

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

В.Н. Хмелев, Д.Ю. Матыцин, Р.В. Барсуков
Бийский технологический институт (филиал) АлтГТУ
vnh@u-sonic.ru, roman@u-sonic.ru

Аннотация. В предлагаемой статье кратко затронуты проблемы настройки и регулировки современных УЗ генераторов, предлагается методика настройки УЗ генераторов, представлены результаты испытаний, подтвердившие возможность контроля основных параметров (потребляемая мощность, сила тока, напряжение питания) с помощью созданного стенда.

1. Введение

Применение ультразвуковых колебаний высокой интенсивности для интенсификации различных физико-химических процессов является перспективным направлением на пути развития и совершенствования новых технологий и материалов.

Основными параметрами, определяющими эффективность УЗ воздействия на различные технологические среды, является акустическая мощность, интенсивность УЗ колебаний и частота, которые в свою очередь определяются параметрами и характеристиками источников акустических колебаний и параметрами обрабатываемых сред.

Многообразие технологических задач, где целесообразно применение ультразвука, физико-химические особенности интенсифицируемых процессов, однозначно определяют параметры УЗ колебаний для различных технологий.

В связи с необходимостью обеспечения максимально эффективного воздействия возникает необходимость в индивидуальной настройке (калибровке) источников ультразвуковой энергии для осуществления определенных технологических процессов.

2. УЗ технологический аппарат

Современный УЗ технологический аппарат [1] состоит из ультразвуковой колебательной системы, колебания которой возбуждаются при помощи пьезокерамических элементов, входящих в ее состав, и электронного генератора, который вырабатывает электрическое напряжение ультразвуковой частоты требуемой амплитуды для питания УЗ колебательной системы.

На рисунке 1 представлена структурная схема электроакустического тракта, обеспечивающего преобразование электрической энергии бытовой или промышленной сети в энергию упругих колебаний ультразвуковой частоты.

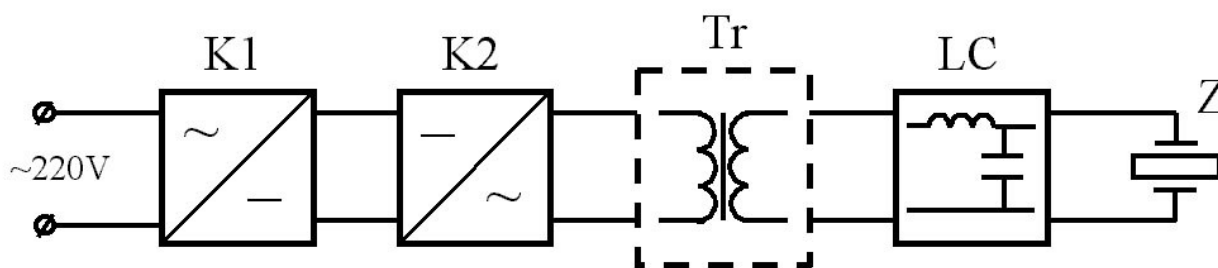


Рис. 1. Схема преобразования электрической энергии в энергию упругих механических колебаний ультразвуковой частоты

Электроакустический тракт включает в себя выпрямитель сетевого напряжения K_1 , являющийся источником питания для транзисторного мостового или полумостового

инвертора K_2 , к которому через согласующий LC фильтр подключена ультразвуковая колебательная система Z с пьезоэлектрическим преобразователем.

Для определения акустических параметров, характеризующих излучаемые УЗ колебания, таких как излучаемая акустическая мощность, интенсивность УЗ колебаний, амплитуда колебаний излучающей поверхности, наиболее эффективным и перспективным является метод косвенной оценки, заключающийся в измерении потребляемой ультразвуковым генератором электрической мощности от питающей сети, при условии, что известен КПД всего тракта преобразования энергии [2]. Потребляемая ультразвуковым генератором от сети электрическая энергия, которая после преобразования излучается в какую либо технологическую среду, определяется напряжением на выходе выпрямителя напряжения K_1 , параметрами LC контура, коэффициентом передачи трансформатора Tr и коэффициентом электромеханического преобразования ультразвуковой колебательной системы.

Основная особенность настройки подобных электронных генераторов заключается в том, что предварительно рассчитанные параметры LC контура, трансформатора Tr и параметры колебательной системы (механическая резонансная частота, механическая добротность, электрический входной импеданс) могут предопределить чрезмерную мощность излучения при подаче номинального питающего напряжения 220 Вольт на выпрямитель K_1 . При возникновении такой ситуации возможно механическое разрушение колебательной системы от чрезмерных механических напряжений в материале, электрическому пробое пьезокерамических элементов, к выходу из строя силовых элементов выходного каскада электронного генератора. По этой причине для настройки электронного генератора на режим работы с заданной мощностью, используется методика постепенного повышения напряжения на входе выпрямителя K_1 до номинального значения, с одновременной корректировкой параметров согласующих элементов L , C , Tr и непрерывного контроля потребляемой от сети электрической мощности.

3. Описание устройства регулятора

Для практической реализации методики настройки и калибровки электронных УЗ генераторов был предложен и разработан лабораторный стенд, блок – схема которого представлена на рис. 2.

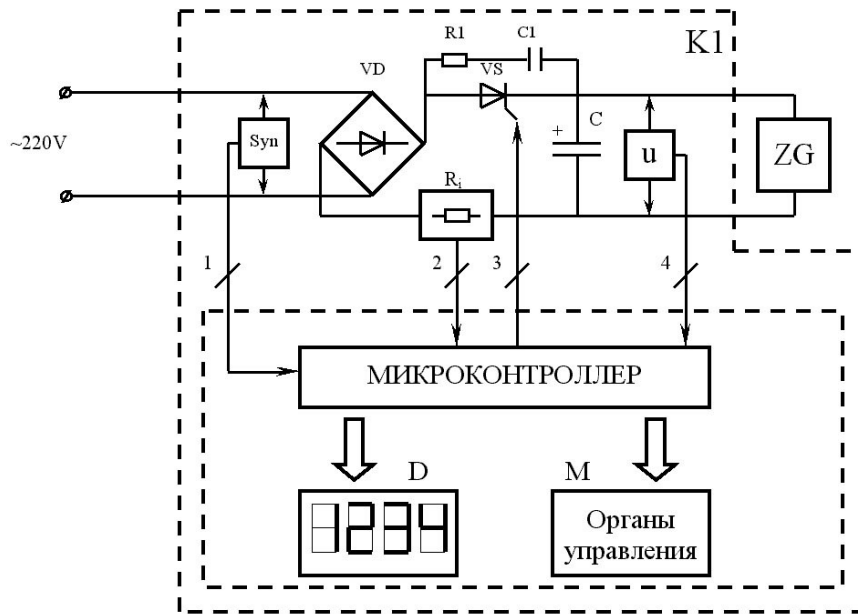


Рис. 2. Блок – схема стенда для настройки и калибровки электронных УЗ генераторов

Из рисунка 2 можно увидеть, что выпрямитель K_1 (см. рис.1) преобразуется в тиристорный регулятор напряжения, который состоит из диодного выпрямителя VD , электронного ключа $VSR1C1$, фильтрующей емкости C , блока управления, состоящего из микроконтроллера, многофункционального дисплея и блока клавиатуры. Для правильной работы регулятора необходима схема синхронизации с сетевым напряжением Syn , которая вырабатывает импульсы перехода сетевого напряжения через 0. Управляя моментом отпираания тиристорного ключа, который задается настройщиком при помощи органов управления можно регулировать выходное напряжение в диапазоне от нескольких вольт до 310 В. Управление тиристорным ключом V_S осуществляется по линии 3. Линия 1 используется для передачи импульсов синхронизации в блок управления. Линии 2 и 4 необходимы для передачи данных о силе тока, протекающего в цепи нагрузки от датчика R_i и о напряжении на фильтрующем конденсаторе C от блока u соответственно. Дисплей D используется для непрерывного отображения одного из измеряемых величин: потребляемая мощность, действующее напряжение на фильтрующей емкости C , действующее значение силы тока, потребляемого генератором.

На рис. 3. представлены осциллограммы напряжений: сетевого – $U_{сеть}$, на выходе диодного моста – U_{VD} , на фильтрующем конденсаторе – U_C и тока зарядки фильтрующего конденсатора – C .

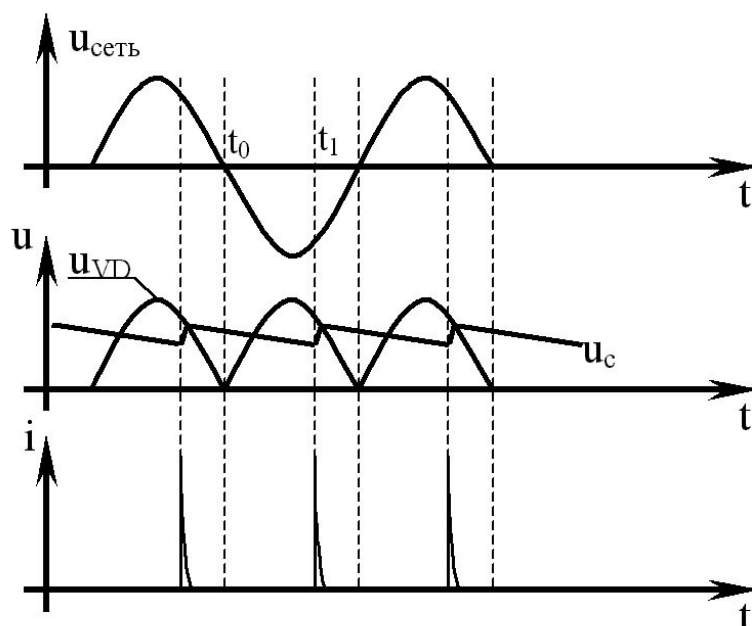


Рис. 3. Осциллограммы напряжений: сетевого $u_{\text{сеть}}$, на выходе диодного моста u_{VD} , на фильтрующем конденсаторе u_c и тока зарядки фильтрующего конденсатора C .

Форма тока в цепи питания инвертора электронного генератора представляет собой очень сложную и быстротечную картину. Подзарядка фильтрующего конденсатора C происходит два раза за период сетевого напряжения, что позволяет осуществить большое количество выборок за половину периода сетевого напряжения при вычисления действуюющего значения тока (см. выражение 1).

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} \quad (1)$$

Для вычисления значений действующих величин при помощи микроконтроллера используется дискретный вид выражения 1 с последующим усреднением (см. выражение 2):

$$I = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_0^{N-1} i^2}, \quad (2)$$

где N – количество отсчетов, i – мгновенное значение тока.

По подобным формулам вычисляется так же и среднеквадратическое напряжение на конденсаторе C . Потребляемая аппаратом мощность вычисляется при помощи следующего выражения:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt \quad (3)$$

Работой всего стенда управляет специально разработанное программное обеспечение, в функции которого входит управление тиристорным ключом, управление АЦП микроконтроллера, вычисление напряжения, силы тока, мощности по вышеприведенным формулам, индикация вычисленных значений на цифровом табло. При необходимости в ПО можно включить функцию защиты от перегрузки УЗ генератора по мощности, по току, а также ограничитель напряжения. Для защиты по току также можно использовать аналоговый компаратор, встроенный в микроконтроллер. При реализации такого метода увеличивается скорость реакции стенда на перегрузку, что является более предпочтительным методом контроля работы УЗ аппарата.

Применение такого микропроцессорного устройства как микроконтроллер позволило существенно сократить материальные затраты на изготовление стенда, к тому же имеются

широкие возможности для совершенствования разработанного устройства путем замены микроконтроллера на более современный, и путем совершенствования программного обеспечения.

Таким образом, разработанный стенд представляет собой устройство для плавной оперативной регулировки напряжения питания инвертора K_2 , входящего в состав УЗ генератора, что позволяет осуществлять настройку УЗ аппаратов в соответствии с методикой описанной выше. Кроме того, заложена возможность оперативного контроля параметров УЗ генераторов, таких как, потребляемая электрическая мощность, сила тока и напряжение.

Использование разработанного стенда позволило существенно сократить время настройки электронных УЗ генераторов, обеспечить оперативный контроль за параметрами электронного генератора в процессе его настройки, исключить используемые ранее для настройки лабораторные трансформаторы, имеющие ряд существенных недостатков, таких как: громоздкость конструкции, износ и искрение катящегося контакта, ограничение потребляемой мощности.

4. Заключение

Разработанный стенд имеет следующие характеристики:

- Диапазон измеряемых напряжений 0 – 310 В
- Диапазон измеряемых токов 0 – 3 А
- Диапазон измеряемых мощностей 0 – 900 Вт
- Диапазон регулировки напряжения 0 – 310В

Разработанный стенд может быть рекомендован для исследовательских лабораторий, занимающихся УЗ техникой, а также для небольших предприятий, осуществляющих мелкосерийный выпуск электронных УЗ технологических аппаратов.

Литература.

1. Vladimir N. Khmelev, Roman V. Barsukov, Andrey V. Shalunov, Alexey N. Slivin, Sergey N. Tchyganok The System of Checking and Operating Power of Ultrasonic Technological Apparatus. – Siberian Russian Student Workshops and Tutorials on Electron Devices an Materials EDM'2001: Workshop Processing, 2001.

2. Vladimir N. Khmelev, Roman V. Barsukov, Andrey V. Shalunov, Alexey N. Slivin, Sergey N. Tchyganok, Igor I. Savin The Power Features Meter. – Siberian Russian Student Workshops and Tutorials on Electron Devices an Materials EDM'2001: Workshop Processing, 2001.