

СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

**В. Н. Хмелев, Р. В. Барсуков, Е. В. Ильченко,
Д. В. Генне, Д. С. Абраменко**
Бийский технологический институт
г. Бийск

Введение

УЗ технологии получили в настоящее время большое распространение. Предназначенные для практической реализации любой из УЗ технологии ультразвуковые технологические аппараты состоят из электронного генератора и ультразвуковой колебательной системы (ультразвукового излучателя).

Существует ряд процессов, где большую часть времени УЗ излучатель работает холостую, т.е. не обеспечивает ввода ультразвуковых механических колебаний в обрабатываемые технологические среды ввиду их отсутствия в зоне воздействия. К таким процессам можно отнести УЗ сварку металлов и пластмасс, УЗ сверление хрупких материалов, аппараты для внутренней и внешней липосакции, УЗ массажеры, различные медицинские ультразвуковые инструменты, применяемые в хирургии и стоматологии [1]. Длительная работа УЗ излучателя холостую может привести к перегреву пьезокерамических элементов, входящих в состав электро-механического преобразователя излучателя, перегреву рабочего инструмента, снижению ресурса излучателя и электронного генератора и к неоправданному расходу электрической энергии.

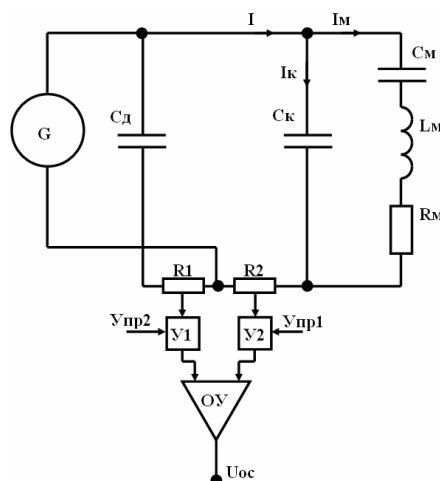
Как правило, на практике эти проблемы решаются путем ручного включения-выключения УЗ аппарата, что не всегда является удобным, требует значительного времени выхода на оптимальный режим и не исключает вероятность выхода из рабочего состояния при длительном невыключении УЗ излучателя. В связи с этим возникает задача создания УЗ аппарата, позволяющего «активировать» УЗ излучатель только в моменты возникновения акустической нагрузки.

Основная часть

Известно, что параметры УЗ излучателей тесно связаны с параметрами акустической нагрузки. Поэтому, контроль параметров излучателей может позволить контролировать и акустическую нагрузку (ее наличие/отсутствие).

Для определения параметров УЗ излучателя, наиболее чувствительных к изменению акустической нагрузки, рассмотрим его

эквивалентную электрическую схему [2], образованную элементами C_m , L_m , R_m и C_k и представленную на рисунок 1.



У1, У2 – предварительные усилители с управляемым коэффициентом усиления; R1, R2 – резистивные токовые датчики; G – генератор электрических колебаний ультразвуковой частоты

Рисунок 1 – Эквивалентная схема замещения УЗКС со схемой выделения тока механической ветви

Значения элементов C_m , L_m , R_m обусловлены одновременно механическими свойствами УЗКС и свойствами акустической нагрузки. Элемент C_k обусловлен наличием статической емкости пьезопреобразователя, входящего в состав конструкции УЗКС. Ток I является полным током, потребляемым колебательной системой, ток I_m называют током механической ветви, который является электрическим аналогом амплитуды механических колебаний излучающей поверхности. При изменении акустической нагрузки значения элементов C_m , L_m , R_m меняются, что приводит к изменению тока механической ветви. Для выделения тока механической ветви применяются различные дифференциальные схемы, например, схема, представленная на рисунке 1. При работе дифференциальной схемы происходит усиление разно-

сти тока протекающего по добавочной емкости C_d и тока I . Таким образом, сигнал $U_{ос}$ пропорционален амплитуде механических колебаний УЗ излучателя [3].

При работе ультразвукового аппарата на выходе дифференциальной схемы появляется сигнал $U_{ос}$, величина которого пропорциональна амплитуде механических колебаний рабочей поверхности излучателя. В случае отсутствия контакта излучателя (режим холостого хода) с обрабатываемым объектом или средой амплитуда механических колебаний и соответственно амплитуда тока, протекающего по пьезоэлементам ультразвуковой колебательной системы, остаются стабильными.

При появлении акустической нагрузки (контакте излучателя с обрабатываемой средой или объектом) амплитуда механических колебаний рабочей поверхности инструмента изменяется и соответственно изменяется величина тока механической ветви, причем характер и глубина амплитудной модуляции зависит от неравномерности прижатия ультразвуковой колебательной системы к обрабатываемому объекту, волнового сопротивления среды, стабильности акустического контакта и т.п.

Изменение амплитуды электрического тока во времени при различных режимах работы (режимах нагрузки и режимах холостого хода) можно представить, как показано на рисунке 2.

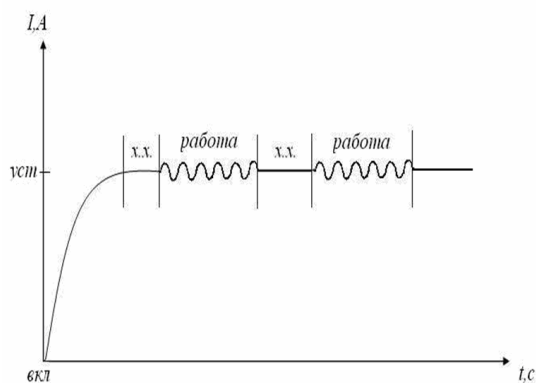


Рисунок 2 – Модуляции тока УЗКС при наличии акустической нагрузки

Таким образом, критерием наличия или отсутствия акустической нагрузки на ультразвуковой излучатель может являться наличие и величина амплитудных модуляций тока механической ветви ультразвукового излучателя.

Был предложен способ управления процессом ультразвукового воздействия, основанный на непрерывном контроле тока меха-

нической ветви, обнаружении амплитудных модуляций и управлении амплитудой механических колебаний излучателя (включение/отключение ультразвуковой генерации аппарата). Для практической реализации предложенного способа управления процессом ультразвукового воздействия разработана структурная схема аппарата, представленная на рисунке 3.

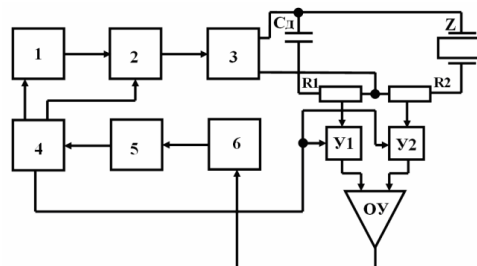


Рисунок 3 – Структурная схема УЗ генератора, реализующего предлагаемый способ управления

Задающий генератор 1 вырабатывает низковольтный сигнал ультразвуковой частоты, который поступает на усилитель 2, где он усиливается до требуемой амплитуды. Сигнал с выхода усилителя через резистивные токовые датчики $R1$ и $R2$ поступает на пьезо-керамические элементы Z ультразвуковой колебательной системы и добавочную электрическую емкость C_d , через согласующее звено 3. Токовые датчики $R1$ и $R2$ используются для измерения величины тока, протекающего через пьезокерамические элементы ультразвуковой колебательной системы и тока протекающего через емкость C_d . Сигналы с токовых датчиков $R1$ и $R2$, через управляемые усилители $Y1$ и $Y2$ поступают на дифференциальный усилитель 7, где выполняется их вычитание друг из друга. Амплитудное значение сигнала, получаемое в результате работы дифференциального усилителя выделяется при помощи амплитудного детектора 6, которое далее поступает на вход аналого-цифрового преобразователя 5. Оцифрованное амплитудное значение поступает на микроконтроллер 4, под управлением которого работают все узлы и системы электронного генератора, в частности микроконтроллер управляет напряжением на выходе усилителя 2, от величины которого зависит амплитуда колебаний рабочей поверхности ультразвуковой колебательной системы. При включении ультразвукового генератора на ультразвуковую колебательную систему подается электрическое напряжение, при котором интенсивность ультразвуковых колебаний соответ-

ствует уровню, достаточному для проведения требуемого технологического процесса. В процессе работы ультразвукового аппарата микроконтроллер 4 непрерывно анализирует величину амплитудных модуляций тока механической ветви ультразвуковой колебательной системы. В случае, когда величина амплитудных модуляций тока механической ветви ультразвуковой колебательной системы не превышает 1% от текущей амплитуды в течении, например 5 секунд, микроконтроллер вырабатывает сигнал на уменьшение напряжения питания излучателя до уровня, при котором он может длительное время работать без существенного нагрева излучателя (энергосберегающий режим). В режиме энергосбережения ультразвуковой генератор находится до тех пор, пока в течении 0.5 секунд и более величина амплитудных модуляций не превысит 3 % от текущей амплитуды тока механической ветви ультразвуковой колебательной системы. Если величина амплитудных модуляций, превышающих 3% от текущей амплитуды тока, длится в течении более чем 0.5 секунд, микроконтроллер 4 вырабатывает сигнал на увеличение напряжения питания колебательной системы до уровня необходимого для осуществления того или иного технологического процесса. Далее процесс повторяется.

На рисунке 4 показано как ведет себя ток механической ветви ультразвуковой колебательной системы, при работе разработанной системы.

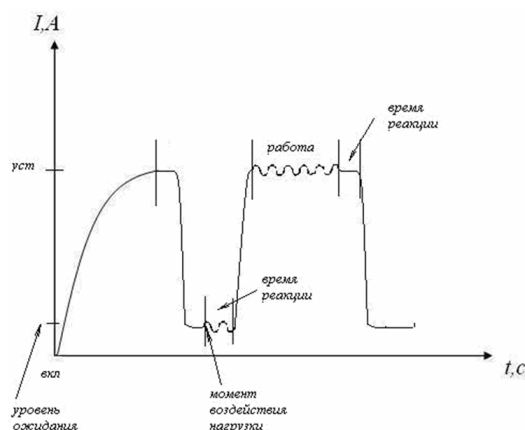


Рисунок 4 – Ток механической ветви УЗКС в процессе работы УЗ генератора в интегрированной системе контроля акустической нагрузки

Таким образом, если к ультразвуковой колебательной системе приложена акустическая нагрузка, то интенсивность ультразвуко-

вых колебаний имеет необходимый максимальный уровень. В случае, если акустическая нагрузка отсутствует, или неизменна в течении большого интервала времени, интенсивность ультразвуковых колебаний снижается до уровня, не вызывающего нагрева ультразвуковой колебательной системы.

Заключение

Разработанный способ управления реализован и апробирован в медицинском аппарате «Нежность» (см. рисунок 5), предназначенном для проведения процедур внешней липосакции, ввода лекарственных препаратов в подкожные покровы человека, проведения массажа [4].



Рисунок 5 – Ультразвуковой аппарат «Нежность»

При отсутствии акустической нагрузки (режим холостого хода) аппарат генерирует УЗ колебания мощностью менее 15 Вт. При возникновении акустической нагрузки (контакта излучателя с кожными покровами пациента) аппарат выдает номинальную мощность (около 60 Вт). Поскольку отсутствие модуляции в цепи УЗ излучателя свидетельствует не только об отсутствии нагрузки, но и о стабильности нагрузки, аппарат так же отключается в случае статичного контакта излучателя с телом пациента, что исключает вероятность ожога тканей пациента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хмелев, В.Н. Ультразвуковые multifunctional и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности, сельском и домашнем хозяйстве / В.Н. Хмелев, Леонов Г.В., Барсуков Р.В. и др. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2007. – 400с.
2. Джагунов, Р. Г. Пьезоэлектронные устройства вычислительной техники, систем контроля и управления: справ. / Р.Г. Джагунов, А.А. Ерофеев. – СПб.: Политехника, 1994. – 607 с.
3. Хмелев В.Н., Барсуков Р.В., Цыганок С.Н., Сливин А.Н., Шалунов А.В. Способ управления процессом ультразвуковой липосакции // Патент России № 2240073 2003.
4. Ультразвуковой массажер серии «Нежность» | U-SONIC.ru – [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://u-sonic.ru/devices/delicacy2>