 – микропроцессорное устройство, под управлением которого происходит работа всего электронного генератора; 8 – блок питания.

Все упрощения, совершенствования и конструктивные изменения электрической схемы и конструкции разрабатываемого генератора были выполнены в соответствии со следующими условиями:

- максимальная мощность ультразвукового аппарата не должна превышать 150 Вт;
- количество органов управления и индикаторов должно быть сведено к минимуму;
- габаритный размер разрабатываемого генератора не должен выходить за пределы 150x80x55 мм.

На основании проведенного анализа было определено, что габаритные размеры электронного генератора в основном определяется:

- наличием источника напряжения для питания узлов и отдельных элементов электронного генератора, который формирует ряд как однополярных, так и двухполярных напряжений. Как правило, такой источник питания содержит громоздкий сетевой трансформатор и ряд интегральных стабилизаторов, монтируемых на одном или нескольких теплоотводах;
- наличием усилительных каскадов, в виде транзисторных схем или специализированных силовых модулей, размещенных на массивных теплоотводах с принудительным охлаждением;
- наличием панели управления, которая содержит органы управления (кнопки, переключатели) и элементы отображения информации (знакосинтезирующие индикаторы, сигнальные лампы и т.п.);
- наличием массивных согласующих элементов, габарит которых напрямую зависит от мощности ультразвукового аппарата.

Практически все современные ультразвуковые генераторы имеют несколько управляющих систем, при согласованной работе которых осуществляется управление ультразвуковым аппаратом в целом. В число управляющих систем входят:

- это система фазовой автоматической подстройки частоты (ФАПЧ), наличие которой обусловлено резонансным характером частотной характеристики подключаемых к электронному генератору ультразвуковых колебательных систем (УЗКС), наличием дестабилизирующих факторов (температура, изменение характера сопро-

тивления акустической нагрузки и т.п.) влияющих на резонансную частоту УЗКС;

- это система управления мощностью и стабилизации амплитуды колебаний рабочего инструмента УЗКС. Наличие подобных систем обусловлено необходимостью установки требуемой мощности при реализации различных технологических процессов, а так же изменением свойств обрабатываемых сред при воздействии на них ультразвуковой энергии;

- это система поиска и настройки частоты ультразвукового генератора на резонансную частоту присоединенной к нему УЗКС;

- это система отработки не регламентных режимов работы ультразвукового генератора, таких как электрическая перегрузка элементов генератора, «срыв» резонансного режима работы.

Поскольку все перечисленные выше системы ультразвукового генератора являются неотъемлемыми, и все они работают под управлением одного и того же управляющего микроконтроллера, и в большей части являются программной реализацией, было принято решение не исключать их из состава аппарата.

III. РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРА

На начальном этапе проектирования электронного генератора было принято использовать ультразвуковую колебательную систему, встроенную в пластиковую рукоятку и предназначенную для удерживания системы в руке, с четырьмя сменными рабочими инструментами. Два рабочих инструмента предназначены для обработки жидких сред, два других представлены в виде небольшого ножика и стамески (см. Рис 2). Предельная максимальная мощность ультразвукового аппарата была рассчитана из условия возникновения в жидких средах режима развитой кавитации, что составило 120 Вт.



Рис. 2. УЗКС и набор инструментов для работы в составе разрабатываемого генератора

Исходя из рассчитанной мощности проектируемого ультразвукового генератора, был сделан тепловой перерасчет базовой электрической схемы, в результате чего были исключены практически все радиаторные элементы, используемые для естественного и принудительного охлаждения нагреваемых элементов схемы.

Активные элементы усилительных каскадов были заменены менее мощными, существенно был уменьшен габарит узла согласования элек-

тронного генератора с ультразвуковой колебательной системой. Из состава электронного генератора была полностью исключена штатная панель управления и отображения информации. Была разработана более простая панель управления.

На Рис. 3 показана функциональная схема, реализация которой позволила исключить из блока питания ультразвукового генератора крупногабаритный сетевой трансформатор.

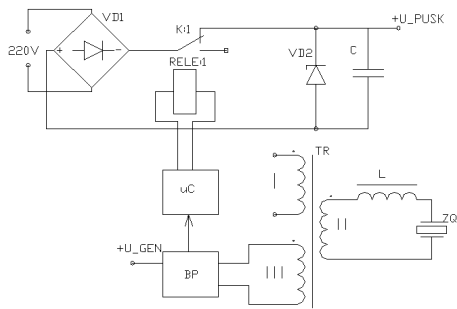


Рис.3. Схема первоначального запуска ультразвукового генератора

Из схемы видно, что в первоначальный момент времени, когда генератор подключают к электрической сети, электронная часть генератора кратковременно питается от источника напряжения U_{push} , образованного элементами VD1, K, R, VD2, C. Как только все системы электронного генератора активизировались, начинает работать задающий генератор и на обмотке 3, ВЧ трансформатора TR, возникает напряжение необходимое для работы блока питания ВР, при этом схема генератора начинает работать от нового источника питания с напряжением U_{gen} , а RELE, по команде микроконтроллера uC, размыкает контакт К и первичный (пусковой) источник напряжения отключается.

Использование дополнительной обмотки выходного ВЧ трансформатора в качестве источника напряжения для блока питания ультразвукового генератора обусловило сужение диапазона перестройки мощности, так как при понижении напряжения на первичной обмотке ВЧ трансформатора ниже определенного уровня приводило к остановке генератора по причине понижения напряжения и на обмотке, предназначенной для блока питания ВР ультразвукового генератора. Кроме того при отключении генератора (кнопкой «Пуск») генерация ВЧ напряжения на выходе генератора не прекращается, происходит просто снижение величины напряжения до минимального уровня, а частота при этом устанавливается выше или ниже резонансной частоты ультразвуковой колебательной системы.

В конечном итоге была разработана и изготовлена электрическая часть ультразвукового генератора, внешний вид которой представлен на Рис. 4.



Рис.4. Электронная «начинка» ультразвукового аппарата

Электронная плата имеет всего три разъема, необходимых для подключения к бытовой электрической сети (220 Вольт), для подключения ультразвуковой колебательной системы и для подключения элементов панели управления.

IV. РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате проделанной работы, был разработан малогабаритный многофункциональный ультразвуковой технологический аппарат, ориентированный на индивидуального потребителя, внешний вид которого представлен на Рис. 5.



Рис.5. Ультразвуковой аппарат «Мальш»

Созданный аппарат укомплектован одной колебательной системой с четырьмя сменными рабочими инструментами. Инструменты с рабочим окончанием в виде пятака и цилиндра с боковыми кольцевыми проточками предназначены для обработки небольших жидких объемов, причем интенсивность ультразвукового излучения такова, что обработка происходит в кавитационном режиме, что позволяет интенсифицировать большинство процессов протекающих в жидкой фазе (экстракция, эмульгирование, растворение, тонкая очистка, пропитка, предпосевная обработка семян).

Сменные наконечники в виде стамески и ножа позволят без усилий производить работы связанные с резкой дерева, листов резины, пластмасс, полиамидных пленок, выполнять сверление хрупких и сварку термопластичных материалов.

На передней панели генератора размещены: кнопка «ПУСК/СТОП», светодиодный индикатор, информирующий о включении ультразвука, ручка «Таймер», для установки значения таймера и ручка «Режим» для выбора типа подключенного рабочего инструмента.

Для работы с таким ультразвуковым аппаратом достаточно присоединить к колебательной системе любой инструмент из набора, установив при этом ручку «Режим» в соответствующее положение, установить таймер на нужное время и нажать кнопку «Пуск».

Разработанный ультразвуковой аппарат имеет следующие технические характеристики:

напряжения питания, В	220
рабочая частота, кГц	27
максимальная мощность, Вт	120
таймер, сек	10-60
число сменных инструментов, шт	4
тип преобразователя УЗКС	пьезо-электрический
габаритные размеры, мм	150x80x55

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог, можно сказать, что в результате проделанной работы создан доступный, недорогой, малогабаритный, многофункциональный ультразвуковой аппарат, ориентированный на индивидуального потребителя, а так же предназначенный для различных исследовательских лабораторий, учебных заведений.

Массогабаритные характеристики созданного ультразвукового генератора не являются предельными, поскольку на рынке электронных компонентов появились интегральные модули, которые по структуре повторяют большую часть типовой схемы электронного генератора, и имеют в своем составе управляемый задающий генератор, драйвер для управления силовыми транзисторами, силовые транзисторы, включенные по полумостовой схеме. Эти модули способны работать на частоте, соответствующей ультразвуковому диапазону.

В заключение следует отметить, что база разработанного генератора может быть использована при создании простых, недорогих аппаратов для комплектации лабораторного оборудования исследовательских лабораторий, использования в учебном процессе на соответствующих специальностях, а так же в составе других ультразвуковых установок, мощность которых не превы-

шает 100 Вт, где предъявляются особые требования к габаритам ультразвукового генератора.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Хмелев В.Н., Попова О.В. Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве / Монография – Барнаул: АлтГТУ 1997, 168 с.
- [2] Леонов Г.В., Хмелев В.Н., Барсуков Р.В., Цыганок С.Н., Шалунов А.В. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности, сельском и домашнем хозяйстве / Монография – Барнаул: АлтГТУ 2007, 400с.



Роман В. Барсуков, к.т.н., доцент, БТИ. Родился в 1975 году в г. Бийске. Лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники для молодых ученых. Областью научных интересов является: разработка высоко мощных ультразвуковых генераторов.



Денис С. Абраменко родился в 1982 году, в г. Бийске. В 2005 закончил БТИ по специальности «Информационно-измерительная техника и технологии». Инженер БТИ. Область научных интересов: контроль, управление и измерение параметров ультразвукового оборудования.



Максим В. Хмелёв родился в 1982 году, в г. Бийске. В 2005 закончил БТИ по специальности «Информационно-измерительная техника и технологии». Инженер БТИ. Область научных интересов: ультразвуковые технологии очистки.