

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО МНОГОЭЛЕМЕНТНОГО ПЬЕЗОРЕЗОНАНСНОГО ДАТЧИКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ БОЛЬШИХ ЗНАЧЕНИЙ УРОВНЕЙ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

А. В. Балыков

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова
г. Барнаул

В настоящее время одной из актуальных и в то же время трудно решаемых задач автоматизации технологических процессов является измерение уровней сыпучих материалов в емкостях больших размеров, высота которых может составлять десятки метров. К их числу относится измерение уровня зерна в зернохранилищах, на элеваторах и т.д. Для решения данной задачи требуется разработка датчиков сыпучих материалов нового поколения с расширенным диапазоном измерения. Предлагается использовать для этой цели сложные колебательные системы, состоящие из большого числа чувствительных элементов (вибраторов), объединенных в единую измерительную систему. Конструктивно такие устройства могут состоять из большого числа акустически и электрически связанных между собой резонаторов, вибраторов, линий связи между ними [1].

Во многих отраслях промышленности не удается на должном уровне решить задачу измерения уровня сыпучих материалов. Это связано с тем, что существующие средства измерения и контроля не удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям. В частности высокоточные приборы измерения уровня, как правило, имеют высокую стоимость, сложны по устройству и не всегда способны выполнять свои функции в средах, параметры которых отличаются от нормальных условий эксплуатации.[3] Выпускаемые приборы контроля уровня так же либо недостаточно точны, надежны, долговечны, при этом имеют высокую стоимость. На рынке практически отсутствуют приборы контроля и измерения уровня способные работать в тяжелых условиях эксплуатации, а именно в условиях сильной запыленности, при наличии сильных механических воздействий и т.п.

В настоящее время для обеспечения высокой чувствительности все более широкое применение находят резонансные методы измерений. В то же время наиболее пригодны для целей измерения уровня сыпучих материалов электромеханические датчики вибрационного типа с пьезоэлектрическим возбуждением колебаний вибраторов.

На рисунке 1 представлена конструкция разработанного многоэлементного датчика уровня сыпучих материалов, состоящая из большого числа акустически связанных протяженных металлических вибраторов, АГ – автогенератор; ЧЭ – чувствительный элемент.

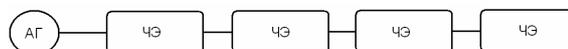


Рисунок 1 – Конструкция многоэлементного пьезорезонансного датчика уровня

Измерительные устройства такого типа способны обрабатывать информацию, поступающую одновременно от большого числа чувствительных элементов. Это позволяет осуществлять контроль большого числа параметров технологических процессов с помощью одного измерительного устройства, создавать на их основе многоточечные приборы, многоэлементные датчики и т.п. Измерительные устройства такого типа способны осуществлять сбор, передачу и предварительную обработку измерительной информации, причем реализация этих функций происходит непосредственно на физическом уровне, в условиях максимального приближения к объекту измерения. Это позволяет расширить функциональные возможности измерительных устройств, повысить надежность их работы [2]. С целью улучшения метрологических и эксплуатационных характеристик предлагается усовершенствовать метод ступенчато-непрерывного контроля уровня сыпучих материалов. Для решения этой задачи было разработано многоэлементный датчик многоэлементный датчик уровня, состоящий из большого числа акустически связанных между собой пьезорезонансных первичных измерительных преобразователей.

Чувствительные элементы (ЧЭ), представляющие собой металлические пластины с заданными геометрическими размерами, монтируются в бункер с измеряемым веществом. При заполнении бункера измеряемым веществом, происходит засыпание ЧЭ в результате чего изменяется напряжение на вы-

ходе прибора. Так как ЧЭ расположены на разном уровне, будет происходить постепенное изменение выходного сигнала по мере заполнения бункера.

Эквивалентная электрическая схема замещения (ЭЭСЗ) устройства представлена на рисунке 2.

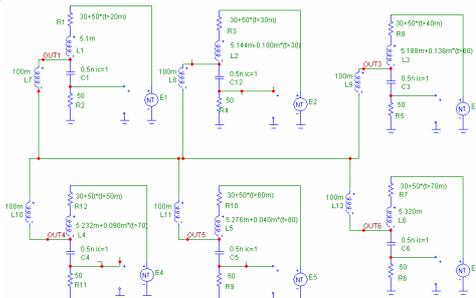


Рисунок 2 – ЭЭСЗ многоэлементного пьезорезонансного датчика уровня

Анализ математической модели устройства такого типа является достаточно трудной задачей. В связи с этим анализ работы устройства в зависимости от решаемой задачи производится с использованием механических моделей и соответствующих им ЭЭСЗ.

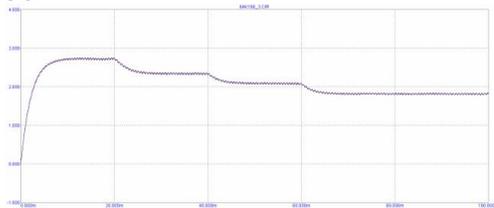


Рисунок 3 – Расчетная нагрузочная характеристика многоэлементного пьезорезонансного датчика (МЭ ПРД)

Исследование рабочих режимов измерительного устройства было осуществлено с использованием упрощенных методов имитационного моделирования в среде MicroCap. На представленном ниже рисунке 3 видно, что при изменении параметров ЧЭ, меняется измеряемое выходное напряжение.

По результатам имитационного моделирования режимов работы устройства и экспериментальных исследований его макета были сделаны следующие выводы:

- для повышения чувствительности пьезорезонансных первичных преобразователей необходимо обеспечить реализацию сильно-связанных взаимодействий между элементами колебательной системы;
- рациональное использование режимов сильно- и слабосвязанных взаимодействий в пьезорезонансных структурах позволяет создавать на их основе высокочувствительные датчики, применимые для жестких условий эксплуатации.

К достоинствам разработанного устройства можно отнести то, что оно позволяет производить высокочувствительный контроль достижения сыпучим материалом определенных значений уровня, осуществлять измерение уровня в промежутках между реперными точками. Для линеаризации выходной характеристики используется режим взаимодействия между отдельными пьезорезонансными первичными измерительными преобразователями, что позволяет осуществлять фильтрацию помех и усреднение выходного сигнала, суммирование сигналов от большого числа датчиков, выполнение определенных функциональных преобразований сигналов.

Использование режимов связанных колебаний в таких сложных многоосцилляторных системах позволяет повысить разрешающую способность датчиков, надежность и качество измерений. Особенностью устройств данного типа является то, что решение указанных задач осуществляется не за счет использования сложных электронных измерительных схем, соответствующего программного обеспечения, а за счет реализации нелинейных режимов работы сложных динамических систем. При этом повышение точности измерений достигается также путем усреднения сигналов от большого числа первичных измерительных преобразователей.

Применение многоосцилляторных датчиков позволяет обеспечить высокоскоростной режим работы измерительного устройства, реализовать параллельный принцип обработки сигналов от большого числа датчиков. При этом структура устройства первичной обработки информации формируется и трансформируется в соответствии с учетом предыстории процесса и зависит от текущего состояния системы, соотношения входных воздействий. В результате такое устройство получения и обработки информации становится нелинейным, саморегулируемым, имеющим обратные связи, оно, как бы, приспособляется к изменяющимся условиям работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Седалищев В.Н., Хомутов О.И. Высокочувствительные пьезорезонансные датчики с использованием связанных колебаний для экстремальных условий эксплуатации. – Барнаул: АлтГТУ, 2006.
2. Балыков А.В. Принципы построения акустических измерительных устройств с использованием связанных колебаний в системах с распределенными параметрами // Ползуновский альманах. – 2007. - № 3. – С. 87 - 89.
3. Седалищев В.Н. Измерительные устройства, основанные на реализации режимов связанных колебаний в пьезорезонансных датчиковых структурах // Ползуновский вестник. – 2006. - № 2. – С. 264 - 270.