

УДК 534.143

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБЕЗЗАРАЖИВАТЕЛЬ МОЛОКА ПРОТОЧНОГО ТИПАС.Н. Торгаев^{1,2}, М.В. Тригуб^{1,2}, А.И. Солдатов¹¹Томский политехнический университет²Институт оптики атмосферы им. акад. В.Е. Зуева СО РАН, г.Томск

E-mail: torgaev@tpu.ru

Представлены структурная схема ультразвукового обеззараживателя молока проточного типа и анализ ее работы. Показана возможность реализации режима автоподстройки частоты при использовании в качестве сигнала обратной связи тока излучателя.

Ключевые слова:

Ультразвук, молоко, обеззараживание.

Key words:

Ultrasound, milk, disinfection.

Существующие тепловые методы стерилизации молока за счет длительного воздействия высоких температур вызывают необратимое изменение структуры и свойств белков и иных ингредиентов исходного продукта [1]. В связи с этим, задача создания новых устройств обеззараживания молока является актуальной.

В статье представлен ультразвуковой обеззараживатель молока проточного типа. Молоко, стерилизованное в потоке при высокотемпературных режимах с кратковременной выдержкой, по качественным показателям хранения приближается к пастеризованному молоку [2].

На рис. 1 приведена структурная схема ультразвукового обеззараживателя молока проточного типа.

Прибор, построенный по такой схеме, имеет возможность автоматической подстройки частоты излучателя на резонанс. Благодаря чему достигается максимально возможное значение интенсивности ультразвука.

Постоянное напряжение, получаемое на выходе выпрямителя (В) и фильтра (Ф) подается на схему инвертора (И), который необходим для формирования на излучателе напряжения с частотой близкой к частоте резонанса излучателя. Инвертор построен по полумостовой схеме [3]. Для обеспечения гальванической развязки, а также повышения напряжения подаваемого на излучатель, напряжение со схемы инвертора подается на излучатель через повышающий трансформатор (Тр).

Для эффективного обеззараживания молока необходимо, чтобы излучатель работал на резонансной частоте, которая зависит от нагрузки, поэтому в схеме предусмотрена автоматическая подстройка частоты. Резонанс в схеме излучателя характеризуется максимумом тока, протекающего во вторичной обмотке трансформатора (Тр). Сигнал, передаваемый в нагрузку, регистрируется датчиком тока (ДТ) и поступает на схему активного фильтра нижних частот (ФНЧ), для исключения

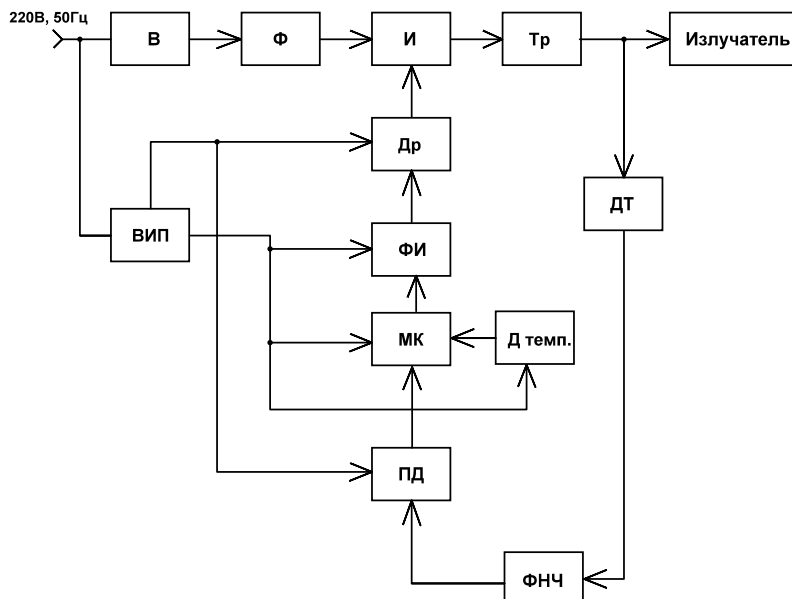


Рис. 1. Структурная схема ультразвукового обеззараживателя молока проточного типа: В – выпрямитель; Ф – фильтр; И – инвертор; Тр – трансформатор; ДТ – датчик тока; ФНЧ – фильтр нижних частот; ПД – пиковый детектор; Д темп. – датчик температуры; МК – микроконтроллер; ФИ – формирователь импульсов; Др – драйвер; ВИП – вспомогательный источник питания

высокочастотных помех и выделения первой гармоники тока излучателя. Для отслеживания амплитуды сигнала в схеме предусмотрен пиковый детектор (ПД). Сигнал с пикового детектора поступает на АЦП микроконтроллера (МК). Таким образом, отслеживая амплитуду тока излучателя, микроконтроллер выполняет перестройку частоты работы схемы так, чтобы она являлась резонансной. В качестве микроконтроллера использована микросхема ATMEGA8.

Так как силовой инвертер организован по полумостовой схеме, то для исключения сквозного тока через транзисторные ключи при формировании сигналов управления необходимо предусмотреть режим «мертвого времени». Эту функцию выполняет блок формирователя импульсов (ФИ). Драйвер (Др) формирует двуполярные сигналы и усиливает их по мощности.

В связи с тем, что обеззараживание происходит при воздействии достаточно мощного ультразвукового излучения, необходимо предусмотреть защиту от перегрева излучателя. С этой целью в схеме присутствует датчик температуры (Д темп.), сигнал с которого поступает на микроконтроллер.

Для питания микросхем системы управления в схеме предусмотрен вспомогательный источник питания (ВИП).

На основе предложенной структурной схемы разработан макет ультразвукового обеззараживателя проточного типа. На рис. 2 показана осциллограмма тока излучателя на частоте, соответствующей резонансной (21,1 кГц).

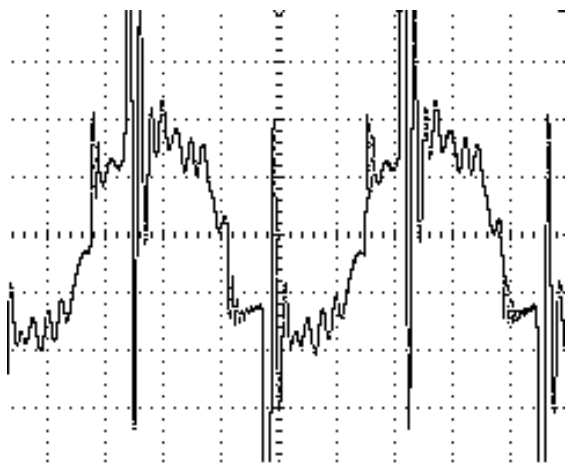


Рис. 2. Осциллограмма тока УЗ излучателя

Данная осциллограмма показывает, что из-за наличия в системе механического резонанса ток излучателя имеет сложную форму. Поскольку автоподстройка частоты в схеме осуществляется по амплитуде тока излучателя, то необходима фильтрация сигнала обратной связи для выделения первой гармоники.

На рис. 3 приведены осциллограммы датчика тока излучателя на разных частотах после фильтрации.

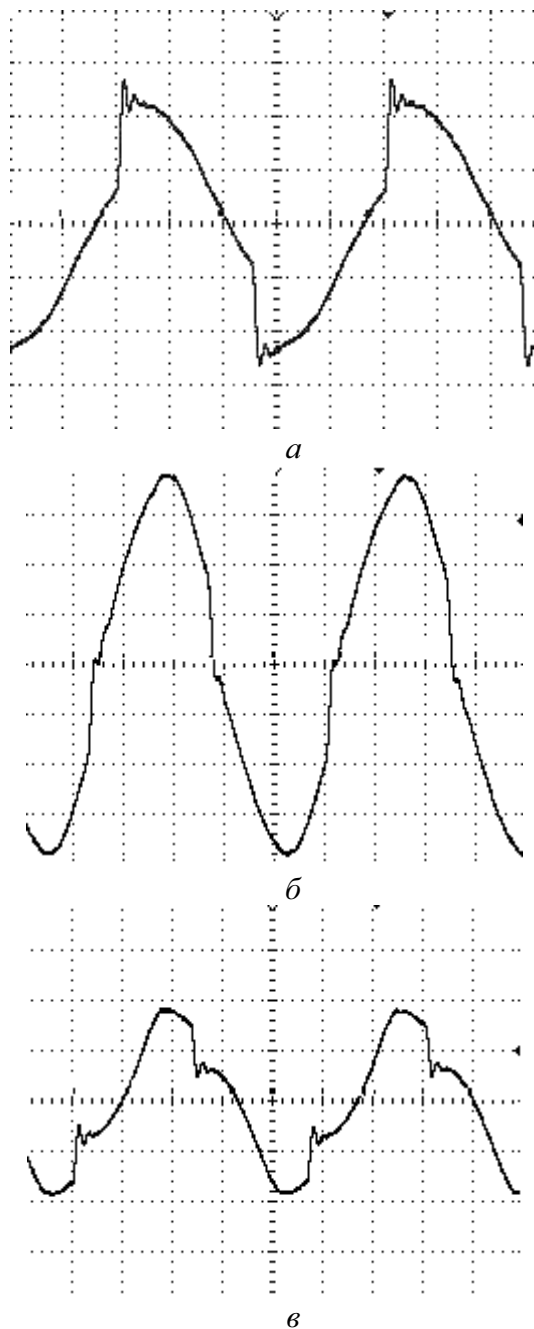


Рис. 3. Осциллограммы токов ультразвукового излучателя на частотах: а) 20; б) 21,1 (резонанс); в) 21,3 кГц

Из приведенных осциллограмм видно, что на частоте, соответствующей частоте резонанса, в условиях данного эксперимента 21,1 кГц, амплитуда тока максимальна. Это показывает возможность реализации режима автоматической подстройки частоты при использовании в качестве сигнала обратной связи — ток УЗ излучателя.

Совместно с Томской областной ветеринарной лабораторией авторами были проведены бактериологические исследования молока при его обработке ультразвуковым обеззараживателем. Общее микробное число определялось методом полуавтоматического штрихового посева.

Исследования проводились с использованием обеззараживателя стационарного типа, потребляемая мощность порядка 150 Вт; удельная мощность ультразвукового излучения 0,8 Вт/см². Излучатель площадью 38 см² выполнен на основе пьезокерамики ЦТС-19. Исследовалось молоко объемом 150 см³ и жирностью порядка 5 %.

В эксперименте исследовалось исходная проба, 4 пробы молока при различном времени воздействия ультразвуком, а также проба с остатков на колбе. Результаты исследований представлены в таблице.

Исследования показали, что при воздействии на молоко ультразвуковым излучением происходит заметное уменьшение общего числа бактерий. Результаты исследований отражены в протоколе № 2567 от 27.10.2008.

Предложенный вариант схемы ультразвукового обеззараживателя молока проточного типа позволяет осуществлять автоматическую подстройку ча-

стоты резонанса, тем самым повышая эффективность обеззараживания.

Таблица. Количество общего микробного числа в молоке при воздействии на него мощным ультразвуковым излучением

Материал (смывы пробы)	Общее микробное число, КОЕ
Молоко до обработки	2500
После 5 мин. обработки	1800
После 10 мин. обработки	1000
После 15 мин. обработки	100
После 25 мин. обработки	90
Колба (остатки молока)	≥3000

В дальнейшем планируется проведение исследований качественных показателей молока при воздействии на него ультразвуковым излучением и определение пропускной способности устройства в проточном режиме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Montville T.J., Matthews K.R. Food microbiology an introduction // American Society for Microbiology Press. – 2005. – V. 17. – № 5. – P. 30–35.
2. Schmid R. The Untold Story of Milk // New Trends Publishing. 2003. URL: <http://www.newtrendspublishing.com/USOMilk> (дата обращения: 15.08.2010).
3. Забродин Ю.С. Промышленная электроника. – М.: Высшая школа, 1982. – 496 с.

Поступила 02.09.2010 г.

УДК 534.6.08

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ МЕДЛЕННО НАРАСТАЮЩЕГО ЭХО-ИМПУЛЬСА

Н.В. Дичев, А.И. Солдатов, В.С. Макаров, П.В. Сорокин, И.И. Фикс

Томский политехнический университет
E-mail: werdan@sibmail.com

Рассматривается метод определения временного положения эхо-импульса с медленно нарастающим фронтом путём выделения огибающей. Предложены основные расчетные выражения для его использования. В качестве примера использован реальный эхо-сигнал с построенными данным методом огибающими. Произведено сравнение данного метода с традиционно используемыми, сделаны выводы.

Ключевые слова:

Компаратор, огибающая, погрешность измерения, эхо-сигнал, метод наименьших квадратов.

Key words:

Comparator, envelope, measurement accuracy, echo-signal, least-squares method.

Акустические измерительные приборы широко применяются для измерений глубин скважин в горнодобывающей промышленности, измерений расстояний, измерений уровней жидких и сыпучих веществ в резервуарах, контроля различных материалов в дефектоскопии [1].

Традиционно, определение момента прихода эхо-сигнала производится компаратором, который вырабатывает нормированный прямоуголь-

ный импульс, когда амплитуда сигнала на его входе превышает установленный порог [2]. Это метод одного компаратора. Если огибающая эхо-сигнала близка по форме к прямоугольной, то ошибка будет минимальной. Если огибающая представляет собой медленно меняющуюся функцию времени, то момент начала эхо-сигнала и момент, определенный компаратором, существенно различаются. Возникает систематическая ошибка, которая