
КОНСТРУИРОВАНИЕ ДАТЧИКОВ, ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

УДК 681.327

РАДИОСИСТЕМА УДАЛЕННОГО КОНТРОЛЯ ДЕФОРМАЦИИ КОНСТРУКЦИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И МАШИНОСТРОЕНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АКУСТОЭЛЕКТРОННЫХ ПАВ-ДАТЧИКОВ НА ОСНОВЕ ЛИНИЙ ЗАДЕРЖКИ

В.Ф. Катаев, И.В. Крейс

В данной статье рассмотрена система беспроводного радиоконтроля деформации элементов несущих конструкций в строительстве и машиностроении с использованием датчиков на основе акустоэлектронных структур. Приведены конструкции сенсоров на основе нагруженной и составной линии задержки на поверхностных акустических волнах. Рассмотрены два варианта структурных схем опросных устройств для обоих типов датчиков деформации на основе линий задержки на поверхностных акустических волнах.

Ключевые слова: деформация, однонаправленный встречно-штыревой преобразователь, линия задержки, опросное устройство, составной линии задержки, приемопередатчик

Keywords: deformation, unidirectional interdigital transducer, delay line, reader, the compound delay line, the transceiver.

Проблема беспроводного дистанционного контроля физических параметров (давления, температуры, влажности, радиационного фона) в настоящее время осуществляется с помощью различных датчиков по радиосигналу, т.е. к датчику придается радиопередатчик, который и осуществляет беспроводную передачу информации от датчика.

Датчик может стоять в труднодоступном месте или в условиях, при которых невозможна замена источника питания при работающем контролируемом объекте, т.е. для замены источника питания надо останавливать работу объекта, что не всегда возможно.

Предлагаемые нами датчики являются пассивными устройствами и не требуют источника питания, поэтому проблема замены источника питания отпадает.

Такой датчик может быть установлен в труднодоступном или опасном месте лишь однажды. Он представляет собой линию задержки (ЛЗ) на поверхностных акустических волнах (ПАВ), содержащую один встречно-штыревой преобразователь (ВШП), соединенный с антенной, и другой ВШП, соединенный с нагрузкой, величина которой зависит от измеряемого параметра (деформации).

Согласование параметров ВШП достигается с помощью схемы, подсоединенной к правому ВШП, как показано на рисунке 1. Емкости $C1$ и $C2$ представляют собой подстроечные малогабаритные конденсаторы 4...15 пФ, а индуктивность – 3 витка диаметром 2 мм медной проволоки диаметром 0,3 мм. Нагрузка Z представляет собой активное сопротивление 50 Ом. Согласование производится по минимуму неравномерности АЧХ ЛЗ в полосе пропускания.

В эксперименте была использована ЛЗ на ПАВ, в которой ВШП расположены на подложке $YX/128^0$, срезы ниобата лития.

Приемо-передающий ВШП был выполнен однонаправленным [1] с апертурой, равной 80 длин ПАВ на центральной частоте, и содержал 17 отражателей. Отражательный ВШП содержал 15 пар расщепленных электродов.

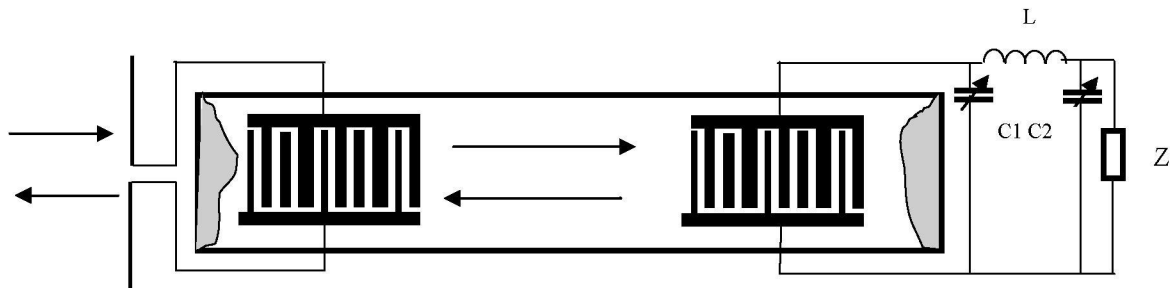


Рис. 1. Конструкция датчика на основе линии задержки на поверхностных акустических волнах

Расщепленные электроды были выбраны, чтобы устранить отражения ПАВ от электродов ВШП. Расстояние между ВШП было равно 4 мм, а центральная частота равна 645 МГц.

Индуктивность подобрана таким образом, что на центральной частоте имеет место резонанс контура, состоящего из индуктивности, и последовательно соединенных емкостей С и С_Т.

При этом опрос этого датчика производится по радиосигналу, так как емкость, с помощью которой измеряют давление, подсоединена к отражательному ВШП.

При изменении давления изменяется емкость, а следовательно, и коэффициент отражения, по величине которого можно определить давление. На рисунке 2 показана функциональная схема опросного устройства.

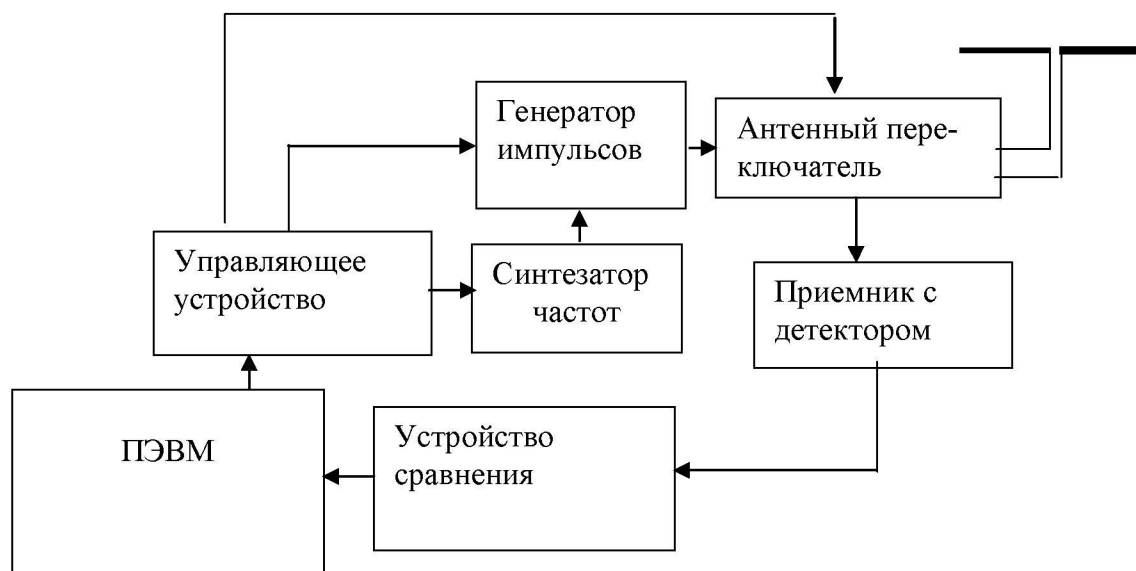


Рис. 2. Функциональная схема опросного устройства

По сигналу от ПЭВМ управляющее устройство запускает синтезатор и генератор импульсов и через антенный переключатель, радиоимпульс с частотой F_0 (F_0 – центральная частота приемо-передающего ВШП) излучается на линию задержки, содержащую отражательный ВШП, нагруженный на последовательно соединенные индуктивность и емкость, которая измеряет давление. В линии задержки сигнал отражается на частоте F_0 с задержкой

КОНСТРУИРОВАНИЕ ДАТЧИКОВ, ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

τ_1 и амплитудой A_0 . Через время τ_1 антенный переключатель по команде управляющего устройства подключает антенну к приемнику (за это время все отраженные от металлических поверхностей сигналы уже пройдут, так как расстояние между опросным устройством и датчиком выбирается равным 10...50 м, а задержка в ЛЗ в 1 мкс соответствует расстоянию 300 м), который выделяет этот сигнал, усиливает его и детектирует. Далее сигнал поступает на устройство сравнения, которое сравнивает последующий импульс с предыдущим и выдает эти данные на ЭВМ, где определяется изменилось давление или нет, а также достигло ли давление критических значений.

Недостатком данной системы является низкая чувствительность, так как для заметного изменения коэффициента отражения требуется изменение емкости в несколько процентов.

Поэтому был предложен другой метод изменения давления на основе составной линии задержки на ПАВ, представляющей собой датчик перемещения. Устройство датчика показано на рисунке 3. Он состоит из двух пьезоэлектрических подложек из LiNbO_3 , на которых нанесены встречно-штыревые преобразователи из алюминиевой пленки, излучающие ПАВ. Эти подложки перемещаются относительно друг друга. При этом меняется задержка сигнала между преобразователями, по которой и определяется величина перемещения.

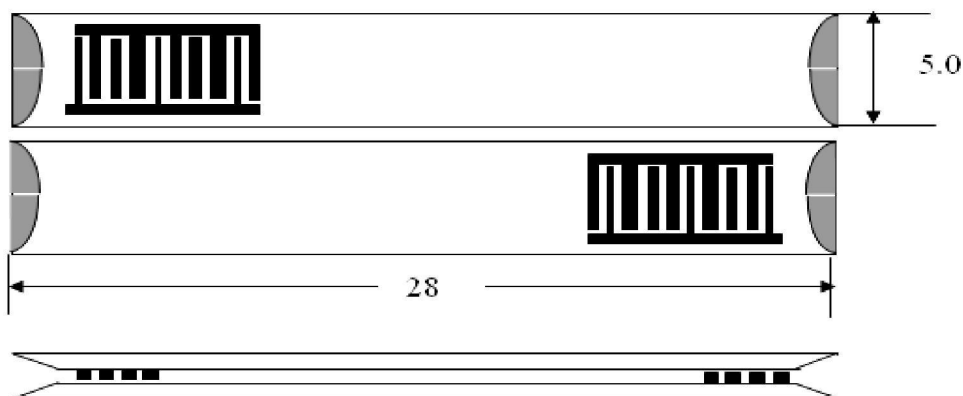


Рис. 3. Конструкция составной линии задержки на ПАВ

Пьезоэлектрический датчик состоит из двух пьезоэлектрических подложек из LiNbO_3 $\text{YX}/128$ среза, на полированной поверхности которых изготовлены ВШП. Расстояние между подложками выбирается равным порядку длины ПАВ, а расстояние между ВШП – 250–300 длин ПАВ.

При этом при переходе ПАВ с одной подложки на другую вносится затухание порядка 20 дБ. Это приводит к уменьшению сигнала тройного прохождения (который приводит к искажению фазочастотной характеристики), так как отраженные от ВШП ПАВ при переходе зазора между подложками испытывают затухание в 20 дБ, что приводит к дополнительному подавлению сигнала тройного прохождения в 60 дБ.

Скорость ПАВ в LiNbO_3 равна 3980 м/с, что позволяет ПАВ переходить с одной подложки на другую при величине перекрытия подложек, равном 20 мм, и расстоянием между подложками порядка длины ПАВ. Края подложек сполитрованы, как показано на рисунке 3.

Это необходимо для уменьшения отражений ПАВ от краев подложки, которые искажают амплитудночастотные и фазочастотные характеристики.

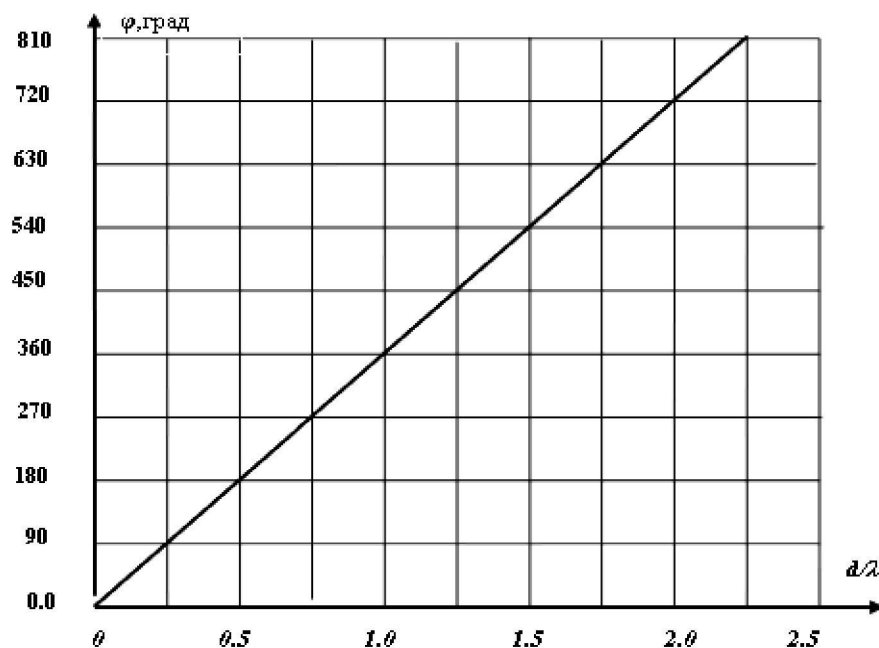


Рис. 4. Зависимость фазы коэффициента отражения от величины перемещения в составной ЛЗ

При подаче на шины ВШП электрического сигнала он начинает излучать в подложку ПАВ, которые переходят на другую подложку, расположенную на данной и принимаются другим ВШП, который преобразует акустический сигнал, обусловленный ПАВ, в электрический. При смещении подложек относительно друг друга происходит изменение задержки и фазы сигнала, по которым и определяется величина перемещения, которое, в свою очередь, зависит от давления. В этом случае смещение в пределах длины ПАВ заметно меняет фазу сигнала, поэтому чувствительность значительно возрастает по сравнению с предыдущим методом.

На рисунке 4 показана зависимость фазы коэффициента отражения от величины перемещения в длинах ПАВ. Как видно из этого рисунка, фаза отражения значительно меняется и пропорциональна величине смещения. При длине ПАВ в 4,4 мкм (860 МГц) фаза изменяется на 90° при смещении всего на 1,1 мкм [2].

В этом случае также можно организовать дистанционный контроль. Для этого вводится опорная ЛЗ с отражателем, фаза отражения от которого фиксирована. Эта ЛЗ настроена на другую частоту, не входящую в полосу частот измерительной составной ЛЗ. На рисунке 5 показана функциональная схема опросного устройства для данного типа датчика. Сигналы от опорной и измерительной ЛЗ через полосовые фильтры ПФ₁ и ПФ₂ попадают на приемники со смесителями, которые выдают импульсы с одинаковой несущей частотой. Эти импульсы далее попадают на устройство сравнения, которое определяет сдвиг фаз между этими импульсами, обусловленный смещением подложек относительно друг друга в измерительной ЛЗ. Использование в качестве опорной ЛЗ точно такой же ЛЗ, но с фиксированным расстоянием между ВШП, близким к расстоянию между ВШП в измерительном ВШП, позволяет исключить влияние температуры, так как уход фазы из-за температуры будет одинаков для обеих ЛЗ и не будет влиять на изменение фазы вследствие изменения расстояния между ВШП в измерительной ЛЗ.

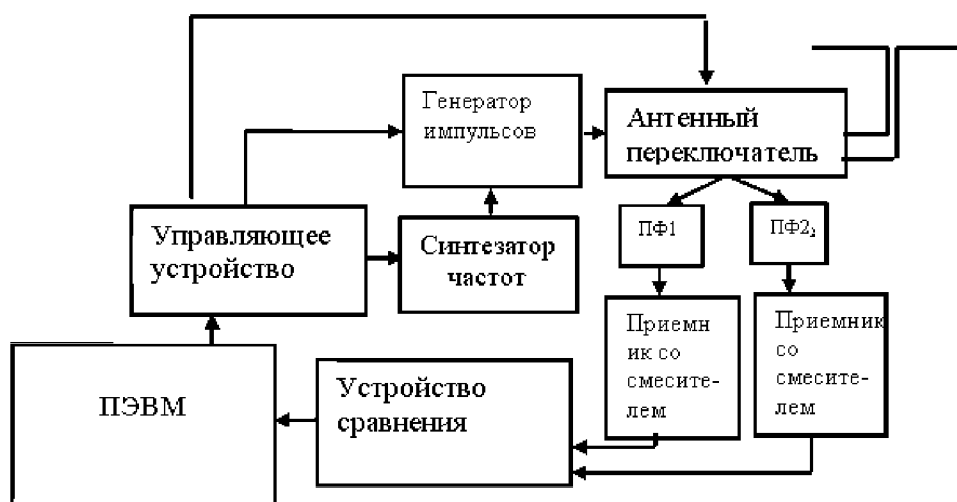


Рис. 5. Функциональная схема опросного устройства

Таким образом, разработана система дистанционного контроля деформации с использованием датчиков деформации на основе линий задержки на ПАВ и опросного устройства, а также предложена система дистанционного контроля давления повышенной точностью на основе составной линии задержки на ПАВ.

Библиографический список

1. *Карапетьян, Г. Я.* Однонаправленный преобразователь поверхностных акустических волн / Г. Я. Карапетьян, С. А. Багдасарян. – Пат. 2195069, 08.04.2002 г. // БИ. – 2002. – № 35.
2. *Карапетьян, Г. Я.* Пассивный датчик на ПАВ для дистанционного контроля параметров / Г. Я. Карапетьян, В. Ф. Катаев // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2006. – № 5.

УДК 681.586'326.001.057

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ФИЗИЧЕСКОГО ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА

О.М. Шикунская

В статье введено понятие функционального фрактала, представлена концептуальная модель физического принципа действия чувствительного элемента, которая позволила разработать эффективную структуру базы данных, алгоритмы для машинного синтеза новых технических решений и расчета их выходных параметров.

Ключевые слова: *концептуальная модель, физический принцип действия, чувствительный элемент, функциональный фрактал, процесс, самоподобие.*

Keywords: *conceptual model, physical operating principle, sensitive element, functional fractal, process, self-similarity.*